



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES**

**Grado en Ingeniería en Organización Industrial**

# **Diseño de una Escape Room basada en la Gestión del Ruido Ambiental**

**Autora:**

**Olvera Marín, Paula**

**Tutoras:**

**Tarrero Fernández, Ana Isabel**

**Física Aplicada**

**Del Val Puente, Lara**

**CMelM – Área de Ingeniería**

**Mecánica**

**Valladolid, Junio 2021.**





## AGRADECIMIENTOS

Quisiera transmitir mi más profundo agradecimiento a todas aquellas personas que me han ayudado en este trabajo Fin de Grado y en mi etapa universitaria.

A mis tutoras, Ana Isabel Tarrero y Lara del Val Puente, por haber tutorizado el presente trabajo. Me he sentido en todo momento acompañada, aconsejada, guiada y ayudada.

A toda mi familia en especial a mi madre Mercedes, mi padre Gabriel y mis hermanos por haberme apoyado y animado, así como por haberme dado la oportunidad de formarme.

A todos mis amigos, por haberme dado fuerzas en este proceso.

A la Universidad de Valladolid y a todos los profesores que me han instruido.

Y, por último, a mis compañeros de la asignatura de Gestión del Ruido Ambiental y de la Industria por haber participado y valorado la dinámica que se presenta en este trabajo.





## RESUMEN

La era digital trae consigo grandes cambios no solo en las necesidades, sino también en las inquietudes de las personas. Ante estos nuevos escenarios la Educación Técnica Superior se está adaptando, cambiando las metodologías didácticas y de aprendizaje, con el fin de satisfacer las necesidades de sus estudiantes. Hoy en día, uno de los métodos más recientes y recurrentes que se están introduciendo en la enseñanza como complemento a la enseñanza tradicional es el uso de la Escape Room, una técnica de gamificación que coloca al alumnado en el proceso activo del aprendizaje mediante elementos propios de los juegos.

El objetivo de este trabajo es diseñar, implementar y evaluar una Escape Room virtual basada en los conocimientos que se imparten sobre Gestión del Ruido Ambiental en la asignatura de Gestión del Ruido Ambiental y de la Industria. La finalidad de esta herramienta es que los estudiantes puedan asentar dichos conocimientos mediante la realización de un caso práctico de forma lúdica, además de aumentar su compromiso y motivación en la asignatura.

## PALABRAS CLAVE

Gamificación, Escape Room, Educación Técnica Superior, Gestión del ruido Ambiental, Genially.

## ABSTRACT

The digital age brings with it great changes not only in people's needs but also in their concerns. Faced with these new scenarios, Higher Technical Education is adapting and changing teaching and learning methodologies in order to meet the students' needs. Nowadays, one of the more recent and reoccurring methods in teaching as a complement to traditional teaching is the use of Escape Rooms, a gamification technique that places the student in the active learning process through a series of games.

The aim of this work is to design, implement and evaluate a virtual Escape Room in the Environmental and Industry Noise Management subject. The purpose of this tool is that the students, through the realization of a practical case, can consolidate the theoretical knowledge of Environmental Noise Management, as well as increase their commitment and motivation in the subject.

## KEYWORDS

Gamification, Escape Room, Higher Technical Education, Environmental Noise Management, Genially.





## CONTENIDO

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	19
1.1. Nuevas mejoras de las metodologías didácticas.....	21
1.1.1. Flipped Classroom (Aula Invertida).....	21
1.1.2. Aprendizaje basado en Proyectos (ABP).....	21
1.1.3. Aprendizaje cooperativo.....	22
1.1.4. Design Thinking (Pensamiento de Diseño).....	22
1.2. Gamificación.....	24
1.2.1. Elementos fundamentales.....	25
1.2.2. Tipos de jugadores.....	26
1.3. Bases psicológicas de la gamificación.....	27
1.3.1. Modelo de Fogg.....	27
1.3.2. Teoría de la autodeterminación.....	29
1.3.3. Teoría de flujo.....	30
1.4. Escape Room educativa.....	31
1.4.1. Tipos de Escape Room.....	31
1.4.2. Pasos en el diseño de una Escape Room educativa.....	32
1.5. Gestión del Ruido Ambiental y de la Industria.....	34
1.1.1. Gestión del Ruido Ambiental.....	35
CAPÍTULO 2. PROPUESTA DIDÁCTICA.....	45
2.1. Caso práctico.....	47
2.1.1. Descripción de la situación.....	47
2.1.2. Descripción de la planta industrial.....	48
2.1.3. Análisis del estado del entorno acústico actual.....	52
2.1.4. Identificación de las fuentes de ruido.....	54
2.1.5. Análisis de las causas de contaminación acústica durante el día. 57	
2.1.6. Análisis de las causas de contaminación acústica durante la noche. 61	
2.1.7. Estrategia de reducción de ruido.....	66
2.2. Dinámica de Escape Room.....	73
2.2.1. Plataforma digital para la realización de la Escape Room.....	73

## Diseño de una Escape Room basada en la Gestión del Ruido Ambiental

2.2.2. Antes del inicio de la dinámica.....	76
2.2.3. Introducción de la Escape Room virtual. ....	77
Juego 1: Fuentes de Ruido. ....	81
Juego 2: Test de conocimiento.....	85
Juego 3: Mapa de Ruido. ....	89
Juego 4: Selecciona la opción correcta.....	94
Juego 5: Resuelve el crucigrama.....	96
Juego 6: Niveles de ruido.....	99
Juego 7: Problema de pantallas acústicas.....	102
CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA Y RESULTADOS.....	109
3.1. Resultados de la encuesta realizada para la evaluación de la Escape Room basada en la Gestión del Ruido Ambiental.....	111
3.2. Comparativa Escape Room Gestión del Ruido Ambiental respecto Gestión del Ruido Industrial. ....	118
CONCLUSIONES .....	127
Referencias .....	132



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.1. Fases del Design Thinking. Fuente: <a href="https://www.businessadn.com/blog/design-thinking-concepto/">https://www.businessadn.com/blog/design-thinking-concepto/</a> .....	23
Ilustración 1.2. Pirámide de Maslow. Fuente: <a href="http://davidtejo.com/2016/06/la-nueva-piramide-de-maslow-el-cambio-en-las-necesidades-basicas-en-el-siglo-xxi-y-su-influencia-en-el-lifestyle-actual/">http://davidtejo.com/2016/06/la-nueva-piramide-de-maslow-el-cambio-en-las-necesidades-basicas-en-el-siglo-xxi-y-su-influencia-en-el-lifestyle-actual/</a> .28	
Ilustración 1.3. Modelo de Foog. <a href="http://activefuncional.blogspot.com/2016/04/">http://activefuncional.blogspot.com/2016/04/</a> .....	29
Ilustración 1.4. Ábaco para la composición de dos niveles de ruido. Fuente: Colina Tejeda & Moreno Arranz, 2000. ....	38
Ilustración 1.5. Curvas isofónicas. Fuente: <a href="https://www.equaphon-university.net/la-percepcion-del-sonido-parte-ii/">https://www.equaphon-university.net/la-percepcion-del-sonido-parte-ii/</a> .....	39
Ilustración 1.6. Filtros de ponderación. Fuente: <a href="http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Sound/acont.html">http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Sound/acont.html</a> .....	40
Ilustración 1.7. Distancias para el camino preferencial. ....	40
Ilustración 1.6. Antecedentes de la Ley del Ruido de Castilla y León.....	42
Ilustración 1.7. Área receptora, situación nueva. Fuente: Ley 5/2009, de 4 de junio, del ruido de Castilla y León. ....	43
Ilustración 2.1. Descripción de la situación. ....	48
Fuente: <a href="https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/1">https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/1</a> .....	48
Ilustración 2.2. Fuentes de ruido en la planta industrial. Fuente: <a href="https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/2">https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/2</a> .....	52
Ilustración 2.3. Identificación de las fuentes de ruido. Fuente: <a href="https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/4">https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/4</a> .....	57
Ilustración 2.4. Nivel de inmisión de las fuentes de ruido en el punto P1 durante el día.....	58
Ilustración 2.5. Nivel de inmisión de las tres fuentes de ruido dominantes en el punto P2 durante el día. ....	59
Ilustración 2.6. Principales fuentes de ruido diurnas. Fuente: <a href="https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/7">https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/7</a> .....	60
Ilustración 2.7. Nivel de inmisión de las fuentes de ruido en el punto P1 durante la noche. ....	62
Ilustración 2.8. Nivel de inmisión de las fuentes de ruido en el punto P2 durante la noche. ....	62
Ilustración 2.9. Principales fuentes de ruido nocturnas. Fuente: <a href="https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/9">https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/9</a> .....	63

Ilustración 2.10. Mapa de ruido de las fuentes estacionarias durante la noche. Fuente: <a href="https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/9">https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/9</a> .....	64
.....	65
Ilustración 2.11. Mapa de ruido de las fuentes móviles durante la noche. Fuente: <a href="https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/9">https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/9</a> .....	65
Ilustración 2.12. Mapa de ruido de las fuentes móviles durante la noche. Fuente: <a href="https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/9">https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/9</a> .....	66
Ilustración 2.13. Reducción mínima de ruido requerida. Fuente: <a href="https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/11">https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/11</a> . ....	67
Ilustración 2.14. Encapsulamiento del molino de plástico. ....	68
Fuente: <a href="https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/13">https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/13</a> . ....	68
Ilustración 2.15. Protecciones acústicas de la torre de enfriamiento. Fuente: <a href="https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/13">https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/13</a> . ....	69
Ilustración 2.16. Instalación del silenciador en la chimenea.....	69
Fuente: <a href="https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/13">https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/13</a> . ....	69
Ilustración 2.17. Encapsulamiento del elemento filtrante. Fuente: <a href="https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/13">https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/13</a> . ....	70
Ilustración 2.18. Instalación del silenciador en el colector de polvo. Fuente: <a href="https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/13">https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/13</a> . ....	70
Ilustración 2.19. Aislamiento ventanas fachada del edificio. Fuente: <a href="https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/13">https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/13</a> . ....	70
Ilustración 2.20. Techo acústico y encapsulamiento de la planta de producción. .....	71
Fuente: <a href="https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/13">https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/13</a> . ....	71
Ilustración 2.21. Vista aérea de la pantalla acústica en la planta industrial..	71
Fuente: <a href="https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/13">https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/13</a> . ....	71
Ilustración 2.22. Pantalla acústica en los caminos de la planta industrial. Fuente: <a href="https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/13">https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/13</a> . ....	72
Ilustración 2.23. Barra de Herramientas Escape Room. Fuente: <a href="https://www.genial.ly/es">https://www.genial.ly/es</a> . ....	74
Ilustración 2.24. Tipos de interactividad. Fuente: <a href="https://www.genial.ly/es">https://www.genial.ly/es</a> ..	75
Ilustración 2.25. Inicio Escape Room. ....	76
Ilustración 2.26. Contextualización 1. ....	78
Ilustración 2.27. Contextualización 2. ....	78
Ilustración 2.28. Símbolos de la Escape Room.....	79



Ilustración 2.29. Recepción del edificio de oficinas.....	79
Ilustración 2.30. Icono que conduce al mapa con las distintas zonas. ....	80
Ilustración 2.31. Mapa con las distintas zonas o salas de la Escape Room...80	
Ilustración 2.32. Candado digital de la recepción.....	81
Ilustración 2.33. Calculadora juego Fuentes de Ruido. ....	81
Ilustración 2.34. Número y símbolo al superar el juego “Fuentes de ruido”...82	
Ilustración 2.35. Mensaje de error en el juego “Fuentes de ruido”. ....	83
Ilustración 2.36. Pasillo de entrada a la sala de mesas de trabajo.....	83
Ilustración 2.37. Pasillo de entrada a la sala de mesas de trabajo.....	84
Ilustración 2.38. Mensaje secreto a partir de símbolos Cave Story. Fuente: <a href="http://www.theteachersroom.net/secretmessage/secretmessage.html">http://www.theteachersroom.net/secretmessage/secretmessage.html</a> .....	84
Ilustración 2.39. Símbolos ordenados alfabéticamente. ....	85
Ilustración 2.40. Definición índice de inmisión.....	86
Ilustración 2.41. Características sobre intensidad acústica.....	86
Ilustración 2.42. Niveles en escala logarítmica.....	87
Ilustración 2.43. Definición curva isofónica.....	87
Ilustración 2.44. Número y símbolo al superar el juego “Test de conocimiento”. .....	88
Ilustración 2.45. Sala del molino de plástico en la planta industrial.....	88
Ilustración 2.46. Principales fuentes de ruido durante la noche en la planta industrial del juego “Mapa de ruido”. ....	89
Ilustración 2.47. Localización de la fuente estacionamiento del juego “Mapa de ruido”. ....	90
Ilustración 2.48. Diagrama de barras con los niveles de inmisión en el punto P1 del juego “Test de conocimiento”. ....	90
Ilustración 2.49. Pregunta 1 tipo test del juego “Mapa de ruido”.....	91
Ilustración 2.50. Diagrama de barras con los niveles de inmisión en el punto P2 del juego “Test de conocimiento”. ....	91
Ilustración 2.51. Mapa de ruido del juego “Mapa de ruido”.....	92
Ilustración 2.52. Pregunta 2 tipo test del juego “Mapa de ruido”.....	92
Ilustración 2.53. Número y símbolo al superar el juego “Mapa de ruido”.....	93
Ilustración 2.54. Clase de instituto del área educativa.....	93
Ilustración 2.55. Selección del nivel de exposición sonora (SEL). ....	94
Ilustración 2.56. Selección del nivel sonoro equivalente (Leq). ....	94

Ilustración 2.57. Selección del ruido fluctuante. ....	95
Ilustración 2.58. Selección del ruido impulsivo simple. ....	95
Ilustración 2.59. Número y símbolo al superar el juego “Selecciona la opción correcta” .....	96
Ilustración 2.60. Crucigrama sobre soluciones acústicas.....	96
Ilustración 2.61. Sopa de letras sobre soluciones acústicas. Fuente: <a href="https://www.educima.com/wordsearch.php">https://www.educima.com/wordsearch.php</a> .....	97
Ilustración 2.62. Solución sopa de letras sobre soluciones acústicas. Fuente: <a href="https://www.educima.com/wordsearch.php">https://www.educima.com/wordsearch.php</a> .....	97
Ilustración 2.63. Solución del crucigrama sobre soluciones acústicas.....	98
Ilustración 2.64. Exterior de la vivienda en el área residencial de la Escape Room. ....	98
Ilustración 2.65. Tabla de niveles de ruido. Fuente: Elaboración propia. ....	99
Ilustración 2.66. Pregunta tipo test 1 del juego “Niveles de Ruido”. ....	99
Ilustración 2.67. Pregunta tipo test 2 del juego “Niveles de Ruido”. ....	100
Ilustración 2.68. Pregunta tipo test 3 del juego “Niveles de Ruido”. ....	100
Ilustración 2.69. Pregunta tipo test 4 del juego “Niveles de Ruido”. ....	101
Ilustración 2.70. Número y símbolo al superar el juego “Niveles de ruido”. ....	102
Ilustración 2.71. Enunciado del juego “Problema de pantallas acústicas”. .	102
Ilustración 2.72. Enunciado 2 del juego “Problema de pantallas acústicas”. ....	103
Ilustración 2.73. Pregunta 1 tipo test juego “Problema de pantallas acústicas”. ....	105
Ilustración 2.74. Pregunta 2 tipo test juego “Problema de pantallas acústicas”. ....	105
Ilustración 2.75. Número y símbolo al superar el juego “Problema de pantallas acústicas” .....	106
Ilustración 2.76. Sala de reuniones en la Escape Room.....	106
Ilustración 3.1. Encuesta Gestión del Ruido Ambiental (Cuestión 1).....	112
Ilustración 3.2. Encuesta Gestión del Ruido Ambiental (Cuestión 2).....	112
Ilustración 3.3. Encuesta Gestión del Ruido Ambiental (Cuestión 3).....	113
Ilustración 3.4. Encuesta Gestión del Ruido Ambiental (Cuestión 4).....	113
Ilustración 3.5. Encuesta Gestión del Ruido Ambiental (Cuestión 5).....	114
Ilustración 3.6. Encuesta Gestión del Ruido Ambiental (Cuestión 6).....	114



Ilustración 3.7. Encuesta Gestión del Ruido Ambiental (Cuestión 7). .....	115
Ilustración 3.8. Encuesta Gestión del Ruido Ambiental (Cuestión 8). .....	115
Ilustración 3.9. Encuesta Gestión del Ruido Ambiental (Cuestión 9). .....	116
Ilustración 3.10. Encuesta Gestión del Ruido Ambiental (Cuestión 10).....	116
Ilustración 3.11. Comparación de resultados (Cuestión 1). .....	119
Ilustración 3.12. Comparación de resultados (Cuestión 2). .....	120
Ilustración 3.13. Comparación de resultados (Cuestión 3). .....	121
Ilustración 3.14. Comparación de resultados (Cuestión 4). .....	122
Ilustración 3.15. Comparación de resultados (Cuestión 5). .....	122
Ilustración 3.16. Comparación de resultados (Cuestión 6). .....	123
Ilustración 3.17. Comparación de resultados (Cuestión 7). .....	123
Ilustración 3.18. Comparación de resultados (Cuestión 8). .....	124
Ilustración 3.19. Comparación de resultados (Cuestión 9). .....	124
Ilustración 3.20. Comparación de resultados (Cuestión 10).....	125

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fuentes de ruido con sus modos de operación. ....	50
Tabla 2. Niveles de ruido en los puntos P1 (área residencial) y P2 (área educativa). ....	53
Tabla 3. Niveles de potencia de las fuentes identificadas. ....	55
Tabla 4. Niveles de ruido antes y después de las reducciones.....	68





## INTRODUCCIÓN

En pleno siglo XXI la manera en la que nos relacionamos e interactuamos con otras personas ha cambiado totalmente. Estamos sumergidos en un mundo digital y esto influye tanto en la sociedad como en la educación, el aprendizaje y la forma de pensar de las personas. Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) han hecho que en muy pocas décadas la sociedad se haya transformado y, por lo tanto, sus gustos, motivaciones y perspectivas hayan cambiado completamente. Esto ha provocado una gran brecha entre las personas de generaciones diferentes en muy poco tiempo. Según Mark Prensky (Prensky, 2010) se observan diferencias en distintas áreas entre los que nacieron en un mundo tecnológico (nativos digitales) y los que tuvieron que adaptarse a las tecnologías y vieron cómo éstas nacieron y evolucionaron (inmigrantes digitales).

Los nativos digitales están inmersos y satisfacen sus necesidades en un mundo tecnológico. Han crecido rodeados de tecnología y, por lo tanto, tienen integrados en sus vidas: Internet, los teléfonos móviles, las redes sociales, los videojuegos, etc. Las características de esta nueva generación es que absorben más información en imágenes y vídeos que en textos, buscan respuestas instantáneas, consumen datos de múltiples fuentes, realizan múltiples tareas al mismo tiempo, crean su propio contenido (García et al., 2007) y participan activamente en la construcción de su propio conocimiento (Crua, 2020).

Ante estas necesidades e inquietudes que tienen las generaciones de jóvenes, la Educación Superior debe hacer frente a este gran reto y meditar las distintas partes que forman su modelo formativo (Silva & Maturana Castillo, 2017). Una de las estrategias a seguir es incorporar en las clases metodologías didácticas y de aprendizaje en las que los estudiantes participen activamente en el proceso de aprendizaje, favoreciendo la colaboración, la autonomía, la motivación y el compromiso ante las diferentes asignaturas que cursan (Ortiz-Colón et al., 2018).

Las metodologías de enseñanza nuevas que han aparecido en las últimas décadas han sido entre otras: el aula invertida, el aprendizaje basado en proyectos, el aprendizaje cooperativo, el pensamiento de diseño, la gamificación. En especial, la técnica innovadora didáctica en la que se centrará el presente trabajo es la gamificación, que consiste en el uso de elementos característicos del diseño de juegos en contextos no lúdicos (Deterning, 2011).

Existen numerosos trabajos y autores que aplican la gamificación en la educación superior (Carrión Candel, 2018; Corchuelo Rodríguez, 2018; Pérez-López, Rivera García & Trigueros Cervantes, 2017; Iosup & Epema, 2014; Hernández-Horta, Monroy-Reza, & Jim, 2018; Brown, Darby, & Coronel, 2019; Sierra Daza & Fernández-Sánchez, 2019, entre otros).

Carrión Candela (2018) plantea el uso de la gamificación y de recursos digitales como estrategia educativa para el aprendizaje de las Ciencias Sociales. Corchuelo Rodríguez (2018) presenta una estrategia docente de gamificación para motivar a los estudiantes y dinamizar los contenidos en el aula en la asignatura Competencia Básica Digital. Pérez-López y otros (2017) proponen un ejemplo de gamificación aplicada a una asignatura obligatoria de cuarto curso del Grado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Alexandru Iosup y Dick Epema (2014) realizan un informe sobre la experiencia de aplicar durante tres años la gamificación en la Educación Técnica Superior, remarcando los efectos positivos que supuso en las dos materias que se impartió: Organización Informática y Tecnología Emergente de Cloud Computing. Algunos efectos que observaron fueron que aumentaron: el porcentaje de estudiantes aprobados, la participación en tareas voluntarias o la interacción en el aula. Hernández-Horta y otros (2018) investigan los puntos más importantes de la gamificación y proponen un juego que se puede utilizar en dispositivos móviles. Brown y otros (2019) crean, implementan y evalúan el uso de una Escape Room para la simulación de un caso de urosepsis para la facultad de Enfermería. Sierra Daza & Fernández-Sánchez (2019) analizan la experiencia de aplicar una experiencia de Escape Room a los estudiantes de 1º del Grado de Educación Social de la Universidad de Extremadura.

Algunas de estas investigaciones y estudios tienen en común que afirman que el uso de la gamificación en el proceso de aprendizaje consigue motivar a los alumnos, mejorar su compromiso, sus habilidades de trabajar en equipo, el espíritu de superación, entre otras.

Con el presente Trabajo de Fin de Grado se pretende diseñar, implementar y analizar una Escape Room educativa, una técnica de gamificación donde los jugadores y en este caso los estudiantes, deben escapar de una sala o lugar, mediante la resolución de pruebas o retos con un límite de tiempo. La asignatura en la que se aplicará esta actividad será Gestión del Ruido Ambiental y de la Industria, una asignatura optativa de cuarto curso del Grado en Ingeniería en Organización Industrial de la Universidad de Valladolid (UVA). En concreto, mediante la actividad se desea que los alumnos matriculados pongan en práctica los conocimientos teóricos adquiridos en uno de los dos bloques de la asignatura, Gestión del Ruido Ambiental, con el objetivo de motivar, potenciar ciertas habilidades y comprometer a los estudiantes.

La actividad se basa en un caso real de un problema de acústica ambiental en el cual, los alumnos deben realizar cálculos, responder a diversas cuestiones y proponer soluciones a los distintos juegos o retos que irán encontrando a medida que avancen en la actividad. Para que se pueda llevar a cabo tanto en





el aula como en casa, se ha optado por realizar la Escape Room de manera virtual a través de la plataforma digital Genially.

## OBJETIVOS

El objetivo general del presente Trabajo Fin de Grado es crear, implementar y analizar una Escape Room para la asignatura de Gestión del Ruido Ambiental y de la Industria. La principal razón del uso de la Escape Room como técnica de gamificación es responder a la necesidad de: dar mayor practicidad a los conceptos teóricos adquiridos en el bloque de Gestión del Ruido Ambiental, potenciar ciertas habilidades y motivar a los estudiantes para profundizar en esta asignatura.

Los objetivos específicos en los que se basa el siguiente trabajo son:

- Realizar un modelo práctico sobre cómo implementar una dinámica de Escape Room en la Educación Técnica Superior en la rama de Ingeniería Industrial.
- Crear y diseñar una Escape Room a través de la plataforma digital Genially.
- Implementar la dinámica para que la realicen los estudiantes de la asignatura.
- Ayudar, motivar y aumentar el compromiso de los alumnos en la comprensión de la asignatura mediante una Escape Room basada en un caso real.
- Analizar los resultados y los beneficios que aporta la gamificación a la Educación Superior Universitaria a partir de las respuestas de una encuesta realizada a los estudiantes de la asignatura.

Las líneas de análisis y de investigación de este TFG se exponen por medio de las siguientes preguntas:

1. ¿El uso de la Escape Room virtual favorece a los estudiantes la comprensión de las asignaturas en la Educación Técnica Superior?
2. ¿La utilización de la técnica de gamificación en la Educación Universitaria ayuda a motivar a los estudiantes?
3. ¿La implementación de la dinámica en la asignatura hace que aumente el interés y el compromiso de los alumnos?
4. ¿La plataforma digital Genially facilita a los estudiantes la profundización en la asignatura?
5. ¿Los alumnos consideran divertido y útil el uso de la gamificación en la asignatura?

A medida que se vaya progresando en el presente trabajo, se irán respondiendo a estas preguntas planteadas, así como también se desarrollarán los objetivos marcados anteriormente.

### **ORGANIZACIÓN DE LA MEMORIA**

El presente Trabajo Fin de Grado está compuesto por tres capítulos junto con un resumen, una introducción al inicio, unas conclusiones y un apartado de líneas futuras al final.

En el primer capítulo se desarrolla la fundamentación teórica del trabajo. En él, se describen las nuevas metodologías didácticas y se profundiza en aquella en la que se fundamenta la Escape Room, una técnica de gamificación. Este capítulo finaliza con los conceptos teóricos necesarios sobre Gestión del Ruido Ambiental para poder superar con éxito la dinámica.

En el segundo capítulo se expone el caso práctico, se describe la plataforma digital Genially y se redactan las soluciones de los juegos y pistas en las que se basa la Escape Room junto con la narración que la acompaña.

En el tercer y último capítulo se realiza una encuesta donde se pregunta a los estudiantes matriculados en el curso académico 2020/2021 aspectos relacionados con: la capacitación de enfrentarse a un problema acústico real una vez cursada la asignatura, el nivel de dificultad, el tiempo y el tipo de experiencia de las pruebas de la Escape Room, la existencia de problemas técnicos al utilizar Genially, la valorización de si se considera útil la dinámica para asentar los conocimientos prácticos y la evaluación de si se trabaja los diferentes estilos de aprendizaje, motivación y atención de los estudiantes, la sensación de logro y el pensamiento deductivo. Al final de la encuesta los estudiantes cuentan con un apartado para aportar sus observaciones y sugerencias. Los resultados obtenidos se analizan con el objetivo de evaluar la dinámica.

En último lugar, se elaboran las conclusiones dando respuesta a las preguntas de investigación y a los objetivos y se argumentan las líneas futuras del trabajo.



# CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.



## **1.1. Nuevas mejoras de las metodologías didácticas.**

En este apartado se desarrollan algunas de las nuevas metodologías didácticas que han surgido en los últimos años en las que se involucra al alumnado en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Las metodologías didácticas o de enseñanza se definen como “las estrategias de enseñanza con base científica que el/la docente propone en su aula para que los/las estudiantes adquieran determinados aprendizajes” (Fortea, 2009). Se trata de metodologías que previamente se han contrastado y avalado científicamente y se han difundido por la comunidad educativa y científica. A continuación, se explican brevemente cuatro nuevas metodologías didácticas que sustituyen o complementan a la metodología tradicional y en el siguiente apartado, 1.2, se desarrollará con mayor profundidad la metodología didáctica que se utilizará en este Trabajo Fin de Grado.

### **1.1.1. Flipped Classroom (Aula Invertida)**

Como su nombre indica el aula invertida consiste en la inversión de los roles entre el profesor y el alumno. Las clases teóricas, tradicionalmente impartidas por el profesor, son sustituidas por un aprendizaje autónomo por parte del estudiante utilizando herramientas multimedia. Por lo que el aprendizaje de conceptos teóricos es realizado fuera de las aulas. El uso de las tecnologías hace que el aprendizaje que adquiere el alumno se adapte a sus circunstancias, a su ritmo de trabajo y a su formación previa debido a que el material multimedia aportado por el docente está almacenado y se puede acceder a él en cualquier momento y en repetidas ocasiones.

En cambio, las horas de aprendizaje autónomo fuera del aula hacen que durante las horas de clase se puedan abordar con mayor profundidad casos prácticos que con una metodología tradicional sería inviable por la escasez de tiempo. Además, es imprescindible reservar algunos minutos durante las clases para poder resolver cualquier duda que le haya podido surgir al alumno durante su aprendizaje individual, atendiendo así a las necesidades de cada estudiante (Martínez-Olvera, Esquivel-Gámez, & Martínez Castillo, 2014).

Esta metodología implica que el alumnado trabaje diariamente, ya que para poder comprender los ejercicios prácticos ejecutados en clase el estudiante necesita previamente adquirir el conocimiento teórico.

### **1.1.2. Aprendizaje basado en Proyectos (ABP)**

Este tipo de aprendizaje se basa en la investigación, en descubrir posibles soluciones a un problema de la vida diaria a través de la elaboración de un proyecto (Londoño, 2017). El profesor formula una pregunta o problema desafiante e interesante y el alumno tiene que indagar y buscar una posible solución. Durante el proceso de consulta en distintas fuentes al estudiante le

van surgiendo nuevas preguntas que tendrá que responder para encontrar la solución definitiva (Educación 2020, 2021).

El aprendizaje basado en proyectos hace que el alumno adquiera el conocimiento de manera activa y no de manera pasiva y se implique en el proceso de aprendizaje. Los profesores tienen el rol de orientadores y deben crear un ambiente conductivo. El alumno debe tener autonomía, pero sin perder el hilo conductor del conocimiento que el profesor quiere específicamente aportar al estudiante (Rodríguez Sandoval, Vargas Solano, & Luna Cortés, 2010).

Con este tipo de metodología el estudiante adquiere competencias como es el trabajo en equipo, la capacidad de análisis y síntesis, de organización y planificación del tiempo, el pensamiento crítico, etc.

### **1.1.3. Aprendizaje cooperativo**

El lema de esta metodología es que trabajando en equipo se llega más lejos. Por lo que esta estrategia consiste en agrupar a los estudiantes por equipos para llegar a un determinado objetivo. Se divide la clase en pequeños grupos, a poder ser de manera heterogénea. Los estudiantes tienen que resolver una tarea académica de manera coordinada, cada uno de ellos tiene sus tareas individuales, pero están estrechamente vinculadas con las de sus compañeros, debido a que, la finalización de una de las tareas por parte de uno de los integrantes se consigue gracias a la finalización de las tareas de los demás integrantes (Rue, 2021).

Un claro ejemplo de aprendizaje cooperativo es el aprendizaje basado en proyectos. Los alumnos se tienen que agrupar en equipos y para encontrar una solución al problema planteado necesitan cooperar entre ellos debido a que por sí solos no podrían llegar al objetivo final.

### **1.1.4. Design Thinking (Pensamiento de Diseño)**

Esta metodología didáctica está basada en proyectos, pero sigue una serie de directrices o pasos que utilizaría un diseñador de productos para resolver un problema utilizando la creatividad. A continuación, se explica brevemente y por orden cada uno de los pasos que realiza el diseñador para obtener una solución creativa y que puede poner en práctica el estudiante (Jiménez & Castillo, 2017).

Empatizar: en este paso se tiene que empatizar con la persona que está teniendo el problema. Se puede optar por entrevistas para conocerlas mejor. Es importante preguntarse qué problema se busca solucionar, porqué y para qué. Se realiza una lluvia de ideas intentando resolver las preguntas anteriores.

Definir: se ordenan por temática las ideas obtenidas y se visualizan dentro de ellas cuáles son concretamente los problemas existentes.

Idear: Se diseña la solución a través de la investigación.

Prototipar: como indica la palabra se elabora un prototipo. Se pasa de una idea a un modelo físico. En él, se comprueba si la solución propuesta resuelve el problema y se intenta mejorar antes de llegar al resultado final.

Evaluar: se expone el resultado final a un grupo de expertos o al usuario que tiene el problema y se obtiene una retroalimentación que ayudará a corregir posibles fallos o carencias que se hayan tenido.

En la ilustración 1.1, se observan las fases del Design Thinking de manera esquemática.

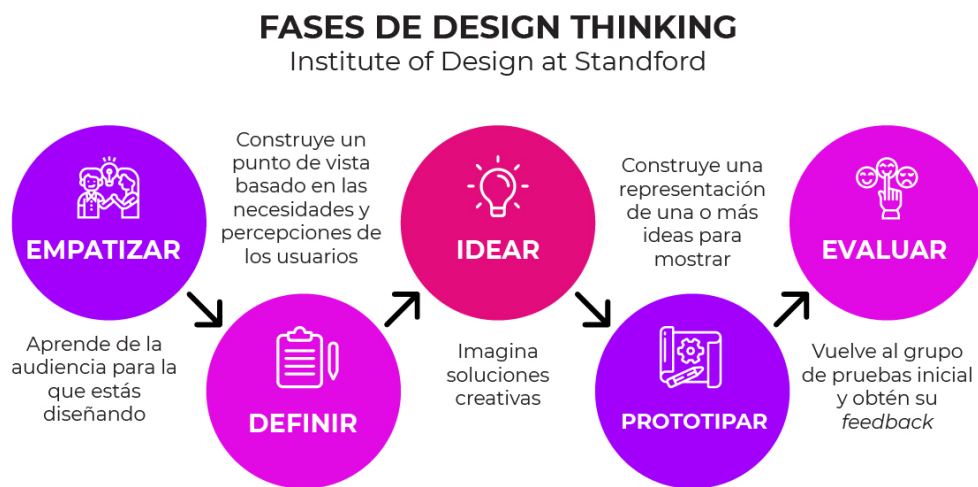


Ilustración 1.1. Fases del Design Thinking. Fuente: <https://www.businessadn.com/blog/design-thinking-concepto/>

## 1.2. Gamificación.

La gamificación consiste en el uso de elementos característicos del diseño de juegos en contextos no lúdicos, para hacer divertido y motivador algo que antes no lo era (Deterning, 2011). Esta metodología se puede aplicar en diversos campos: marketing, gestión del talento, aprendizaje, hasta en el desarrollo de hábitos saludables y responsables. (Valderrama, 2015)

Para el campo educativo y de aprendizaje en la Educación Superior, la definición de gamificación se podría plantear como: *la técnica o técnicas que el profesor emplea en el diseño de una actividad, tarea o proceso de aprendizaje (sean de naturaleza analógica o digital) introduciendo elementos del juego (insignias, límite de tiempo, puntuación, dados, etc.) y/o su pensamiento (retos, competición, etc.) con el fin de enriquecer esa experiencia de aprendizaje, dirigir y/o modificar el comportamiento de los alumnos en el aula* (Foncubierta & Rodríguez, 2014).

Según Gabe Zichermann y Christopher Cunningham en su libro “Gamification by design” el introducir elementos como insignias, límite de tiempo, puntuación, etc. hace que aumente el tiempo en estado activo del jugador, incrementando: la capacidad de atención, el rendimiento, el esfuerzo ante la actividad que se está haciendo, la suspensión del estado de animación (sensación de perder el espacio y el tiempo) y un sentimiento de satisfacción (Zichermann & Cunningham, 2011). El uso de la gamificación en la educación debe ir acompañado de algún reto cognitivo o de aprendizaje. La falta de éste puede provocar desinterés por parte del alumnado, ya que el motivo de asistir a una institución educativa es aprender nuevos conocimientos. (Foncubierta & Rodríguez, 2014).

Lee y Harmmer definen la gamificación educativa como un elemento innovador que ofrece a los estudiantes desarrollarse a nivel cognitivo, emocional y social (Lee & Hammer, 2011).

Introducir la gamificación en la Educación Superior ayuda a los estudiantes a potenciar las siguientes habilidades (Merquis, 2013):

- Compromiso: el interés del estudiante en lo que está aprendiendo.
- Flexibilidad: flexibilidad mental y habilidades para resolver problemas.
- Competencia: deseo natural de competir, aprender de los errores sin ser penalizados.
- Colaboración: tanto presencial, como en línea.

Otros beneficios que puede aportar la gamificación a los estudiantes universitarios son (Cortizo Pérez, y otros, 2011):

- Penaliza la falta de interés.



- Premia el trabajo extra.
- Aporta una medida clara del desempeño del alumno.
- Mejora su nota en la asignatura.

### 1.2.1. Elementos fundamentales.

Los elementos que componen la gamificación se pueden dividir en tres grupos: los dinámicos, los mecánicos y los componentes. A continuación, se explica cada uno de estos grupos (Werbach & Hunter, 2012):

#### Dinámicos

Aquellas emociones, deseos o motivaciones que harán que el jugador permanezca en el juego. Ejemplos de elementos dinámicos son:

- Emociones: frustración, competitividad, felicidad, que surgen al enfrentarse a una prueba.
- Narración: hilo conductor del aprendizaje, al introducir coherencia al juego.
- Progresión: sensación de evolución y progreso del alumno.
- Relaciones: todo lo que implica relacionarse socialmente, compañerismo, altruismo.

#### Mecánicos

Son los componentes básicos del juego que harán que el jugador se motive y se emocione. Algunos de estos elementos son:

- Retos o desafíos: sacan a los jugadores del ambiente de confort.
- Colaboración: los alumnos juegan unidos para llegar a un mismo objetivo.
- Competición: competir entre jugadores o hacia uno mismo.
- Retroalimentación: obtención de algún premio al superar o completar una prueba.

#### Componentes

Son los recursos o elementos disponibles asociados a los elementos dinámicos y mecánicos que sirven para diseñar una actividad. Algunos elementos destacados son:

- Logros, regalos y/o avances: al conseguir superar ciertas pruebas.
- Avatares: representación del participante en el juego.
- Niveles: diferentes estadios de dificultad.

- Rankings: representación gráfica de la posición del jugador con respecto a sus competidores.
- Puntos: recompensas que hacen subir de ranking a los jugadores.

El diseñador deberá escoger aquellos componentes que se adapten mejor a la dinámica que desee crear.

Valderrama (Valderrama, 2015) expone que los elementos que hacen que los juegos sean emocionantes y a la vez adictivos son:

- *Realimentación rápida.*
- *Metas y reglas de juego claras.*
- *Desafíos alcanzables, desglosados en pasos manejables.*
- *Sistema de recompensas y reconocimiento.*
- *Un contexto que da sentido a actividades repetitivas o aburridas.*

### **1.2.2. Tipos de jugadores.**

Para adaptar la dinámica a las necesidades de aprendizaje, el profesor o diseñador debe conocer las diferentes habilidades y personalidades de los estudiantes ya que, dependiendo de estas, jugarán de una manera distinta ante la dinámica. Según Bartle (2003) existen 4 tipos de jugadores:

Exploradores: disfrutan al descubrir lo desconocido. Para poder retenerlos serán necesario logros complejos, ya que están interesados tanto en la calidad como en la cantidad de material.

Triunfadores: disfrutan completando la mayoría de los desafíos. Se esfuerzan por aprobar y por obtener calificaciones elevadas. Para motivarlos, será necesario el uso de clasificaciones y categorías.

Socializadores: el principal motivo para participar en la dinámica es interactuar y relacionarse con otros jugadores. Para que participen, serán necesarias listas de amigos, chats, trabajos en equipo, etc.

Asesinos: realizan las pruebas o retos con la intención de ganar y superar a los demás jugadores a expensas de ellos. Tienen la creencia de que un desafío es bueno si solo tiene un ganador.

Bartle expone en su libro “Designing Virtual Worlds” que, sin el rol de los asesinos y triunfadores, un ecosistema de juegos no podría sobrevivir, ya que no habría competitividad.

### 1.3. Bases psicológicas de la gamificación.

La finalidad de la gamificación en la enseñanza es utilizar técnicas de elementos del juego en la educación para incentivar el compromiso y la motivación de los estudiantes con el propósito de alcanzar unos objetivos. En otras palabras, modificar o dirigir el comportamiento de los usuarios hacia unos objetivos preestablecidos por el diseñador (Herránz & Colomo-Palacios, 2012).

Según Eduardo Herránz y Ricardo Colomo-Palacios las bases psicológicas de la gamificación se fundamentan en tres modelos:

#### 1.3.1. Modelo de Fogg

El modelo se basa en la combinación de tres elementos: motivación, habilidad y activador/disparador para cambiar el comportamiento de las personas para realizar determinadas acciones (Fogg, 2009).

##### 1.3.1.1. Motivación.

Los usuarios deben estar realmente motivados para cambiar su conducta. Existen diversas teorías a cerca de la motivación humana. A continuación, se explican dos teorías.

#### Teoría de la motivación según Fogg.

Existen tres motivadores principales:

Placer/dolor: respuestas primitivas a la naturaleza de las personas, relacionadas con las funciones vitales.

Esperanza/miedo: esta dimensión está caracterizada por la anticipación de un resultado. La esperanza es la anticipación de algo bueno mientras que, el miedo es todo lo contrario. Para Fogg, habrá momentos en los que la esperanza/miedo esté por encima del placer/dolor, pero no siempre. Como ejemplo, propone una situación en la que cuando una persona se vacuna lo hace para anticiparse a que algo pueda pasar, aunque a la hora de ponérsela sufra dolor. Otros ejemplos que propone es que las personas están motivadas a actualizar un software antivirus por miedo de que se infecte el ordenador o a registrarse en un sitio web de citas con la esperanza de encontrar a la pareja ideal.

Aceptación/rechazo social: determinada por la motivación de ser aceptado socialmente o, de no ser rechazado. Un ejemplo de Fogg es el uso de las redes sociales como Facebook, en la que las personas publican fotos y escriben en perfiles con el deseo de ser aceptadas socialmente.

Para Fogg, estas tres motivaciones principales serán importantes para la realización de un diseño persuasivo.

### Teoría de la motivación según Maslow.

La teoría de la pirámide de Maslow describe la motivación a partir de las necesidades humanas. En ella, están ordenadas las necesidades humanas en cinco niveles jerárquicos (Maslow, 1943). En la siguiente ilustración se observan estas necesidades:



Ilustración 1.2. Pirámide de Maslow. Fuente: <http://davidtejo.com/2016/06/la-nueva-piramide-de-maslow-el-cambio-en-las-necesidades-basicas-en-el-siglo-xxi-y-su-influencia-en-el-lifestyle-actual/>

Para poder pasar a los niveles superiores de la pirámide, se necesita satisfacer las necesidades de los niveles inferiores. Según Maslow, las personas se sienten motivadas en satisfacer los cinco tipos de necesidades, pudiendo alcanzar la felicidad al cumplir con todas ellas.

Eduardo Herranz y Ricardo Colomo (Herranz & Colomo-Palacios, 2012) afirman que para la realización de un diseño de gamificación es importante fortalecer todas las necesidades que el diseño permita. Normalmente estas son, las situadas en el nivel medio y superior de la pirámide (necesidades sociales, de autoestima y de autorrealización).

#### **1.3.1.2. Habilidad.**

Recursos necesarios para realizar una tarea: tiempo, dinero, esfuerzo mental o físico, etc. Simplificar la habilidad hará más fácil alterar la conducta, ya que las personas tienden al mínimo esfuerzo. Aunque exista la motivación, si no hay habilidad no se puede modificar el comportamiento de los usuarios. El diseñador, debe fijarse en el recurso más escaso de los usuarios y simplificarlo para alterar su conducta. Algún ejemplo es, disminuir el tiempo o la dificultad de una prueba.

### 1.3.1.3. Activador/disparador

Aquello que empuja a la persona a cambiar su comportamiento. Para Fogg existen tres disparadores: chispas, señales y facilitadores. Las chispas son aquellos mensajes o vídeos que recibe el usuario y le precipita a realizar una acción. Las señales son aquellos mensajes que guían al usuario, pero no motivan ni simplifican una acción. En cambio, los facilitadores simplifican la habilidad, la acción para realizar una determinada tarea.

Según la ilustración 1.3 en la que se representa el modelo de Fogg, para que se pueda modificar la conducta de una persona es necesario la combinación de los tres factores que se han comentado anteriormente (motivación, habilidad y disparador). La conducta se modifica cuando se sobrepasa el umbral de activación, curva de color amarilla en la ilustración, al darse con suficiente intensidad la motivación y la habilidad, así como que el disparador cambie la conducta en el momento adecuado.

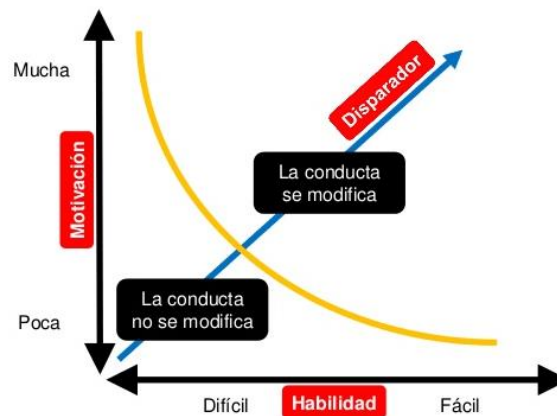


Ilustración 1.3. Modelo de Fogg. <http://activefuncional.blogspot.com/2016/04/>

### 1.3.2. Teoría de la autodeterminación

La teoría de la autodeterminación propuesta por Edward Deci y Richard Ryan sugiere que los individuos no necesitan una recompensa externa (motivación extrínseca) para poder motivarse a realizar una actividad, sino que es uno mismo el que decide llevarla a cabo (motivación intrínseca) por la satisfacción y el interés que genera (Deci & Ryan, 1985).

Según la teoría existen tres necesidades innatas o instintivas que motivan a uno mismo a realizar una tarea o actividad (motivación intrínseca): necesidad de relacionarse, de ser competente y de autonomía.

- Necesidad de relacionarse: el ser humano es social por naturaleza. Los seres humanos buscamos ser socialmente aceptados, así como socializar con otras personas.

- Necesidad de ser competente: es la destreza de completar y realizar retos externos.
- Necesidad de autonomía: libertad de tomar decisiones propias.

Shi et al. (2014) proponen algunas propuestas aplicables a la gamificación para la teoría de la autodeterminación.

- Necesidad de relacionarse: *visualización de estados sociales, reputación y contribución, oportunidades para descubrir y disfrutar comunidades de aprendizaje, etc.*
- Necesidad de ser competente: *pequeñas metas de aprendizaje con un incremento de la dificultad, tareas con un feedback positivo no esperado, actividades divertidas, etc.*
- Necesidad de autonomía: *diferentes herramientas de interacción para completar una tarea, opciones significativas con consecuencias, contexto de aprendizaje adaptable por los propios estudiantes para su interés, feedback claro e inmediato de las actividades de aprendizaje.*

Daniel Pink (Pink, 2010) expone en su libro “La sorprendente verdad sobre qué nos motiva” que para conseguir la motivación intrínseca en una actividad o tarea se necesitan tres elementos:

- El usuario debe tener una gran variedad de opciones para poder escoger la que más le convenga o interese.
- Las tareas deben tener un sentido para que el individuo las realice.
- Capacidad para resolver la tarea. Si un usuario sabe que no va a poder realizarla porque no tiene la competencia o la capacidad suficiente no se motivará para ejecutarla.

### **1.3.3. Teoría de flujo**

La Teoría de Flow, o flujo, de Mihaly Csikszentmihalyi (Csikszentmihalyi, 1997) define el estado mental óptimo en el que el individuo está inmerso realizando una tarea o actividad. En ese estado, el usuario percibe la dificultad de la tarea apropiada para su nivel, sin ser aburrida ni generar estados de ansiedad por ser demasiado complicada (Borras Gene, 2015). Al diseñar los juegos, será importante conocer el nivel de capacidad de los jugadores para adaptar el nivel de los retos o pruebas.

Para el diseño de la Escape Room se tendrán en cuenta estas bases psicológicas debido a que, las propuestas en cada una de ellas ayudan a realizar un diseño persuasivo hacia los estudiantes modificando su comportamiento hacia la tarea que queremos que desarrollen: consolidar y practicar los conocimientos de la asignatura.

## 1.4. Escape Room educativa.

Una Escape Room educativa es una experiencia de gamificación en la que los jugadores deben escapar de una sala o un lugar, mediante la resolución de pruebas o retos, con la condición de no superar un tiempo límite. Esta técnica, permite a los estudiantes desarrollar habilidades como la cooperación, la competitividad, la cognición y el razonamiento lógico mientras se mantienen motivados y con interés en la asignatura (Fernández, 2021b).

Zara Stone en la revista “The Atlantic” habla sobre el crecimiento de las Escape Rooms Educativas. Este artículo cita a Scott Nicholson, profesor de diseño y desarrollo de juegos de la Universidad de Ontario, Canadá. Scott argumenta que a diferencia de otras formas de juego donde el jugador controla a un avatar o personaje, las Escape Rooms colocan al jugador directamente en el juego haciendo que el aprendizaje experiencial sea más efectivo, ya que existen menos barreras entre el jugador y la experiencia (Stone, 2016).

Diago y Ventura, defienden que las Escape Rooms Educativas ayudan a los estudiantes a retener los conocimientos de la asignatura, ya que el alumno participa en el proceso de aprendizaje (Diago & Ventura-Campos, 2017).

### 1.4.1. Tipos de Escape Room.

Existen diversas formas de diseñar una Escape Room aunque la que mejor define su funcionamiento es la siguiente (Elumir et al., 2015):

Modelo lineal: los retos o pruebas tienen una resolución secuencial. Con la resolución de las pruebas se van consiguiendo nuevos retos, y a medida que se van completando, los jugadores se pueden olvidar de estos. La ventaja de este modelo es que al tener menor número de pistas los participantes tienen mayor facilidad para enfocarse en las pruebas más importantes. En cambio, si un equipo se atasca en un juego o prueba, necesitarán pedir ayuda al organizador de la sala debido a que no tienen más pruebas para resolver en ese momento (VUIT, 2021b).

Modelo abierto: las pruebas o juegos no están ordenados por lo que, los jugadores pueden decidir el orden en el que las resolverán. Las ventajas de este modelo es que existe gran diversidad de pruebas y retos por escoger, que se pueden dividir los retos según las habilidades de cada jugador para resolverlos en el menor tiempo posible, y si un equipo se atasca en una prueba puede dejarla y continuar más tarde. La desventaja principal es que al existir gran número de pistas o juegos puede ser que los jugadores se dispersen y se concentren en aquellas pistas que no son importantes.

Modelo multilineal: combinación de los dos modelos anteriores, existencia de pruebas que hay que resolver de forma ordenada y otras que no.

Otra manera de clasificarlas sería a partir de su temática. Las temáticas más populares de Escape Rooms son de: terror, históricas, futuristas, aventura, investigaciones o personajes literarios o de cine (VUIT, 2021a).

El diseño de la Escape Room del presente Trabajo Fin de Grado es un modelo abierto, ya que los jugadores pueden escoger el orden en el que resolver los distintos juegos. La temática está basada en un caso real de un problema de ruido ambiental generado por una planta industrial. En el apartado 2.1 se explica detalladamente el caso real en el que está basada la Escape Room.

### **1.4.2. Pasos en el diseño de una Escape Room educativa.**

Los pasos para diseñar adecuadamente una Escape Room educativa son los siguientes (Fernández, 2021a):

1. Establecer los objetivos didácticos, los contenidos y las habilidades necesarios para resolver la Escape Room. En concreto para la Escape Room que se desarrollará, los estudiantes deberán tener unos mínimos conocimientos sobre Gestión del Ruido Ambiental.
2. Pensar en las restricciones que puede haber en el desarrollo de la Escape Room como son la duración, el número de participantes, los materiales, el lugar, etc. Con la duración no debe decaer el interés ni la motivación de los jugadores, por lo que la duración de la presente Escape Room se ha estimado en 1 hora. La asignatura de Gestión de Ruido Ambiental y de la Industria es optativa, de modo que el número de participantes es reducido. El número de estudiantes matriculados fue de 12 en el curso 2019-2020 y de 6 en el 2020-2021. Debido a la diferencia del número de participantes entre un curso y otro, las limitaciones de ambientar un aula con una temática de Escape Room y las dificultades de diseñar una Escape Room teniendo en cuenta las medidas de seguridad que se deben aplicar por la Covid-19, se decide implementar una Escape Room virtual y no presencial.
3. Crear el contexto, tanto la narrativa como el espacio-tiempo de la Escape Room. En este caso, la técnica de gamificación está ambientada en un caso real sobre los problemas acústicos que tiene una planta industrial con su entorno. Más adelante, en el apartado 2.4, se explica con mayor detenimiento el contexto y la narrativa que sigue.
4. Escoger el funcionamiento de la Escape Room como el tipo de pruebas o juegos que se incluyen. El modelo de funcionamiento que se desea implementar es abierto, en el cual las pruebas y retos se pueden resolver sin seguir un orden. El tipo de pruebas es muy variado. En cada





juego los conocimientos que hay que aplicar son distintos, para que así, la motivación de los participantes no decaiga.

5. Establecer el resultado final que se quiere conseguir. En particular, ayudar a los estudiantes a saber enfrentarse a problemas reales y a proponer soluciones como también, aumentar su compromiso y motivación frente a la asignatura a la vez que profundizan y afianzan los conocimientos aprendidos.

### **1.5. Gestión del Ruido Ambiental y de la Industria**

Antes de empezar a explicar los conceptos teóricos de la asignatura relacionados con la dinámica de la Escape Room, es importante conocer los objetivos de aprendizaje y las competencias que obtienen los alumnos al cursar la asignatura.

La titulación en la que se imparte la materia es el Grado en Ingeniería en Organización Industrial de la Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Valladolid. Se trata de una asignatura optativa, que se cursa en el 1<sup>er</sup> Cuadrimestre del 4<sup>o</sup> Curso.

La dedicación del alumnado a la asignatura es de: 60 horas presenciales, divididas entre clases teórico-prácticas, clases prácticas de aula, laboratorios, prácticas de campo, seminarios y otras actividades, y 90 horas no presenciales, de estudio y trabajo autónomo individual o grupal.

Existen dos bloques diferenciados dentro de la materia. El primero se dedica a la Gestión del Ruido Ambiental, donde se introduce a los estudiantes en los fenómenos acústicos, las medidas del ruido y las normativas relativas a la gestión y control del ruido ambiental. El segundo bloque es la Gestión del Ruido de la Industria en el que se estudia el ruido en el puesto de trabajo, la gestión y control del ruido industrial y las normativas asociadas a la industria.

Los objetivos generales de aprendizaje de la asignatura son los siguientes:

- Conocer y entender los fundamentos de la acústica.
- Conocer y comprender las normativas relacionadas con la gestión del ruido ambiental e industrial.
- Familiarizarse con el léxico propio de la materia.
- Tener capacidad resolutoria ante problemas relacionados con el ruido ambiental e industrial.
- Familiarizarse con los aparatos que realizan medidas acústicas (sonómetro y dosímetro).
- Saber la legislación existente que regula el ruido en el puesto de trabajo.

Aunque existen dentro de la planificación horas prácticas (laboratorios y seminarios), el mayor peso de la asignatura tiene una vertiente teórica.

La finalidad del presente Trabajo Fin de Grado es realizar una dinámica de Escape Room para que los alumnos afiancen los conocimientos del bloque de Gestión del Ruido Ambiental y adquieran una visión práctica de este al resolver un problema acústico de un caso real.



### 1.1.1. Gestión del Ruido Ambiental.

Los diferentes juegos o retos de la dinámica de la Escape Room se han creado a partir de los conceptos teóricos y prácticos que se desarrollan durante la enseñanza del bloque de Gestión del Ruido Ambiental. Para poder completar exitosamente las pruebas los estudiantes deben tener afianzados los siguientes conocimientos relacionados con este bloque.

#### El ruido como agente contaminante

El ruido es considerado un agente contaminante, ya que afecta tanto a las personas como al medio ambiente. Debido a los problemas y molestias que genera en los ciudadanos, las administraciones tanto europeas, nacionales o municipales han tomado medidas al respecto y han desarrollado normativas para evaluar, vigilar y corregir las situaciones en las que la contaminación acústica (causada por el ruido y las vibraciones) es un factor perjudicial.

Los índices acústicos relativos a la contaminación acústica son: el índice de emisión (contaminación acústica generada por un emisor) y el índice de inmisión (contaminación acústica existente en un lugar durante un tiempo determinado).

Los efectos del ruido en las personas son muy diversos, generando problemas tanto fisiológicos como psicológicos. La exposición crónica a este contaminante puede causar la pérdida de audición en algunas frecuencias o incluso, el desplazamiento permanente del umbral auditivo. Una exposición aguda, con niveles superiores al de seguridad de 140 dB, puede provocar la ruptura de la membrana del tímpano. También puede producir efectos negativos al sistema nervioso o cardiovascular o producir insomnio o irritabilidad en las personas (Canter, 1996).

Es muy importante concienciar a la sociedad de los graves efectos que puede tener el ruido en las personas y en el medioambiente para que cada individuo genere el menor ruido posible.

#### El sonido como onda sonora

El ruido es un sonido que es percibido subjetivamente como molesto por una persona. El sonido es un conjunto de ondas sonoras que pueden ser percibidas por el oído humano. Las ondas se desplazan por un medio debido a la variación de la presión respecto de la de equilibrio. La parte de la física que se encarga de analizar este fenómeno físico es la acústica. Las ondas sonoras se pueden clasificar de dos maneras (Cowan, 1988).

Según la dirección de vibración de las partículas del medio:

- Ondas longitudinales: la dirección de vibración de las partículas es la misma que la dirección de propagación de la onda.
- Ondas transversales: la dirección de vibración de las partículas es perpendicular a la dirección de propagación de la onda.

Según la forma del frente de ondas:

- Ondas planas.
- Ondas esféricas.
- Ondas cilíndricas.

### Medida del sonido

La unidad de medida del sonido es el decibelio. El decibelio es una unidad logarítmica que relaciona dos magnitudes: la de interés con respecto a un valor de referencia (Noisess, 2015). Se emplea esta escala en el sonido debido a que, el rango de presión sonora es muy amplio, de los  $2 \cdot 10^{-5} \text{N/m}^2$  a  $28 \text{N/m}^2$ , del umbral de audición al umbral de dolor, por lo que se adapta la presión sonora a la unidad logarítmica. Otra ventaja, es que el decibelio se adapta a la sensibilidad del oído humano.

Se aplica el decibelio para cuantificar el nivel de presión, el nivel de intensidad y el nivel de potencia sonora. El nivel de presión sonora relaciona la presión en un punto con respecto a una presión de referencia, el umbral de audición, de  $2 \cdot 10^{-5} \text{N/m}^2$ .

$$L_p = 10 \log \frac{p^2}{p_{ref}^2} = 10 \log \frac{p^2}{(2 \cdot 10^{-5})^2} \quad (\text{Eq.1})$$

El nivel de intensidad relaciona la intensidad en un punto, cantidad de energía sonora transmitida en una dirección determinada por unidad de área, con respecto a un valor de referencia, el umbral mínimo que soporta el oído humano, de  $10^{-12} \text{W/m}^2$ .

$$L_I = 10 \log \frac{I}{I_{ref}} = 10 \log \frac{I}{10^{-12}} \quad (\text{Eq.2})$$

Para una fuente puntual, la intensidad en un punto será inversamente proporcional al cuadrado de la distancia "R".

$$I = \frac{W}{4 \cdot \pi \cdot R^2} \quad (\text{Eq.3})$$

Donde  $I$  = Intensidad acústica,  $\text{W/m}^2$ .  
 $W$  = Potencia acústica de la fuente,  $W$ .

$R$  = Distancia del punto de medición a la fuente, m.

En cambio, para una onda plana la intensidad permanece constante, ya que esta no depende de la distancia.

$$I = \frac{P_0^2}{2 \cdot \rho_0 \cdot c} \quad (\text{Eq.4})$$

Donde  $I$  = Intensidad acústica, W/m<sup>2</sup>.  
 $P_0$  = Amplitud de la onda de presión, N/m<sup>2</sup>.  
 $\rho_0$  = Densidad del medio, kg/m<sup>3</sup>.  
 $c$  = Velocidad del sonido en el medio, m/s.

Utilizando los valores de referencia de presión e intensidad sonoras del umbral mínimo que soporta el oído humano, los niveles de intensidad y de presión sonora son iguales.

$$10 \log \frac{P^2}{(2 \cdot 10^{-5})^2} = 10 \log \frac{I}{10^{-12}} \quad (\text{Eq.5})$$

El nivel de potencia sonora de una fuente relaciona la cantidad de energía por unidad de tiempo que produce una fuente sonora con respecto a una potencia de referencia de 10<sup>-12</sup> W.

$$L_w = 10 \log \frac{W}{W_{ref}} = 10 \log \frac{W}{10^{-12}} \quad (\text{Eq.6})$$

La suma de niveles de presión sonora puede resultar engañosa, ya que no es una suma algebraica sencilla, sino que al utilizarse una escala logarítmica la suma es más complicada, una suma logarítmica. Aun así, se puede deducir de manera directa el nivel sonoro equivalente de varias fuentes de ruido teniendo en cuenta estos conceptos.

- Si existen dos fuentes de ruido que producen el mismo nivel de presión sonora en un punto, el nivel de presión sonora total en dicho punto será el nivel de una de las fuentes aumentado en 3 decibelios.
- Si la diferencia de niveles de dos fuentes de ruido es de más de 10 decibelios el nivel de presión sonora total en un punto es debido a la fuente de ruido que mayor nivel de ruido produce.
- Asimismo, si la diferencia de niveles entre dos fuentes de ruido está comprendida entre 0 dB y 10 dB, el nivel de presión sonora total no se puede deducir directamente, sino que existen dos vías: utilizar la gráfica de la ilustración 1.4 o realizar una suma logarítmica con la calculadora.

La ilustración 1.4 muestra un ábaco que permite obtener el nivel total  $L_T$  a partir de los niveles de presión sonora de las fuentes de ruido  $L_1$  y  $L_2$  (Colina Tejeda & Moreno Arranz, 2000).

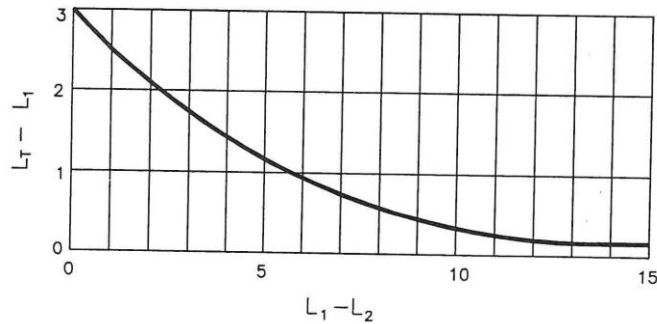


Ilustración 1.4. Ábaco para la composición de dos niveles de ruido. Fuente: Colina Tejeda & Moreno Arranz, 2000.

El impacto del ruido sobre un receptor se debe a tres factores: la energía total recibida, la rapidez con la que se produce y la magnitud de los eventos aislados más ruidosos. Los dos indicadores utilizados en la dinámica de la Escape Room han sido:

- Nivel sonoro continuo equivalente ( $L_{eq}$ ): nivel sonoro, que se mantiene constante durante todo el período de tiempo que dura un sonido variable y tiene la misma energía que este.
- Nivel de exposición sonora (SEL): es el nivel sonoro que, manteniéndose constante durante un segundo, produce la misma energía que el sonido variable durante un período  $T$  de tiempo.

### Análisis en frecuencia

El sonido se puede representar en función del tiempo o en función de la frecuencia. Esta segunda forma de representar el ruido se conoce como espectro del sonido. La representación del ruido en función del tiempo (evolución con el tiempo del nivel de presión o intensidad sonora) es útil cuando se analizan ondas simples como son ruidos: continuos, transitorios, fluctuantes, impulsivos... Para ondas complejas, la información con respecto del tiempo no aporta información suficiente por lo que se utiliza el análisis espectral en frecuencia (Ryding, 1998).

Dado que existe una amplia gama de frecuencias audibles, las frecuencias se agrupan en bandas. Las bandas están compuestas por dos frecuencias límites (superior  $f_s$  e inferior  $f_i$ ) y una frecuencia central  $f_c$ . En acústica, el espectro de sonido se divide en bandas de frecuencias centrales siguiendo la ecuación 7.

$$f_c = \sqrt{f_i \cdot f_s} \quad (\text{Eq.7})$$

Se pueden utilizar varios tipos de anchuras de banda de frecuencia, las más utilizadas son las bandas de octava (la diferencia entre la frecuencia superior e inferior es de 0,77 veces la frecuencia central) y las bandas de tercio de octava, cuya anchura es menor (la diferencia entre la frecuencia superior e inferior es de 0,23 veces la frecuencia central).

### Curvas isofónicas y niveles ponderados

El oído humano no tiene la misma sensibilidad en todas las frecuencias, por lo que, la sensación sonora que perciba no depende solo de la intensidad, sino también de la frecuencia. La magnitud que recoge esta particularidad es el nivel de sonoridad cuya unidad es el fonio. Para una frecuencia de 1 kHz, el nivel de sonoridad y el nivel de presión sonora coinciden. En cambio, para todas las otras frecuencias estos niveles son diferentes. Estas variaciones de sensación sonora las recogen las curvas isofónicas, que representan cómo debe variar el nivel sonoro de tonos puros a diferentes frecuencias para producir la misma sensación sonora. En la ilustración 1.5 se recogen las distintas curvas isofónicas.

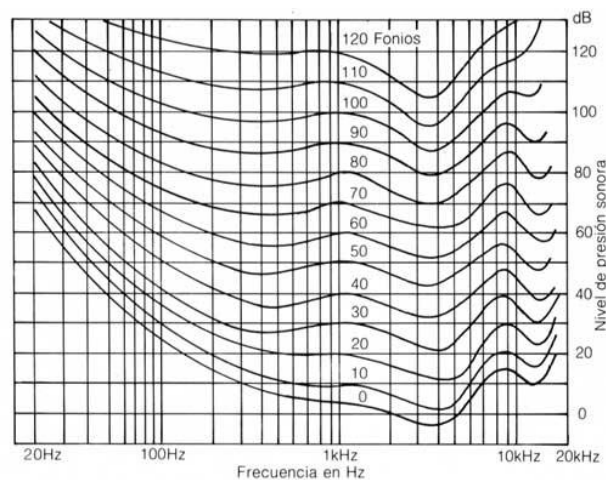


Ilustración 1.5. Curvas isofónicas. Fuente: <https://www.equaphon-university.net/la-percepcion-del-sonido-parte-ii/>

Para adaptar la sensibilidad del oído humano a las distintas frecuencias, en los aparatos de medida se utilizan los filtros de ponderación, que equivalen aproximadamente a curvas isofónicas invertidas. La ponderación más utilizada es la ponderación A, que atenúa en gran medida a las frecuencias bajas y en menor cantidad en las altas, ajustándose al comportamiento del oído humano. En la ilustración 1.6 se observan los distintos filtros de ponderación existentes.

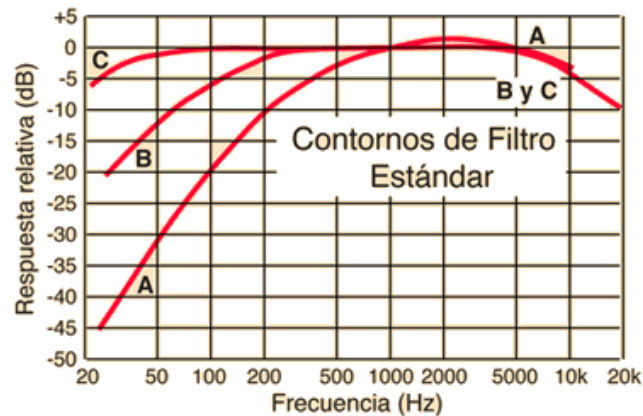


Ilustración 1.6. Filtros de ponderación. Fuente: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Sound/acont.html>

### Propagación del sonido en exteriores

El control del ruido se puede realizar en la fuente, en el canal (medio de propagación) y en el receptor. Existen diversas formas y dispositivos para mitigar los niveles de ruido. Más adelante, en el caso práctico, apartado 2.1.7, se comentarán algunas de las posibles soluciones de control del ruido. Sin embargo, a continuación, se analizan con más detenimiento las pantallas acústicas, dadas las aportaciones pedagógicas que se pueden extraer.

Una pantalla o barrera acústica es un dispositivo o elemento que se coloca en un medio de propagación para proteger al receptor del ruido proveniente de una fuente, obstaculizando su transmisión. La presencia de este obstáculo provoca que las ondas que componen el sonido, al llegar a este se reflejen, se absorban o se difracten, produciéndose una atenuación del sonido. La atenuación será mayor cuanto más cerca estén el emisor y el receptor de la pantalla, así como también cuanto menor sean las alturas de estos con respecto a la barrera acústica (Roads and Traffic Authority, 2002). En concreto, cuanto menor sea el ángulo  $\alpha$  de la ilustración 1.7, ángulo entre el emisor y el receptor en el extremo superior de la pantalla acústica.

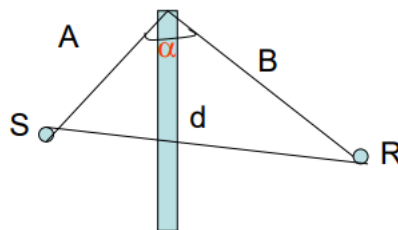


Ilustración 1.7. Distancias para el camino preferencial.



En la Escape Room, el método teórico utilizado para calcular las pérdidas de inserción (IL) de una pantalla, que es la medida de la protección que proporciona una pantalla acústica, ha sido el método de Kurze. Este procedimiento sirve para calcular las pérdidas de inserción en barreras rectas y delgadas cuando el emisor es una fuente puntual. La fórmula de la pérdida de inserción de Kurze es:

$$IL = 5 + 20 \log \left[ \frac{\sqrt{2 * \pi * N}}{\tanh(\sqrt{2 * \pi * N})} \right] \quad (\text{Eq.8})$$

Siendo la N, el número de Fresnel:

$$N = 2\delta/\lambda \quad (\text{Eq.9})$$

Siendo  $\delta$  el camino preferencial que depende de las distancias A, B y d.

$$\delta = A + B - d \quad (\text{Eq.10})$$

Y  $\lambda$ , la longitud de la onda, cociente entre la velocidad de propagación de la onda en el medio y la frecuencia de la onda sonora.

Los niveles sonoros pueden ser medidos por instrumentos de medición (sonómetros o analizadores) o calculados a través de un software de predicción como CadnaA, que crea mapas de ruido para determinar la exposición al ruido ambiental.

Un mapa de ruido es una representación gráfica de los niveles de ruido existentes en una zona y en un período de tiempo concreto (European Acústica, 2021). Este tipo de mapas facilitan, tanto el reconocimiento de las fuentes de ruido que producen la contaminación acústica en la zona, como el nivel de exposición de la población debido a que cada intervalo de presión sonora tiene atribuido un color. Ejemplos de mapas de ruido son los de las ilustraciones 2.10, 2.11 y 2.12 dónde se observa para el caso real el nivel de exposición de la planta industrial y su entorno.

#### Normativa de Gestión del ruido ambiental

La normativa que sigue este trabajo para la evaluación y gestión del ruido ambiental en el caso real y en la dinámica de la Escape Room es la Ley del Ruido de Castilla y León (Ley 5/2009, de 4 de junio, del ruido de Castilla y León, 2009). Los antecedentes a esta normativa son los de la ilustración 1.6.



Ilustración 1.6. Antecedentes de la Ley del Ruido de Castilla y León.

Cada administración adapta las normativas a su territorio. Los cambios realizados por estas nunca pueden ser más permisivos que sus antecesores.

Los objetivos de la Ley 5/2009 del Ruido de Castilla y León son: prevenir, reducir y vigilar la contaminación acústica y establecer los mecanismos para mejorar la calidad acústica en todos los emisores acústicos, tanto públicos como privados. Esta ley da atribuciones competenciales a la comunidad de Castilla y León, a sus provincias y municipios. Estas atribuciones son la de inspeccionar y controlar actividades sujetas a una licencia ambiental, elaborar y aprobar mapas de ruido, controlar la calidad acústica de los edificios, etc. Para controlar la calidad acústica la Ley define el tipo de áreas acústicas (exteriores e interiores) y los objetivos de calidad que deben producirse en estas.

Las áreas acústicas exteriores (en función del uso predominante del suelo) la Ley las divide en 5 tipos, según el objetivo de calidad que se quiere perseguir:

- Tipo 1. Área de silencio. Zonas en las que se requiere una protección muy alta contra el ruido. Ejemplos: áreas sanitarias, docentes, espacios naturales en zonas no urbanizadas...
- Tipo 2. Área levemente ruidosa. Áreas en las que se requiere una protección alta contra el ruido. Ejemplos: zonas residenciales, de hospedaje.
- Tipo 3. Área tolerablemente ruidosa. Necesitan una protección media contra el ruido. Ejemplos: áreas deportivas, de oficinas, comerciales.
- Tipo 4. Área ruidosa. No requieren protección contra el ruido. Ejemplo: zonas industriales.
- Tipo 5. Área especialmente ruidosa. No necesitan protección, son zonas afectadas por las infraestructuras de transporte terrestre, ferroviario y aéreo.

Las áreas acústicas interiores se clasifican según el uso del edificio: sanitario, viviendas, hospedaje, administrativo y de oficinas, docente y comercial.

El objetivo de calidad empleado en la Escape Room y en el caso real para un área acústica exterior de situación nueva, son los que aparecen en el anexo II, valores límite de niveles sonoros ambientales de la Ley 5/2009, de junio, del ruido de Castilla y León para una situación nueva, que se muestran en la ilustración 1.7.

Área receptora Situación nueva	Índices de ruido dB(A)			
	L <sub>d</sub> 7 h - 19 h	L <sub>e</sub> 19 h - 23 h	L <sub>n</sub> 23 h - 7 h	L <sub>den</sub>
Tipo 1. Área de silencio	55	55	45	56
Tipo 2. Área levemente ruidosa	60	60	50	61
Tipo 3. Área tolerablemente ruidosa	65	65	55	66
Tipo 4. Área ruidosa	70	70	60	71
Tipo 5. Área especialmente ruidosa	sin determinar			

Ilustración 1.7. Área receptora, situación nueva. Fuente: Ley 5/2009, de 4 de junio, del ruido de Castilla y León.

Por lo que, los niveles permisibles que marca la Ley son 55 dBA y 60 dBA durante el día y 45 dBA y 50 dBA durante la noche en el área de silencio (zona educativa) y en el área levemente ruidosa (zona residencial), respectivamente.

Se ha escogido una situación nueva ya que los objetivos de calidad son más restrictivos que en un área receptora ya construida.





## CAPÍTULO 2. PROPUESTA DIDÁCTICA



## 2.1. Caso práctico.

El caso práctico que se implementa en la Escape Room proviene de la plataforma Acoucou (Acoucou, 2021). La finalidad de esta página web creada por profesionales del sector educativo y científico es proporcionar material educativo relacionado con la acústica. En estos casos reales, se desarrollan enunciados prácticos, se identifican las fuentes de ruido con sus mediciones, los impactos de estas fuentes en el medio ambiente y las posibles soluciones para minimizar el ruido.

En concreto, este trabajo se centrará en un caso de ruido ambiental debido a que, la finalidad de este Trabajo Fin de Grado es diseñar una Escape Room para ayudar a comprender y asentar los conocimientos de Gestión del Ruido Ambiental de los estudiantes que cursan la asignatura de Gestión del Ruido Ambiental y de la Industria.

### 2.1.1. Descripción de la situación.

El caso práctico está basado en una planta industrial de molienda de plástico situada en Valladolid. Esta planta que funciona a pleno rendimiento, 24 horas al día, los 7 días de la semana ha recibido quejas de los vecinos de los alrededores y de la administración. Ante esta situación, se ha visto obligada a realizar un estudio del impacto del ruido producido en el medio ambiente para saber si cumple con la normativa existente debido a que, en caso de superar los niveles de ruido se deberán tomar medidas para reducirlo.

En las inmediaciones, se han identificado dos áreas: un área residencial y un área educativa. El caso práctico se rige por los niveles límite de exposición marcados por la Ley del Ruido de Castilla y León debido a que, la planta industrial se ubica en Valladolid. En la ilustración 2.1, se observa la planta industrial sombreada en un gris claro y las dos áreas: educativa (zona A) y residencial (zona B) sombreadas con un color rosa claro. Dentro de la zona A se sitúa el punto P1, con valores límite de niveles sonora ambientales de 60 dBA durante el día y 50 dBA durante la noche. En la zona B se sitúa el punto P2, cuyos límites de exposición del ruido son de 55 dBA durante el día y 45 dBA durante la noche.

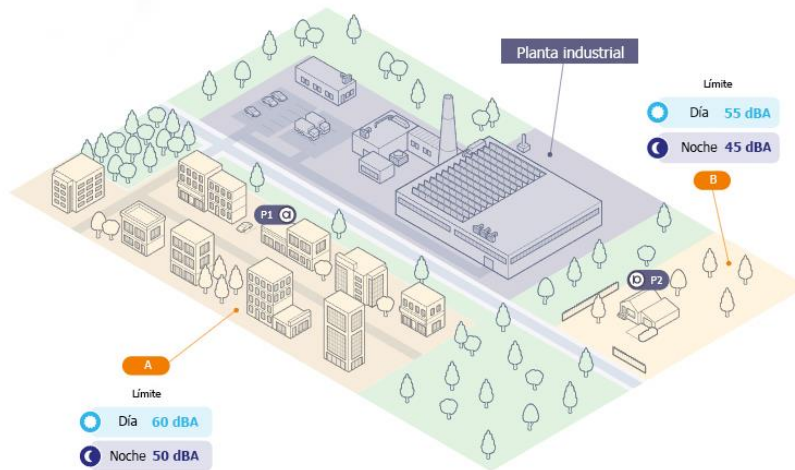


Ilustración 2.1. Descripción de la situación.  
Fuente: <https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/1>

### 2.1.2. Descripción de la planta industrial.

En la planta industrial analizada se pueden distinguir cuatro áreas con diferentes modos de operación. A continuación, se describe cada una de ellas.

#### Planta de producción:

Funciona de manera continua las 24 horas al día, 7 días a la semana. Durante el período diurno funcionan todas las líneas de producción (8 de 8 líneas). Por la noche, funcionan la mitad de las líneas (4 líneas de 8).

Las fuentes de ruido en esta sala son: elementos estructurales (paredes, ventanas, techo, tragaluces), la máquina del aire acondicionado, la unidad de tratamiento de aire (con tres modos de funcionamiento: admisión, escape, alojamiento) y los conductos de ventilación.

#### Proceso de salida del aire por la chimenea:

Funciona las 24 horas al día, 7 días a la semana. Durante el día la chimenea trabaja a pleno rendimiento y por la noche funciona con menor eficiencia. Esta se verá también afectada por las condiciones meteorológicas existentes debido a que la cantidad de aire que expulse será distinta. Este funcionamiento se regulará en modo de control automático.

#### Sala de máquinas:

Esta sala solo está en funcionamiento en el primer turno de la mañana de 6:00 a 14:00 horas. En ella existen dos estados operativos que se van alternando. En el estado 1, se realiza la preparación del trabajo, de manera silenciosa, y en





el estado 2, la máquina está en funcionamiento. En este último estado, la máquina emite ruido debido a que se está moliendo plástico.

Las fuentes de ruido al ambiente en la sala de máquinas son debidas a: los elementos estructurales (paredes, techos y puertas), la máquina del aire acondicionado, la unidad de tratamiento de aire (con tres modos de funcionamiento: admisión, escape y alojamiento) y los conductos de ventilación.

#### Tráfico de vehículos:

Existen tres fuentes de tráfico de vehículos en la planta:

- Tráfico de coches: que consiste tanto en la llegada y salida de los empleados a la planta industrial (hasta 80 vehículos por turno de trabajo).
- Tráfico de los visitantes a la planta: tanto de día como de noche siendo en promedio de 2 vehículos a la hora.
- Tráfico de camiones: que realizan las cargas y descargas durante el día, llegando a 4 contenedores a la hora.
- Tráfico de las carretillas elevadoras: que ayudan al tránsito de mercancías durante el día, siendo de 16 vehículos a la hora.

A parte de las cuatro áreas anteriormente descritas existen otras fuentes de ruido independientes, como son:

- Torre de enfriamiento: Con tres modos de funcionamiento: admisión, escape y unidad de accionamiento.
- Colector de polvo: Con dos modos de funcionamiento: salida y alojamiento.
- Edificio de oficinas: Debido al aire acondicionado.
- Zona de estacionamiento
- Zona de tránsito de mercancías

En la siguiente tabla se muestran los principales grupos de fuentes de ruido de la planta industrial.

Tabla 1. Fuentes de ruido con sus modos de operación.

Fuentes de ruido			Período diurno						Período nocturno			Ocho horas menos favorables	Hora menos favorable	
			Primer turno			Segundo turno			Tercer turno			Día	Noche	
			6:00 - 6:30	6:30 - 9:30	9:30 - 10:30	10:30 - 13:30	13:30 - 14:00	14:00 - 14:30	14:30 - 21:30	21:30 - 22:00	22:00 - 22:30	22:30 - 05:30	5:30 - 6:00	6:00 - 14:00
Planta de producción	Elementos estructurales	Paredes	M <sup>1</sup>						R <sup>2</sup>			M	R	
		Ventanas												
		Puerta												
		Techo												
		Tragaluces												
	Aire acondicionado	1	M						R			M	R	
		2	M						R					
		3	M						R					
Unidad de tratamiento de aire	Admisión	M						R			M	R		
	Escape	M						R						
Conductos de ventilación		M						R			M	R		
Proceso de salida de aire de la chimenea			M						R					
Sala de máquinas	Elementos estructurales	Paredes	I <sup>3</sup>	M	I	M	I	.4					M	-
		Techo												
		Puertas												
	Aire acondicionado		M											
	Unidad de tratamiento de aire	Admisión	M											
Escape		M												
Conductos de ventilación		M												



Tabla 1. (cont.) Fuentes de ruido con sus modos de operación.

Torre de enfriamiento	Admisión	M											M	M
	Escape													
	Unidad de accionamiento													
Colector de polvo	Salida	M											M	M
	Alojamiento													
Edificio de oficinas	Aire acondicionado	M					-						M	-
Estacionamiento		21 <sup>5</sup>	6	2	6	36	51	14	21	35		50	8.875 <sup>6</sup>	50
Zona de tránsito de mercancías		2	12	4	12	2	2	28	2				4	0
Caminos de la planta industrial	Coches	21	6	2	6	36	51	14	21	35		50	8.875	50
	Camiones	2	12	4	12	2	2	28	2				4	0
	Carretillas elevadoras	8	48	16	48	8	8	112	8				16	0
Designación modos de funcionamiento de la planta industrial		t <sub>pD1</sub>	t <sub>pD2</sub>	t <sub>pD3</sub>	t <sub>pD2</sub>	t <sub>pD4</sub>	t <sub>pD5</sub>	t <sub>pD2</sub>	t <sub>pD6</sub>	t <sub>pN1</sub>	t <sub>pN2</sub>	t <sub>pN3</sub>	t <sub>pD1... t<sub>pD4</sub></sub>	t <sub>pN2, t<sub>pN3</sub></sub>

<sup>1</sup> M: modo de operación a máxima eficiencia.

<sup>2</sup> R: modo de operación con eficiencia reducida.

<sup>3</sup> I: inactivo.

<sup>4</sup> -: instalación deshabilitada.

<sup>5</sup> 12: número de eventos acústicos en un período determinado.

<sup>6</sup> 12: promedio de eventos en 1 h.

En la Ilustración 2.2 se pueden observar las distintas fuentes de ruido de manera gráfica.

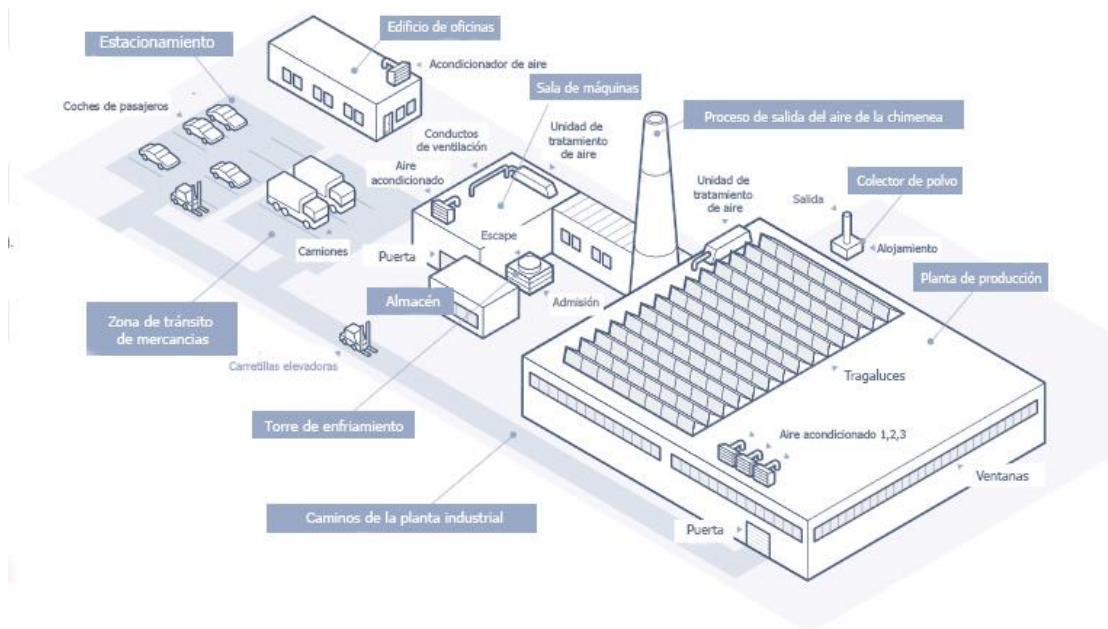


Ilustración 2.2. Fuentes de ruido en la planta industrial. Fuente: <https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/2>

### 2.1.3. Análisis del estado del entorno acústico actual.

Los resultados de las mediciones que se recogen en la Tabla 2 se han realizado en dos períodos de tiempo, durante el día y durante la noche, y en dos puntos distintos, P1, “área residencial” y P2, “área educativa”.

Dichas mediciones se han realizado en los bordes de las áreas y no dentro de ellas debido a la imposibilidad de tomar mediciones en propiedades privadas sin un previo consentimiento. Se han realizado mediciones en distintos períodos de tiempo recogiendo distintos modos de operación y se ha obtenido una media de estas medidas.

Ante la imposibilidad de parar la planta industrial, el ruido de fondo se midió en la sombra acústica de los edificios más cercanos. Principalmente el ruido de fondo es debido al ruido producido por el tránsito de las carreteras públicas que están cerca de la fábrica y que utilizan los trabajadores para poder acceder a la entrada de esta.

Tabla 2. Niveles de ruido en los puntos P1 (área residencial) y P2 (área educativa).

Puntos de análisis	Período diurno [dBA]		Período nocturno [dBA]		Comentarios
	P1	P2	P1	P2	
Nivel de ruido total, $L_{Aeqm}$	67,2	63,1	56,9	51,4	Valor medido físicamente
Nivel de ruido de fondo, $L_{Aet}$	52,1	40,8	52,8	40,3	Valor medido físicamente
Nivel de ruido de la planta industrial, $L_{AeqT}$	67,1	63,1	54,8	51,1	Resta logarítmica $L_{Aeqm} - L_{AeqT}$
Incertidumbre de las medidas, $\pm U_{95}$	$\pm 2,1$	$\pm 1,6$	$\pm 1,5$	$\pm 1,3$	Valor calculado
Niveles de sonido permisibles, $L_{perm}$	60	55	50	45	Valor definido por la Ley 5/2009 del Ruido de Castilla y León
¿Se excede del valor límite?	Sí	Sí	Sí	Sí	Evaluación de impacto
¿Cuánto se supera? $\Delta L_A$	7,1	8,1	4,8	6,1	Resta aritmética $L_{AeqT} - L_{perm}$

Para el punto P1, situado en el área residencial se observa que tanto para el día como para la noche se sobrepasan los niveles de sonido permisibles de la Ley 5/2009 del Ruido de Castilla y León. En el período diurno el nivel límite expuesto en la ley es de 60 dBA mientras que el nivel de inmisión que llega al área residencial es de 67,1 dBA. Por lo tanto, se sobrepasa del límite en 7,1 dBA. Para el período nocturno, el valor permisible es hasta 55 dBA y el nivel equivalente de ruido de 63,1 dBA por lo que, el nivel de ruido medido es de 8,1 dBA superior al valor límite.

Para el punto P2, situado en el área educativa, tanto en el período diurno como el nocturno se exceden los niveles permisibles de la ley del Ruido. Durante el día el nivel de inmisión es de 54,8 dBA sobrepasándose en 4,8 dBA del valor límite. Para la noche, el nivel equivalente de ruido es de 6,1 dBA superior al valor permisible.

#### **2.1.4. Identificación de las fuentes de ruido.**

Se han identificado 17 fuentes de ruido principales que se clasifican entre fuentes primarias y fuentes secundarias.

Las primarias son aquellas fuentes que emiten el ruido directamente al ambiente. Estas pueden ser puntuales, lineales o superficiales. Algunos ejemplos de fuentes puntuales son: los aires acondicionados, las entradas y salidas del aire en las unidades de tratamiento de este, pequeñas tomas y escapes de aire, salidas de chimenea, etc. Ejemplos de fuentes lineales podrían ser conductos de ventilación o carreteras. Y ejemplos de fuentes superficiales se encontrarían paredes grandes de entradas y salidas de ventilación, paredes externas de unidades de ventilación, estacionamientos, etc.

Las fuentes de ruido secundarias son aquellas en las que el ruido es emitido por particiones externas como son paredes, techos, tragaluces, etc. La mayoría de las fuentes secundarias son superficiales.

A continuación, en la Tabla 3 se detalla el nivel de potencia acústica equivalente del día y de la noche para las 17 fuentes de ruido, así como las causas que producen que se emita ruido al ambiente.

En algunas fuentes de ruido el nivel de potencia durante la noche es nulo debido a que no están en funcionamiento en ese período. En la Tabla 1 en la que aparecen las fuentes de ruido con sus modos de operación, se pueden observar qué fuentes de ruido están en funcionamiento durante la noche.

Tabla 3. Niveles de potencia de las fuentes identificadas.

Fuentes de ruido			Nivel de potencia acústica equivalente	
			Día [dBA]	Noche [dBA]
Planta de producción	Fachada del edificio	El ruido emitido al ambiente es producido por fuentes secundarias como son los elementos estructurales de la planta de producción. Estas son excitadas por dispositivos que están en el interior del edificio.	109	97,6
	Aires acondicionados	La fuente de ruido es debida a los ventiladores que fuerzan la circulación de aire.	87,1	82,1
	Unidades de tratamiento de aire	La fuente de ruido son los ventiladores que funcionan dentro de la unidad y el flujo de aire. La emisión de este ruido al ambiente es debida a las entradas y salidas de aire, así como al ruido de la carcasa del panel de control.	98,2	93,2
	Conductos de ventilación	La emisión del ruido al ambiente se produce por toda la superficie del conducto de ventilación. Las fuentes de ruido son el flujo de aire y los ventiladores que fuerzan la circulación del aire, así como el ruido de los dispositivos del interior de la planta, que penetran en el conducto.	90	85
Proceso de salida del aire de la chimenea		Las fuentes de ruido son el proceso químico, que como resultado emite aire, el flujo de aire y el funcionamiento de los ventiladores que mueven el flujo. El lugar de emisión es la salida de la chimenea y sus paredes externas.	115	101,1
Sala de máquinas	Fachada del edificio	Pasa exactamente lo mismo que la envoltura del edificio de la planta de producción.	94,4	-
	Acondicionadores de aire	Pasa exactamente lo mismo que en los acondicionadores de aire de la planta de producción.	80	-
	Unidades de tratamiento de aire	Pasa exactamente lo mismo que en la unidad de tratamiento de aire de la planta de producción.	98,2	-
	Conductos de ventilación	Pasa exactamente lo mismo que en los conductos de ventilación de la planta de producción.	90	-

## Diseño de una Escape Room basada en la Gestión del Ruido Ambiental

Tabla 3. (cont.) Niveles de potencia de las fuentes identificadas.

Torre de enfriamiento		Las fuentes de ruido son tanto los ventiladores que fuerzan el flujo del aire y los accionamientos, como el flujo de aire en sí. Además, en esta torre hay un cuarto húmedo donde el agua al caer produce ruido. Los lugares donde se emite el ruido al ambiente son tanto la entrada y descarga del aire, como el accionamiento del ventilador.	110	98,5
Colector de polvo		El ruido es producido por el flujo de aire a través del elemento filtrante y por el extractor. El lugar de emisión del ruido al medio ambiente es la salida de aire limpio, que se encuentra a una altura de 6 metros.	112	105
Edificio de oficinas	Acondicionadores de aire	Pasa exactamente lo mismo que en los acondicionadores de aire de la planta de producción.	80	-
Estacionamiento		El ruido es producido por el funcionamiento del motor de los coches y el ruido de la rodadura. Al ir a bajas velocidades en la planta industrial el ruido aerodinámico es insignificante.	86,9	90,2
Lugar de tránsito de mercancías		Las fuentes de ruido son, tanto el funcionamiento de los motores, el ruido de rodadura y los trabajos realizados durante las cargas y descargas, como las señales sonoras emitidas por los vehículos al dar marcha atrás. Al ir a bajas velocidades el ruido aerodinámico es despreciable.	89,2	-
Caminos en la planta industrial	Coches	El ruido es producido por el funcionamiento del motor de los coches y el ruido de la rodadura. Al ir a bajas velocidades en la planta industrial el ruido aerodinámico es insignificante. El lugar de emisión de ruido son las vías de acceso desde la puerta de entrada hasta al estacionamiento del personal.	67,1	76,7
	Camiones	Las fuentes de ruido son el funcionamiento de los motores de los camiones y el ruido de rodadura. También son fuentes de ruido, el funcionamiento de los equipos de aire acondicionado de los remolques. El lugar de emisión de ruido son las vías de acceso desde la puerta de entrada hasta el lugar de tránsito de mercancías.	83,4	-



Tabla 3. (cont.) Niveles de potencia de las fuentes identificadas.

	Carretillas elevadoras	La emisión de ruido es producida por los motores de los montacargas y el ruido de rodadura. También por el golpeteo del montacargas con el material transportado en contenedores. El lugar de emisión de ruido al medio ambiente son las vías de acceso desde la puerta de entrada hasta el lugar de tránsito de mercancías.	96	-
Nivel de potencia total de la planta $L_{WA}$ [dB]			118,3	107,9

En la Ilustración 2.3 se observan las fuentes de ruido, descritas en la tabla anterior.

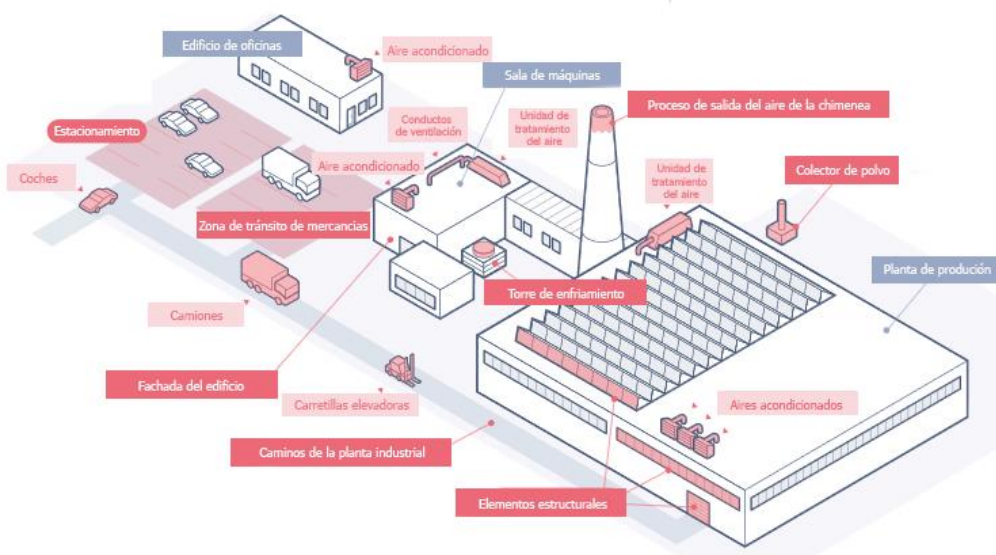


Ilustración 2.3. Identificación de las fuentes de ruido. Fuente: <https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/4>

### 2.1.5. Análisis de las causas de contaminación acústica durante el día.

Durante el día el ruido ambiental que llega a los puntos P1 y P2 procede de las 17 fuentes de ruido descritas anteriormente en la Tabla 3. Estas fuentes de ruido influyen de manera distinta en los dos puntos de análisis debido a que, las distancias de las fuentes de ruido a los puntos son distintas.

Para realizar el análisis de las causas de contaminación acústica se estudian el punto P1 y el P2 por separado, ya que los niveles de inmisión de las distintas fuentes de ruido a dichos puntos son distintos. Para simplificar dicho análisis se realiza el estudio considerando la propagación del sonido en campo abierto.

A continuación, en las ilustraciones 2.4 y 2.5, se observan unos diagramas de barras con los niveles de ruido de las distintas fuentes de ruido, clasificadas de

mayor a menor nivel de inmisión, en los puntos 1 y 2, respectivamente. También se observa el nivel de ruido total y el nivel de ruido total permisible según la Ley 5/2009 del Ruido de Castilla y León.

En la ilustración 2.4 se observan los niveles de inmisión de las distintas fuentes al punto P1, situado en el área residencial. El nivel de ruido total durante el día en este punto es de 67,1 dBA teniendo en cuenta todas las fuentes de ruido, sobrepasándose en 7,1 dBA el valor límite. Las fuentes de ruido que mayor nivel de ruido aportan al punto P1 son: la torre de enfriamiento, la chimenea, la fachada del edificio de la planta de producción y las carretillas elevadoras de los caminos de la planta industrial. La suma logarítmica de estas 4 fuentes de ruido es de 66,8 dBA, tres décimas por debajo del nivel total. Esto significa que las cuatro fuentes de ruido por sí solas aportan el 99,6% de la energía acústica total que llega al punto P1. Se consideran fuentes dominantes y se intentan minimizar, ya que minimizándolas se reducirá considerablemente el ruido ambiental total que llega al punto P1.

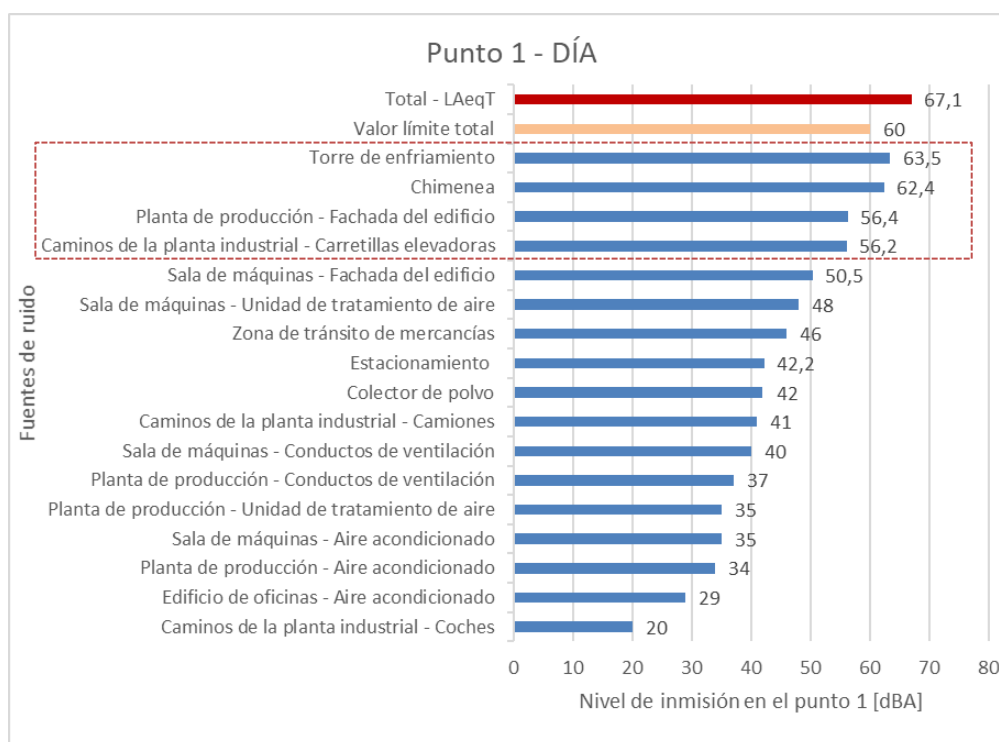


Ilustración 2.4. Nivel de inmisión de las fuentes de ruido en el punto P1 durante el día.

En la ilustración 2.5, se observa un diagrama de barras con los niveles de inmisión de tres fuentes de ruido en el punto P2, situado en el área educativa. Estas tres fuentes son: la chimenea, la fachada del edificio de la planta de producción y el colector de polvo. Estas fuentes de ruido por sí solas aportan aproximadamente el 100% de la energía acústica total que llega al punto P2

despreciándose otras fuentes de ruido debido a que no influyen en el valor del nivel total que llega al punto P2. El nivel total de inmisión en el punto es de 63,1 dBA. El valor límite que marca la Ley para esta zona es de 55 dBA por lo que se sobrepasan 8,1 dBA. Para disminuir el nivel de ruido total en el punto P2, se tiene que reducir el ruido producido por estas tres fuentes.

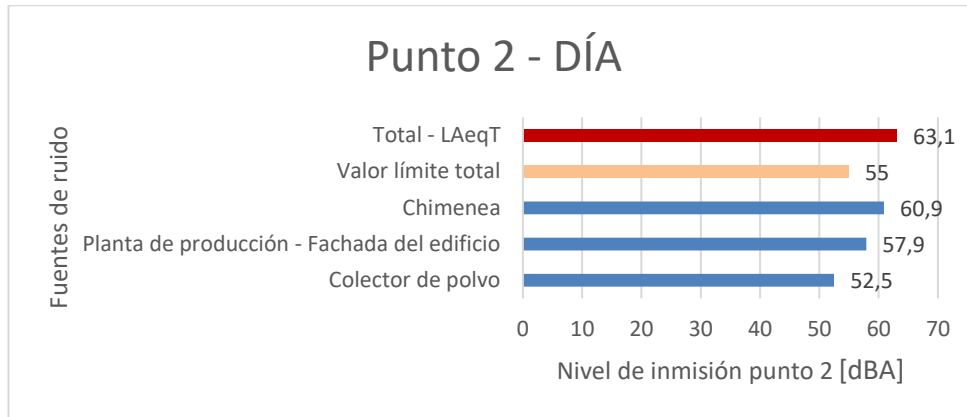


Ilustración 2.5. Nivel de inmisión de las tres fuentes de ruido dominantes en el punto P2 durante el día.

En la siguiente ilustración, la 2.6, se indican las fuentes de ruido que mayor nivel de ruido aportan a los puntos P1 y P2 durante el día. Estas fuentes de ruido son: la chimenea, el colector de polvo, la torre de enfriamiento, la fachada del edificio de la planta de producción y las carretillas elevadores de los caminos de la planta industrial.

## Diseño de una Escape Room basada en la Gestión del Ruido Ambiental

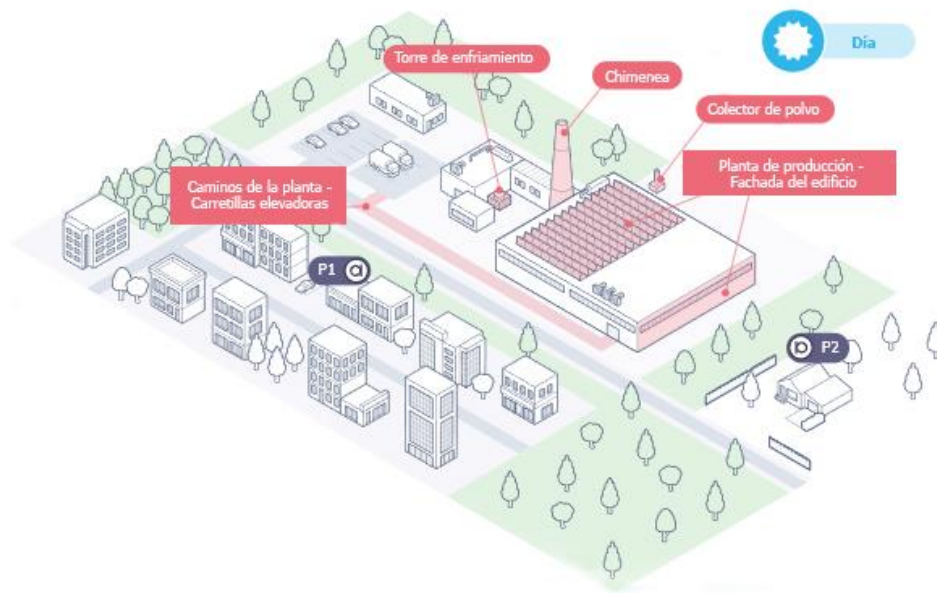


Ilustración 2.6. Principales fuentes de ruido diurnas. Fuente: <https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/7>

Dada la finalidad del presente Trabajo Fin de Grado que es ofrecer un apoyo didáctico a los alumnos de la asignatura de Gestión del Ruido Ambiental y de la Industria a través de una Escape Room se realizará un análisis a través de los mapas de ruido debido a las principales fuentes de ruido en los puntos P1 y P2 durante la noche. Esto es debido a que uno de los objetivos de este trabajo es enseñar a los estudiantes cómo son los mapas de ruido y en especial, qué aspecto tienen los mapas de ruido aplicados a este caso práctico. No se dispone del mapa de ruido durante el periodo del día porque se han realizado modificaciones de algunos niveles respecto a los que aparece en la página web Acoucou para adaptar el caso práctico a una situación más desfavorable respecto a la Ley del ruido de Castilla y León, con el fin de que haya que introducir más soluciones para resolver los problemas generados en ambos puntos y resulte un trabajo más completo para los estudiantes.

### 2.1.6. Análisis de las causas de contaminación acústica durante la noche.

En este apartado se analizan las fuentes de ruido que producen contaminación acústica durante la noche. De las 17 fuentes de ruido identificadas como fuentes de ruido primarias o secundarias en el apartado 2.1.2 el número de fuentes de ruido para la noche se reduce a 9, debido a que 8 fuentes del total no están en funcionamiento. Estas 8 fuentes de ruido se sitúan en diferentes lugares. En la sala de máquinas están las siguientes: la fachada del edificio, el aire acondicionado, la unidad de tratamiento y los conductos de ventilación. La zona de tránsito de mercancías es otra fuente de ruido. En el edificio de oficinas está el aire acondicionado. Y las dos últimas fuentes están situadas en los caminos para camiones y carretillas elevadoras dentro de la planta industrial.

En las siguientes ilustraciones, la 2.7 y la 2.8, se recogen los niveles de inmisión de las distintas fuentes de ruido en los puntos P1 y P2, respectivamente.

En la ilustración 2.7, se muestran los niveles de inmisión de las distintas fuentes de ruido en el punto P1, situado en el área residencial. El nivel de ruido total durante la noche que llega al punto P1 es de 54,8 dBA sobrepasándose en 4,8 dBA del valor límite total establecido por la Ley del Ruido de Castilla y León para el área de estudio. Las fuentes de ruido que mayor nivel de ruido aportan a P1 son: la torre de enfriamiento, la chimenea, el estacionamiento y la fachada del edificio de la planta de producción. En concreto, la fuente de ruido que mayor influencia tiene en el nivel de inmisión total es la torre de enfriamiento ya que, el nivel de ruido de esta fuente en el punto P1 es de 52 dBA, siendo la única fuente de ruido que por sí sola sobrepasa el valor límite de 50 dBA. La suma logarítmica de las 4 fuentes de ruido anteriormente mencionadas es de 54,7 dBA, una décima por debajo del nivel total. Esto significa que las cuatro fuentes de ruido por sí solas aportan el 99,85% de la energía acústica total que llega al punto P1. Para poder cumplir la Ley 5/2009 del Ruido de Castilla y León se tiene que reducir el nivel de ruido total en 4,8 dBA. Para ello, hay que actuar en las fuentes de ruido que mayor contaminación acústica producen en el punto P1.

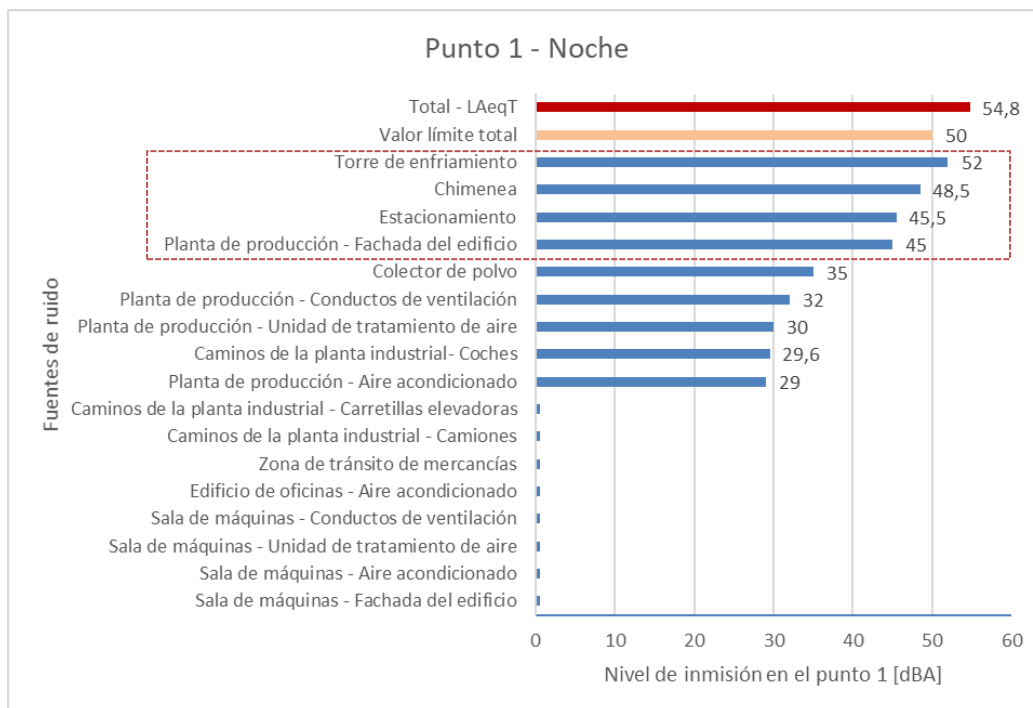


Ilustración 2.7. Nivel de inmisión de las fuentes de ruido en el punto P1 durante la noche.

En la ilustración 2.8 se observa un diagrama de barras con los niveles de inmisión de tres fuentes de ruido en el punto P2, situado en el área educativa. Estas tres fuentes son: la chimenea, la fachada del edificio de la planta de producción y el colector de polvo. Estas fuentes de ruido por sí solas aportan aproximadamente el 100% de la energía acústica total que llega al punto P2 despreciándose las otras 6 fuentes de ruido que están en funcionamiento durante la noche debido a que, no influyen en el punto P2. El nivel total de inmisión en este punto es de 51,1 dBA. El valor límite que marca la Ley para esta zona es de 45 dBA por lo que se sobrepasa en 6,1 dBA. Para disminuir el nivel de ruido total en 6,1 dBA se tiene que reducir el nivel de ruido que producen las tres fuentes de ruido anteriormente mencionadas.

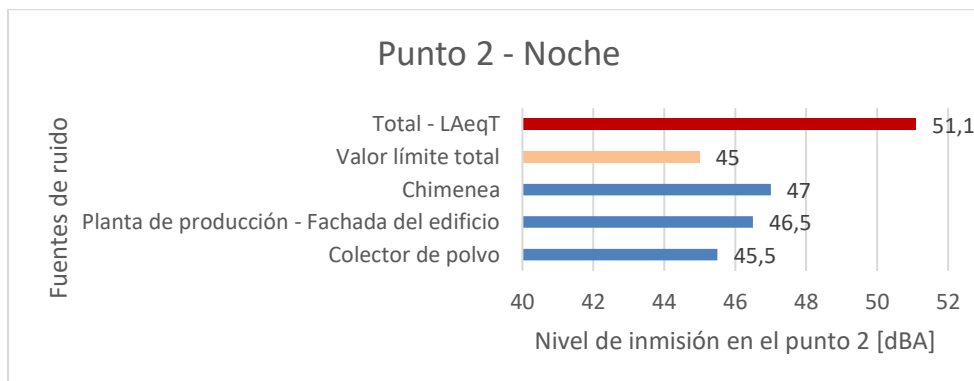


Ilustración 2.8. Nivel de inmisión de las fuentes de ruido en el punto P2 durante la noche.

En la siguiente ilustración, la 2.9, se observan gráficamente las fuentes de ruido dominantes anteriormente identificadas, para el punto P1 y P2, durante la noche.

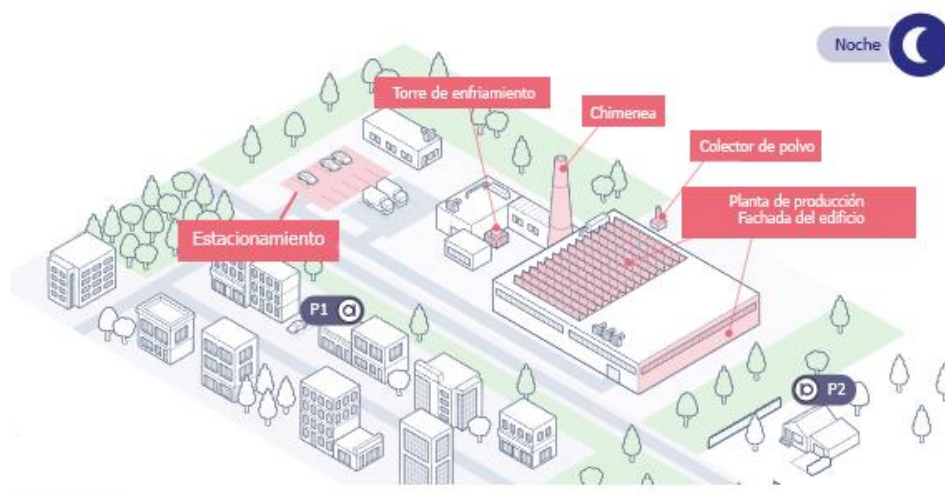


Ilustración 2.9. Principales fuentes de ruido nocturnas. Fuente: <https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/9>.

### Mapas de ruido.

En este apartado se estudian los mapas de ruido de la planta industrial y de su entorno durante la noche.

La escala de colores que se utiliza en este caso práctico en el mapa de ruido es de intervalos de 5 dBA por lo que, cada 5 dBA de presión sonora el color representado en el mapa de ruido es distinto.

El método de cálculo se basa en la norma ISO 9613-2 de Atenuación del Sonido durante la Propagación en Exteriores, Parte 2: Método general de cálculo (Organización Internacional de Normalización, 1996), y se realizan los cálculos a una altura de 4 metros sobre el nivel del suelo.

Para analizar la problemática del ruido hacia las dos áreas, educativa y residencial, situadas en el entorno de la planta industrial, se realizan tres mapas de ruido. El primero teniendo en cuenta las fuentes de ruido estacionarias. El segundo analizando las fuentes de ruido móviles. Y el último, teniendo en cuenta el impacto acumulativo de ambas fuentes de ruido.



- **Mapa de ruido de las fuentes estacionarias.**

En la ilustración 2.10 se observa el mapa de ruido de las fuentes estacionarias durante la noche. Las conclusiones extraídas de este mapa de ruido son las siguientes:

- Durante la noche, principalmente el ruido de las fuentes estacionarias es debido a la torre de enfriamiento, el colector de polvo, la chimenea y la planta de producción.
- El nivel de ruido en las dos áreas sobrepasa significativamente el valor permitido de 50 dBA en el área residencial y 45 dBA en el área educativa, situadas con respecto del mapa de ruido en la parte derecha (P2) y en la inferior (P1), respectivamente.

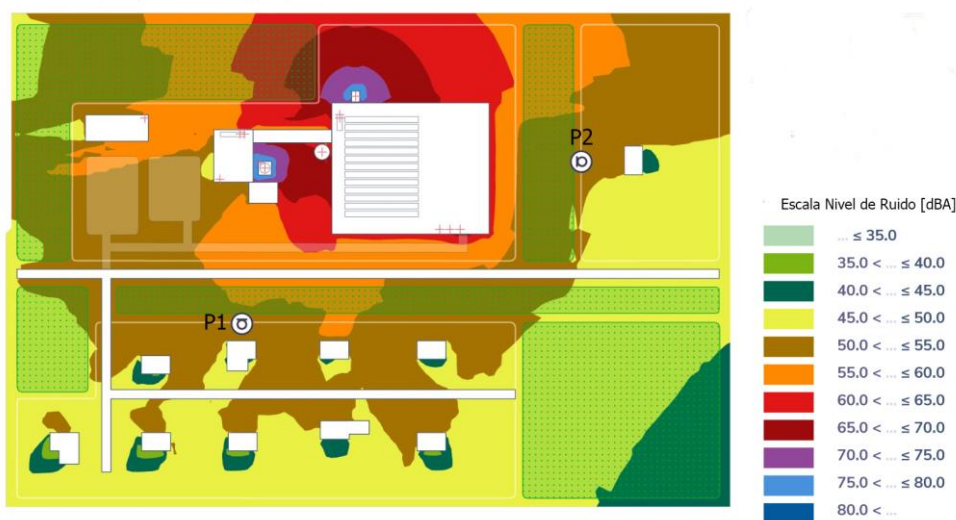


Ilustración 2.10. Mapa de ruido de las fuentes estacionarias durante la noche. Fuente: <https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/9>.

- **Mapa de ruido de las fuentes móviles.**

En la ilustración 2.11 se observa el mapa de ruido de las fuentes móviles durante la noche y se extraen las siguientes conclusiones:

- El ruido de las fuentes móviles que se genera durante la noche es debido principalmente a la zona de estacionamiento situada en la parte superior izquierda del mapa de ruido. El ruido que se produce por las fuentes móviles en esta zona de estacionamiento es debido únicamente a los coches de los operarios del turno de noche, ya que no se reciben mercancías, no acceden camiones, ni están en funcionamiento las carretillas elevadoras.
- El área educativa situada a la derecha del mapa de ruido no se ve afectada por un impacto significativo de las fuentes de ruido móviles. En cambio, para el área residencial situada en la parte



inferior respecto del mapa de ruido se sobrepasa el valor permitido de 50 dBA.

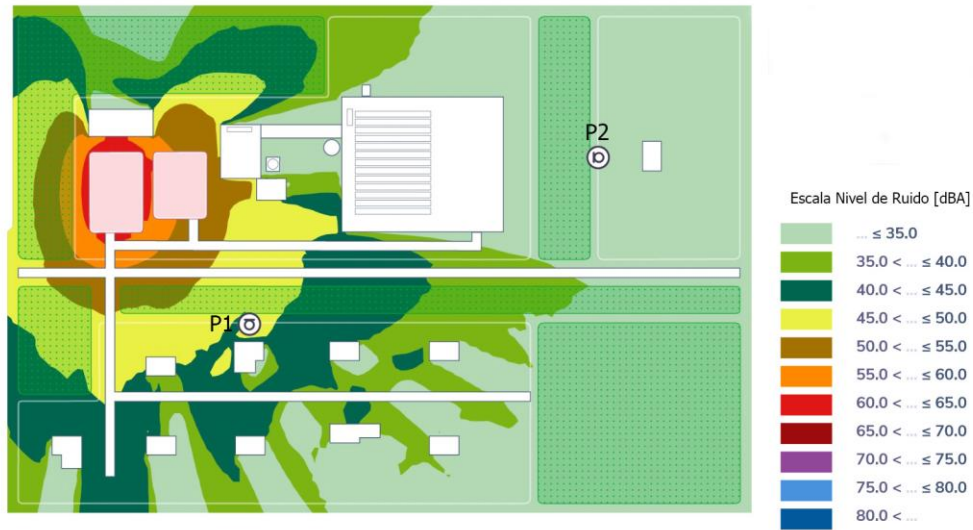


Ilustración 2.11. Mapa de ruido de las fuentes móviles durante la noche. Fuente: <https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/9>.

- **Mapa de ruido de todas las fuentes en conjunto.**

Teniendo en cuenta el impacto acumulativo de ambas fuentes de ruido (estacionarias y móviles), se observa en la ilustración 2.12 que los niveles de ruido en las dos áreas están por encima de los valores permitidos:

- En el punto P1, situado en el área residencial en la parte inferior del mapa de ruido, se sobrepasa hasta en más de 5 dBA el nivel de ruido permitido. En la sombra acústica de los edificios situados en este área, el nivel de ruido está por debajo de los niveles permitidos ya que, las fachadas no están expuestas directamente al ruido.
- El punto P2, situado en el área educativa en la parte derecha del mapa de ruido, los niveles de ruido sobrepasan el valor límite de la ley de Ruido de Castilla y León de 45 dBA.

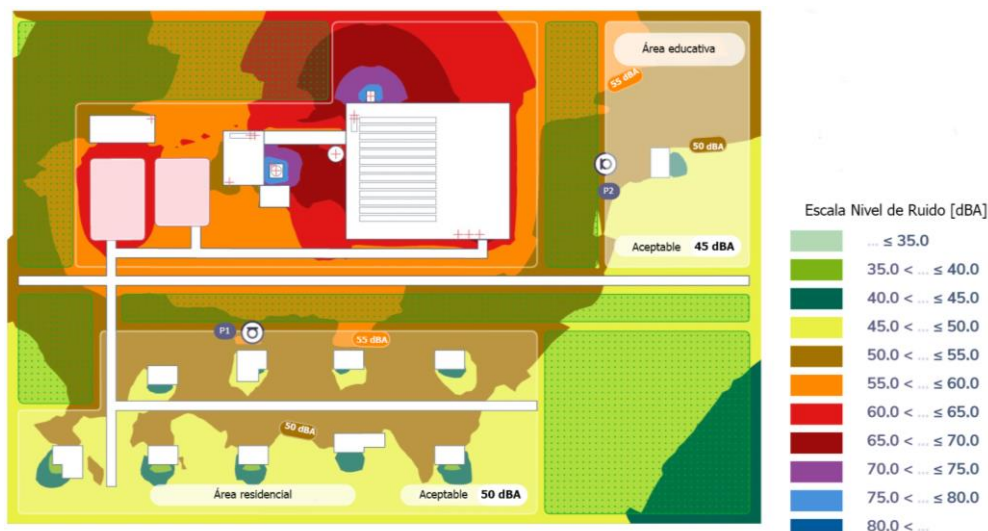


Ilustración 2.12. Mapa de ruido de las fuentes móviles durante la noche. Fuente: <https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/9>.

A continuación, se extraen las conclusiones generales de los mapas de ruido anteriormente analizados.

En la parte inferior de los mapas de ruido se sobrepasa el nivel de ruido permisible para la noche, debido a la emisión de ruido de las fuentes estacionarias y móviles de la planta industrial. En la parte derecha de los mapas de ruido, se excede el nivel límite de ruido debido principalmente a las fuentes estacionarias.

Para reducir el impacto del ruido de la planta industrial en las dos áreas estudiadas y no sobrepasar los valores límite, es necesario desarrollar una estrategia de reducción de ruido que especifique las reducciones mínimas requeridas y las acciones para cada fuente de ruido que se expondrá en el siguiente apartado.

#### 2.1.7. Estrategia de reducción de ruido.

El primer paso para desarrollar una estrategia de reducción de ruido es determinar la reducción mínima requerida para cada fuente sonora. Para obtener los valores de las reducciones se realizan cálculos iterativos sobre aquellas fuentes de ruido que mayor nivel de ruido aportan hasta alcanzar valores aceptables de niveles totales de presión sonora para los dos puntos de control, los puntos P1 y P2, tanto para el día como para la noche.

El cálculo iterativo permite conseguir valores de niveles de ruido por debajo de los valores permisibles de la Ley 5/2009 del Ruido de Castilla y León para los dos puntos de estudio P1 y P2 situados en el área residencial y el área educativa, respectivamente. Dependiendo de cómo se haga el cálculo iterativo

se pueden obtener distintos resultados de reducción mínima de ruido requerida para cada fuente de ruido.

En la ilustración 2.13, se muestra de manera gráfica las reducciones mínimas de ruido requeridas para las fuentes de ruido que mayor nivel de presión sonora aportan al medio ambiente, tanto para el día como para la noche.

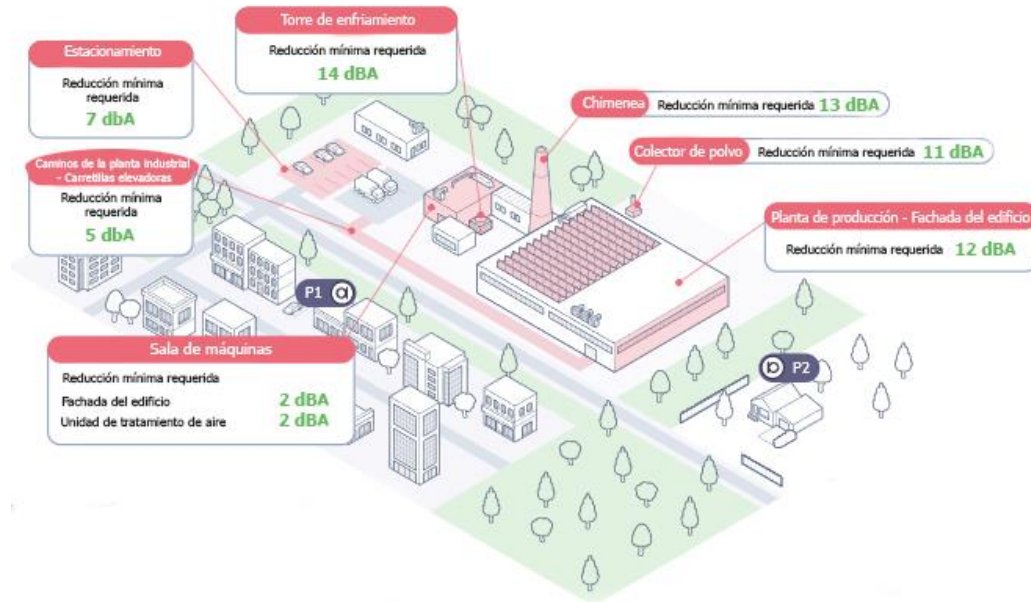


Ilustración 2.13. Reducción mínima de ruido requerida. Fuente: <https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/11>.

### **Análisis del estado del entorno acústico después de aplicar reducciones.**

El entorno acústico antes de las reducciones de ruido tenía un nivel de potencia acústica total de 118,3 dBA para el día, y de 107,9 dBA para la noche; y un nivel de presión sonora para el día, en el punto P1, de 67,1 dBA, y en el punto P2, de 63,1 dBA, y para la noche de 54,8 dBA, en el punto P1, y 51,1 dBA, en el punto P2. El nivel de ruido equivalente para los dos puntos de estudio para el período diurno y nocturno sobrepasaba en todos los casos el nivel de ruido permisible.

Después de aplicar las reducciones mínimas de ruido requeridas de la ilustración 2.13 el nivel de ruido equivalente para el punto P1 es de 57,2 dBA durante el día y de 43,7 dBA durante la noche, y en el punto P2 es de 50,6 dBA y 39,1 dBA para el día y la noche, respectivamente. Estos valores están por debajo del nivel de ruido permitido por lo que, los valores obtenidos de las reducciones mínimas de ruido requeridas de los cálculos iterativos son correctos.

El nivel de potencia acústica después de aplicar reducciones es de 107,4 dBA y 98,2 dBA para el día y la noche, respectivamente. La diferencia antes y

después de aplicar reducciones para el nivel de potencia es de 10,9 dBA en el día y 9,7 dBA a la noche. Todos estos datos, se recogen en la Tabla 4.

Tabla 4. Niveles de ruido antes y después de las reducciones.

	Medida en dBA	Día			Noche		
		L <sub>WA</sub> TOTAL	L <sub>AeqD</sub> P1	L <sub>AeqD</sub> P2	L <sub>WA</sub> TOTAL	L <sub>AeqD</sub> P1	L <sub>AeqD</sub> P2
	Niveles de sonido permisibles, L <sub>perm</sub>	-	60	55	-	50	45
<b>Antes de reducciones</b>	Nivel de ruido calculado	118,3	67,1	63,1	107,9	54,8	51,1
	Excedente del nivel permitido	-	7,1	8,1	-	4,8	6,1
<b>Después de reducciones</b>	Nivel de ruido calculado	107,4	57,2	50,6	98,2	43,7	39,1
	Excedente del nivel permitido	-	NINGUNO	NINGUNO	-	NINGUNO	NINGUNO
Reducción		10,9	9,9	12,5	9,7	11,1	12

#### Posibles soluciones de una estrategia de reducción de ruido.

Dada la inviabilidad económica y técnica de aplicar las reducciones de ruido mínimas requeridas para cada fuente, se deben seleccionar aquellas estrategias que cumplan con el presupuesto de la empresa, así como con aquellas que se puedan llevar a cabo técnicamente.

A continuación, se recogen algunas de las posibles soluciones para la estrategia de reducción de ruido.

#### Sala de máquinas

Para reducir la emisión de ruido al medio ambiente de la sala de máquinas se podría optar por encapsular el molino de plástico. Se propone esta medida y no otra debido a que a los operarios que están dentro de la sala de máquinas les supone una molestia el ruido que produce. Por lo que, su encapsulamiento reduce tanto las molestias a los operarios, como el ruido emitido al medio ambiente.

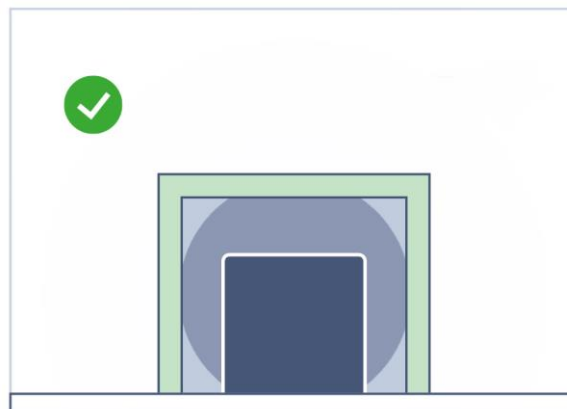


Ilustración 2.14. Encapsulamiento del molino de plástico. Fuente: <https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/13>.

## Torre de enfriamiento

En la torre de enfriamiento se podría optar por silenciar la admisión y el escape de aire y encapsular parcialmente la unidad de accionamiento.

Al aplicar estas medidas también se debe garantizar el correcto funcionamiento de la refrigeración en la chimenea por lo que, las protecciones acústicas no deben reducir el rendimiento de la torre.

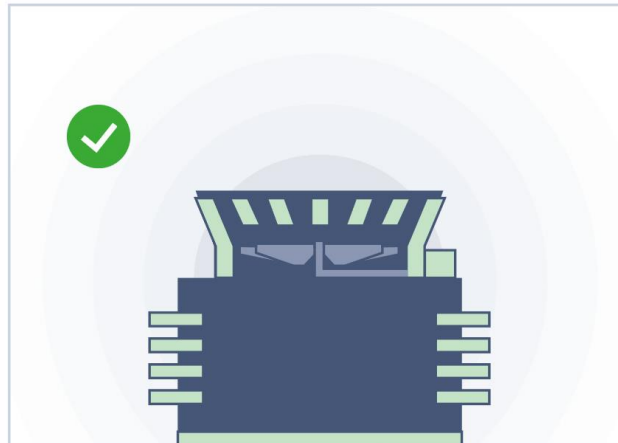


Ilustración 2.15. Protecciones acústicas de la torre de enfriamiento. Fuente: <https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/13>.

## Chimenea

En la chimenea para reducir el ruido de emisión se utiliza un silenciador en la salida de humos. Es importante diseñar el silenciador adecuado debido a que, dependiendo de éste la pérdida de presión que introduce será distinta. Además, en el diseño también se debe tener en cuenta la velocidad y temperatura del gas, la composición química, las características del ventilador, etc.

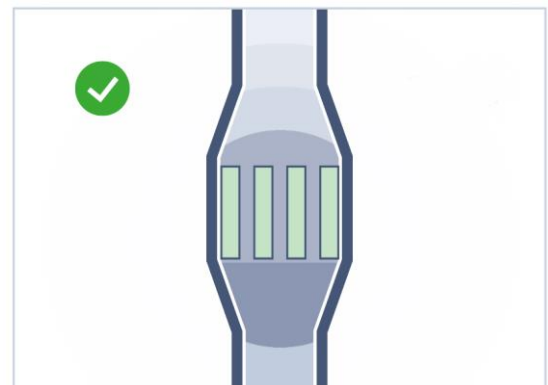


Ilustración 2.16. Instalación del silenciador en la chimenea.

Fuente: <https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/13>.

El silenciador se instala a nivel del suelo y justo después del ventilador para reducir el ruido a lo largo de todo el conducto de humos y en la propia salida de la chimenea.

### Colector de polvo

El ruido que se produce es debido al flujo de aire a través del elemento filtrante y la salida del aire limpio por el extractor del colector de polvo. Las medidas para reducir el ruido son: el encapsulamiento del elemento filtrante y el uso de un silenciador a la salida del extractor de aire. En la ilustración 2.17 y 2.18, se observa el encapsulamiento del elemento filtrante y el silenciador, respectivamente.

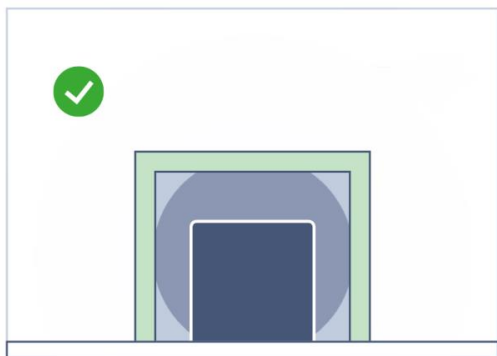


Ilustración 2.17. Encapsulamiento del elemento filtrante. Fuente: <https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/13>.

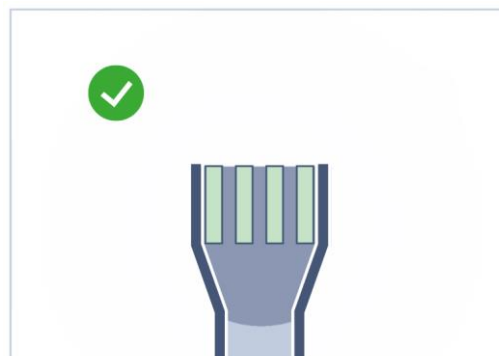


Ilustración 2.18. Instalación del silenciador en el colector de polvo. Fuente: <https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/13>.

### Planta de producción

El ruido ambiental que se emite en la planta de producción es debido principalmente a la fachada del edificio. La fachada está compuesta por ventanas, tragaluces, paredes, techo y puerta. Dentro de la fachada las ventanas son el elemento acústico más débil debido a que están mal aisladas. Un buen aislamiento acústico como el que se puede observar en la ilustración 2.19, reduce el ruido de la planta industrial al ambiente.

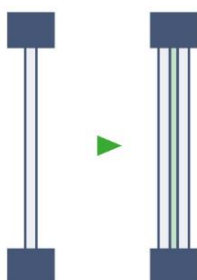


Ilustración 2.19. Aislamiento ventanas fachada del edificio. Fuente: <https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/13>.

También, otra medida para reducir el ruido ambiental puede ser el uso de carcasas acústicas para silenciar las máquinas más ruidosas dentro de la planta industrial y el uso de un techo acústico en el interior de la sala. En la ilustración 2.20, se observa tanto el encapsulamiento como el techo acústico en la planta de producción.

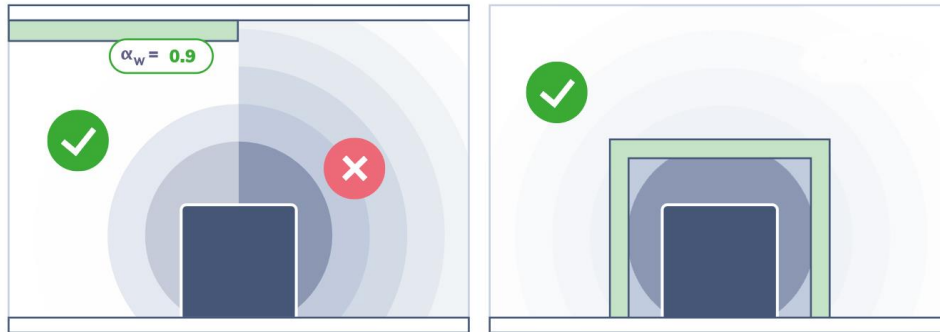


Ilustración 2.20. Techo acústico y encapsulamiento de la planta de producción.  
Fuente: <https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/13>.

### Caminos de la planta

Para reducir el ruido producido por las fuentes móviles, como son las carretillas elevadoras, los camiones y los coches del personal, se utiliza una pantalla acústica. El sitio dónde la pantalla acústica produce una mayor reducción en el nivel de ruido es entre el camino de la planta industrial, sombreado de color rosa pálido, y las vías públicas, sombreadas de color gris claro, en la ilustración 2.21.

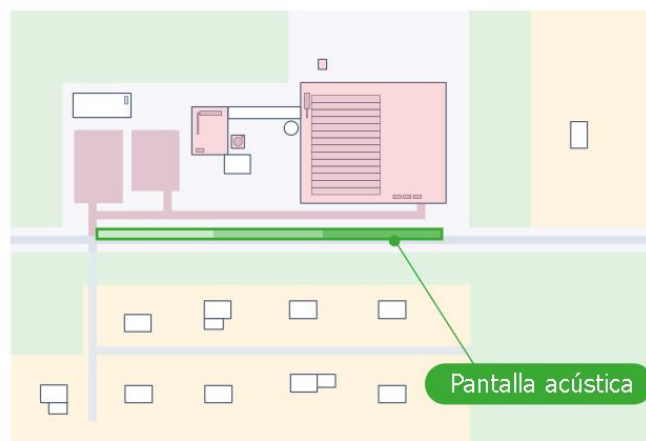


Ilustración 2.21. Vista aérea de la pantalla acústica en la planta industrial.  
Fuente: <https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/13>.



Se debe utilizar una pantalla acústica absorbente en ambos lados de los caminos para que el ruido producido en las vías públicas no se refleje y llegue al área residencial y el ruido que se produce en los caminos de la planta industrial tampoco llegue a este área.

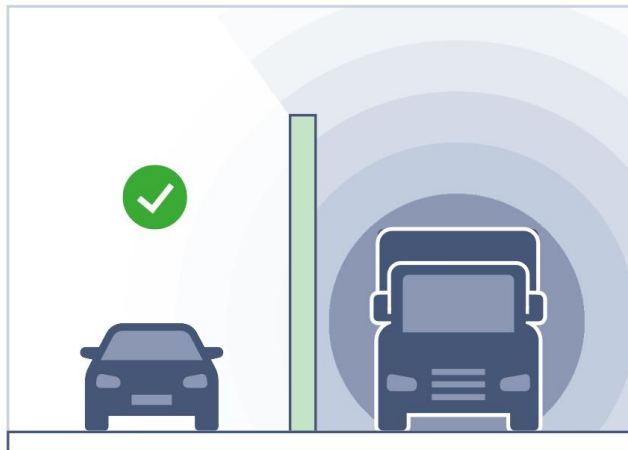


Ilustración 2.22. Pantalla acústica en los caminos de la planta industrial. Fuente: <https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/13>.

Otra opción por contemplar en los caminos de la planta industrial es el uso de pavimento fonoabsorbente. Este tipo de pavimento absorbe una parte del ruido de rodadura de los vehículos por lo que, el ruido emitido por los caminos de la planta industrial se reduciría.

Una vez contempladas las posibles soluciones se debe redactar la estrategia de reducción con todas las acciones que se van a realizar. Estas acciones deben ser viables tanto técnicamente como económicamente para la planta industrial.

La etapa final de una estrategia de reducción de ruido es recopilar todas las acciones que se van a llevar a cabo y dividir las en etapas de implementación. Cada una de las etapas se valora y se implementa de manera diferente. Por lo que, en cada etapa se deben realizar medidas en la fuente de ruido antes y después de su implementación, para confirmar los efectos que produce.



## 2.2. Dinámica de Escape Room

### 2.2.1. Plataforma digital para la realización de la Escape Room.

Existen diversas plataformas que permiten diseñar Escape Rooms educativas como son Flippity, Google Slides o Genially. Flippity es una plataforma que ofrece diversas actividades y juegos prediseñados (Flippity, 2021). El usuario escoge una actividad o juego: crucigrama, sopa de letras, bingo, búsqueda de tesoros... y a través de una hoja de cálculo de Google modifica y adapta los datos a la finalidad de su trabajo (Medina, 2020). Google Slides es un programa que permite crear presentaciones en línea (Google, 2021).

Genially es un software en línea diseñado por programadores españoles (Luis García, Juan Rubio y Chema Roldán) que permite crear presentaciones dinámicas e interactivas sin la necesidad de aprender a programar (Emprendedores 2020, 2018). Para la creación de la Escape Room que se presenta en este trabajo se ha utilizado la plataforma digital Genially debido a las limitaciones que presentan los otros dos programas. Flippity dentro de su página web no permite crear distintos juegos o actividades, sino que solo permite la selección de uno de ellos de entre una lista de preestablecidos, y en Google Slides la interacción con el usuario no está tan desarrollada como en la plataforma digital Genially (Genially, 2021).

Aprender a utilizar la herramienta web Genially es fácil y muy intuitiva. Para el diseño de las diapositivas o páginas, la plataforma digital proporciona una barra de herramientas con iconos que realizan diversas funciones. Las funciones de estos iconos son:

- **Texto:** Permite incluir en las páginas de la presentación textos y títulos con distintos colores, tipos, formatos y tamaños de letra, etc.
- **Imagen:** Proporciona un desplegable de distintas procedencias para incluir imágenes en las diapositivas. Estas fuentes son: Tu equipo (imágenes guardadas en la memoria del ordenador del usuario), URL (enlace web de la imagen que quieres añadir), Fondo transparente (imágenes que te proporciona Genially con fondo transparente), Unplash (imágenes de Unplash que son de acceso público), Giphy (base de datos en línea con GIF animados), etc.
- **Recursos:** Brinda la posibilidad de insertar iconos, formas, gráficas, líneas y flechas, etc.
- **Elementos interactivos:** Como su nombre indica, son elementos (botones, marcadores, botones de texto, números y letras, área invisible) que ayudan a la interactividad de la plataforma digital con el usuario. Hay que configurar estos elementos para que puedan interactuar. Dicha configuración se explicará en detalle más adelante.

## Diseño de una Escape Room basada en la Gestión del Ruido Ambiental

- **Smartblocks:** Conjuntos prediseñados de distinta temática como son: datos, tablas, gráficos, diagramas, etc.
- **Insertar:** Añade a las presentaciones audios y vídeos. También, soporta proveedores de contenido de diversa índole como son: LinkedIn, Facebook, Twitter, Amazon, Google Maps, Wikipedia, etc. Además, aporta la posibilidad de insertar contenido externo como pueden ser líneas de código de PHP que realizan una función concreta como, por ejemplo, la creación de un temporizador de cuenta atrás.
- **Fondo:** El desplegable de este icono se asemeja al de “Imágenes” salvo que no incluye el apartado de Giphy. Se selecciona la imagen que se quiere incluir y la plataforma la añade como fondo de diapositiva sin la posibilidad de ajustar el tamaño.
- **Páginas:** permite visualizar las páginas creadas en formato de lista o cuadrícula. Es de gran utilidad cuando se trabaja con un gran número de páginas.

En la parte izquierda de la ilustración 2.23, se observa la barra de herramientas con los distintos iconos, así como la visualización de las páginas en formato lista.



Ilustración 2.23. Barra de Herramientas Escape Room. Fuente: <https://www.genial.ly/es>.

Para cada elemento creado (imagen, vídeo, recurso...) la plataforma digital permite la interacción de este con el usuario. En el caso de que no se pudiese dar la interacción, existe el área invisible, dentro del icono “Elementos interactivos”, que permite hacer interactiva una zona que antes no lo era. Este elemento es invisible cuando se previsualiza o se visualiza la presentación. El diseñador de la Escape Room debe decidir aquellos elementos que van a interactuar o no con el usuario o jugador. Existen cuatro tipos de interactividad:

- **Etiqueta:** al pasar el ratón por el elemento se despliega una etiqueta. Es útil cuando se quiere mostrar poco contenido como un texto, una imagen, etc.
- **Ventana:** se despliega una ventana en la misma página de la presentación al hacer clic sobre un elemento. Es útil cuando se quiere mostrar varias imágenes, textos, etc.
- **Ir a página:** al hacer clic sobre un elemento, cambia la página del Genially actual por una seleccionada previamente.
- **Enlace:** al hacer clic sobre un elemento, abre un enlace a una pestaña de tipo “https://” externo a la plataforma digital.

En la ilustración 2.24, se observa la forma en la que Genially muestra los cuatro tipos de interactividad al diseñador de la presentación.

### Selecciona un tipo de interactividad

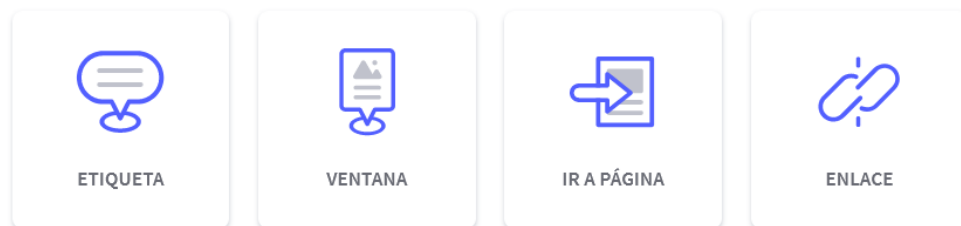


Ilustración 2.24. Tipos de interactividad. Fuente: <https://www.genial.ly/es>.

A los elementos también se les puede dar efectos de animación, ya que sin estos serían elementos estáticos. Los movimientos que se pueden dar son: de entrada, salida, continuo o al pasar el ratón encima, con distinta dirección de movimiento y cada uno de ellos con efectos muy diversos: aparecer, bote, remolino, etc. A las páginas también se les puede dar distintas transiciones: en vertical, horizontal y central, así como distintos estilos de la transición: Origami, Aparecer, Disipar, etc.

Por último, se publica el enlace en Genially, que es de carácter público. El enlace para acceder a la Escape Room de la parte de Gestión del Ruido Ambiental de la asignatura de Gestión del Ruido Ambiental y de la Industria es el siguiente:

<https://view.genial.ly/60cdb3acad54880d4953d5c6/presentation-escape-room-gestion-del-ruido-ambiental>

En la ilustración 2.25, se muestra la portada de la Escape Room creada.



Ilustración 2.25. Inicio Escape Room.

### 2.2.2. Antes del inicio de la dinámica.

Para poder asegurar que la dinámica de la Escape Room se lleve a cabo de la manera correcta, antes de su realización, el docente deberá explicar a los participantes las instrucciones o reglas que deberán seguir. Estas indicaciones son:

- Los jugadores disponen de un tiempo límite para la realización de la dinámica, de 1 hora. Para saber en todo momento el tiempo restante, disponen de un temporizador de cuenta atrás, en la esquina inferior derecha de la Escape Room virtual.
- Es necesaria la utilización de papel y utensilios de escritura durante la sesión. Algunos retos necesitan la utilización de estos para poderse llevar a cabo.
- No es necesario traer calculadora, normativas o apuntes de la asignatura. Si en alguna prueba se necesitasen, el propio programa los facilitaría.
- La realización de la dinámica se hará en parejas. En casos excepcionales, se podrá realizar la actividad de manera individualizada, o en grupos más grandes.
- Es importante que exista un ambiente de silencio. La comunicación y cooperación dentro del equipo tendrá que ser lo más silenciosa posible.
- Los equipos compiten para ver quien acaba antes la Escape Room. El ganador será aquel equipo que haya podido superar todos los retos correctamente en el menor tiempo posible.
- No se puede revelar ninguna solución ni ayudar a ningún miembro de otro equipo. La comunicación entre equipos está totalmente prohibida.
- Se escogerá a un miembro de cada grupo como líder del grupo. Solo este miembro podrá comunicarse con el profesor.

- En caso de que los equipos necesiten ayuda para la realización de una prueba, el líder del grupo deberá comunicárselo al docente. La ayuda que recibirán del profesor será una pista adicional. Deben saber que nunca obtendrán la solución a la prueba que estén realizando para que no haya desventajas con los demás equipos.
- Antes del inicio de la dinámica, los jugadores deberán familiarizarse con la plataforma digital Genially. Para ello, el docente hará una pequeña explicación sobre la plataforma y aquellos aspectos de relevancia para realizar con éxito la Escape Room virtual.
- Todos los cálculos que se hayan hecho para las distintas pruebas o juegos deberán ser entregados al profesor. Así, se asegurará de que todos los estudiantes han realizado las pruebas sin haber hecho trampas.
- Se deberá remarcar que el funcionamiento de la Escape Room sigue un modelo abierto. De manera que, se pueden visitar las distintas salas sin seguir un orden.

### **2.2.3. Introducción de la Escape Room virtual.**

El Escape Room realizado contiene 7 juegos o pruebas. La finalidad de estos juegos es profundizar y repasar los conocimientos que se han ido adquiriendo durante el cuatrimestre sobre Gestión del Ruido Ambiental de la asignatura de Gestión del Ruido Ambiental y de la Industria.

Esta técnica de gamificación permite interrelacionar pruebas a partir de un contexto que crea el diseñador de la presentación. Para mantener la motivación de los jugadores durante todo el proceso, se les encierra en una habitación, en este caso virtual, dónde deberán escapar dentro de un tiempo establecido. A medida que se van resolviendo las pruebas, los jugadores van obteniendo más información sobre la historia que contextualiza la Escape Room.

El contexto de esta Escape Room se desarrolla en Plastix, una planta industrial de molienda de plástico y sus alrededores. Cristina, una trabajadora de una consultoría tecnológica, debe brindar al consejero delegado de la empresa (CEO de sus siglas en inglés - Chief Executive Officer) asesoramiento sobre posibles soluciones a problemas de ruido debido a que la planta industrial supera los objetivos de calidad acústica indicados en la Ley del Ruido de Castilla y León.

La reunión entre el CEO de Plastix y Cristina se realiza en una sala de reuniones en el edificio de oficinas de la planta industrial. Para poder acceder a esta sala se necesita una contraseña que únicamente sabe la secretaria. La secretaria llamó a Cristina y a su equipo para darles la contraseña que les daría acceso. Una hora y media antes de la reunión Cristina, estando en la planta industrial, se da cuenta de que ni ella, ni nadie de su equipo anotó la contraseña, y de



que nadie se acuerda de ella. La secretaria no está, ni tampoco coge el teléfono.

La misión de esta Escape es ayudar a Cristina a encontrar la manera de poder acceder a la sala para reunirse con el CEO y finalizar su trabajo. La realización correcta de cada uno de los 7 juegos proporciona un símbolo que lleva en el interior un dígito de la contraseña.

En la ilustración 2.26 y 2.27, se presentan las dos páginas que encuentran los jugadores al empezar la Escape Room y que sirven para contextualizar.



Ilustración 2.26. Contextualización 1.

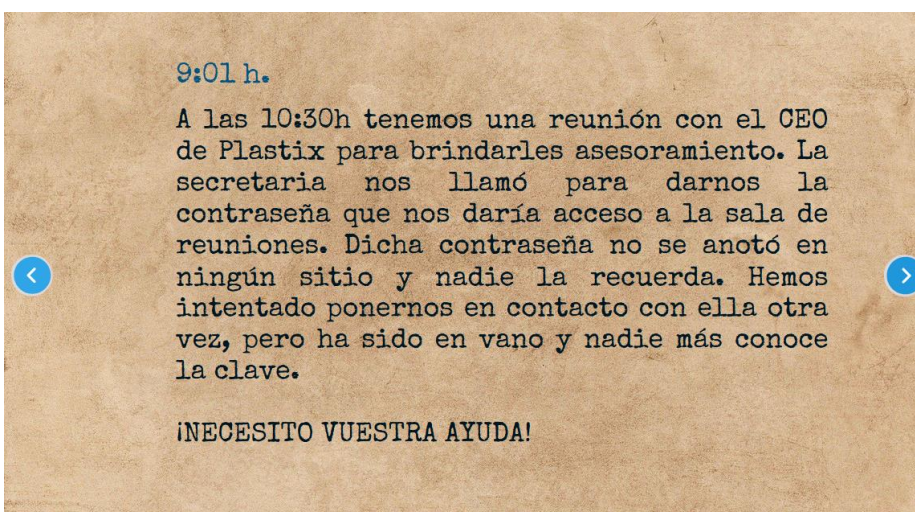


Ilustración 2.27. Contextualización 2.

Además, en la ilustración 2.26, debajo de la fotografía que correspondería a una foto de una Cristina ficticia, si se observa detenidamente se pueden ver

unos símbolos que están difuminados con el fondo de la presentación. Estos símbolos dan el orden de los dígitos de la contraseña que habrá que introducir en el candado digital que dará acceso a la sala de reuniones. Los símbolos son un elemento cuya interactividad es de tipo ventana. En la ilustración 2.28, se muestra la ventana que aparece al hacer clic en el elemento, la visualización de los símbolos de manera nítida.



Ilustración 2.28. Símbolos de la Escape Room.

Habrán jugadores que mientras estén leyendo la introducción, y en concreto la ilustración 2.26, no serán capaces de percibir estos símbolos debido a que, están difuminados con el fondo. Para que todos los jugadores puedan encontrar este elemento, existe una pista que se detallará más adelante que remite a las páginas de introducción, por lo que los jugadores que no hayan visto anteriormente los símbolos tendrán la oportunidad de percibirlos.

Una vez que los jugadores han sido contextualizados en el lugar y tiempo concretos, son llevados a la recepción del edificio de oficinas. En la ilustración 2.29, se visualiza dicha recepción.



Ilustración 2.29. Recepción del edificio de oficinas.

## Diseño de una Escape Room basada en la Gestión del Ruido Ambiental

Los juegos se encuentran en cuatro zonas o áreas distintas de la planta industrial y sus alrededores. Estas zonas son: el edificio de oficinas (la recepción y las mesas de trabajo), la planta industrial, el área educativa y el área residencial. Para movernos entre zonas, los jugadores deberán seleccionar el icono mostrado en la ilustración 2.30, que les conducirá a un mapa que contiene las cuatro áreas, ilustración 2.31. Los jugadores pueden moverse por las distintas áreas al hacer clic en ellas.



Ilustración 2.30. Icono que conduce al mapa con las distintas zonas.

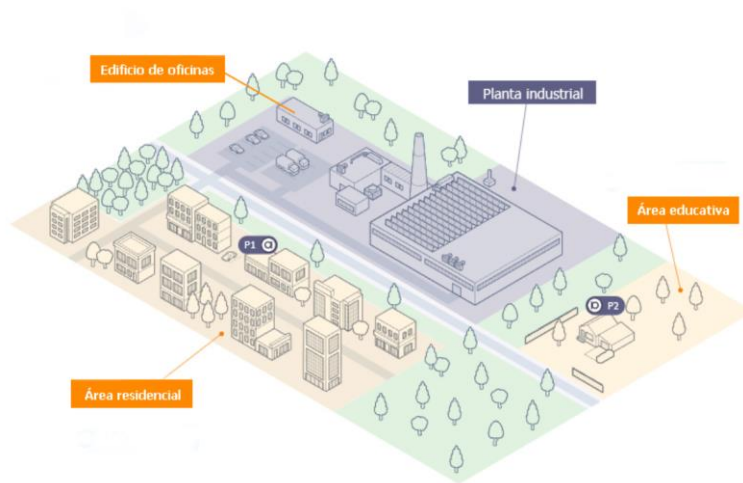


Ilustración 2.31. Mapa con las distintas zonas o salas de la Escape Room.

Cada área contiene uno o varios juegos, detallados a continuación:

### Edificio de oficinas

Dentro del edificio de oficinas existen dos salas: la recepción y las mesas de trabajo.

### Recepción

La recepción, ilustración 2.29, contiene dos elementos interactivos que se deben enfatizar: un candado digital y el aire acondicionado. El candado digital está situado al lado de una puerta de cristal en la recepción. Este candado, ilustración 2.32, da acceso a la sala de reuniones cuando se le introduce una contraseña. Esta contraseña está compuesta por los números y símbolos que incluyen los juegos al realizarlos correctamente.





Ilustración 2.32. Candado digital de la recepción.

El aire acondicionado está situado en la pared de la recepción. Al seleccionarlo los jugadores son llevados a un juego llamado “Fuentes de Ruido”.

### Juego 1: Fuentes de Ruido.

La finalidad de este juego es que los estudiantes repasen los conocimientos de la materia sobre superposición de fuentes de ruido. Durante las clases de teoría se explicó a los alumnos que cuando dos fuentes de ruido producen la misma presión sonora en un punto, el nivel de presión sonora total en dicho punto es el nivel de presión sonora de las fuentes más tres decibelios. También se vio que, si la diferencia de niveles de presión sonora en un punto debido a dos fuentes de ruido es mayor de diez decibelios, el nivel de presión sonora total en dicho punto es el nivel de presión sonora de la fuente de ruido que mayor nivel produce.

El problema se plantea a través de una pregunta, tal como se observa en la ilustración 2.33.

**Existen 4 fuentes de ruido en la recepción que emiten 50, 61, 61 y 64 dBA. ¿Cuál es el nivel de ruido total?**



Ilustración 2.33. Calculadora juego Fuentes de Ruido.

Aplicando estos conocimientos, la solución a este juego es un nivel de ruido total de 67 dBA. Los pasos para obtener dicho nivel han sido:

1. Se cogen la fuente de 50 dBA y 61 dBA y se calcula la diferencia, 11 dBA. Al ser esta diferencia mayor que 10 dBA, la fuente de ruido que produce menor nivel de presión sonora se desprecia por lo que, la presión sonora total al superponer estas dos fuentes de ruido es de 61 dBA.
2. A los 61 dBA obtenidos anteriormente se añade una nueva fuente de ruido de 61 dBA. Como tienen el mismo nivel de ruido, el nivel de presión sonora total es de 64 dBA.
3. A los 64 dBA se añade otra fuente de ruido de 64 dBA. Al tener el mismo nivel de presión sonora, el nivel de presión sonora total de las cuatro fuentes en un punto es de 67 dBA.

Los jugadores deben introducir los dígitos en la calculadora, ilustración 2.33. Si introducen correctamente los dígitos, los jugadores superan el juego y consiguen un símbolo y un número. En la ilustración 2.34, se observa el símbolo y el número que desbloquean los jugadores al superar la prueba.

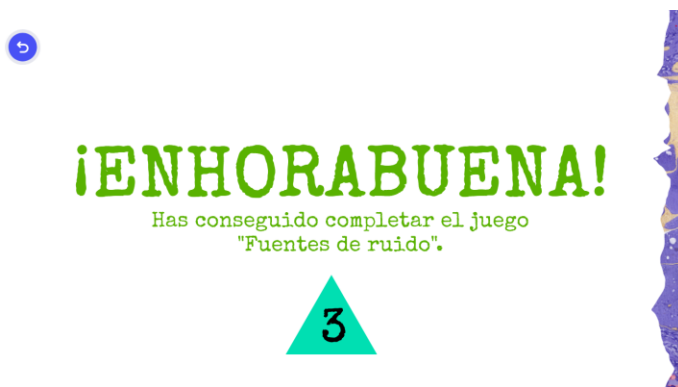


Ilustración 2.34. Número y símbolo al superar el juego "Fuentes de ruido".

Si los jugadores introducen erróneamente los dígitos, no desbloquean ninguna pista, sino que, les aparece un mensaje de error en el que tienen dos opciones: volver a empezar el juego o volver a la sala en la que empezaron el reto, en este caso, la sala de reuniones. En la ilustración 2.35, se observa el mensaje de error que aparece al introducir erróneamente el resultado del nivel de ruido en la calculadora.



# ERROR

VUELVE A EMPEZAR >



Ilustración 2.35. Mensaje de error en el juego “Fuentes de ruido”.

Para poder pasar de la sala de recepción a la de las mesas de trabajo, el jugador debe percatarse de que en la recepción hay un pasillo. En la ilustración 2.36, se señala con una circunferencia roja el pasillo que da acceso a la sala de mesas de trabajo.



Ilustración 2.36. Pasillo de entrada a la sala de mesas de trabajo.

Sala con mesas de trabajo.

En la ilustración 2.37 se muestra la sala con las mesas de trabajo.



Ilustración 2.37. Pasillo de entrada a la sala de mesas de trabajo.

En esta sala existen tres elementos interactivos que son relevantes. El primero es un mensaje secreto situado en la pizarra derecha de la sala, ilustración 2.38.

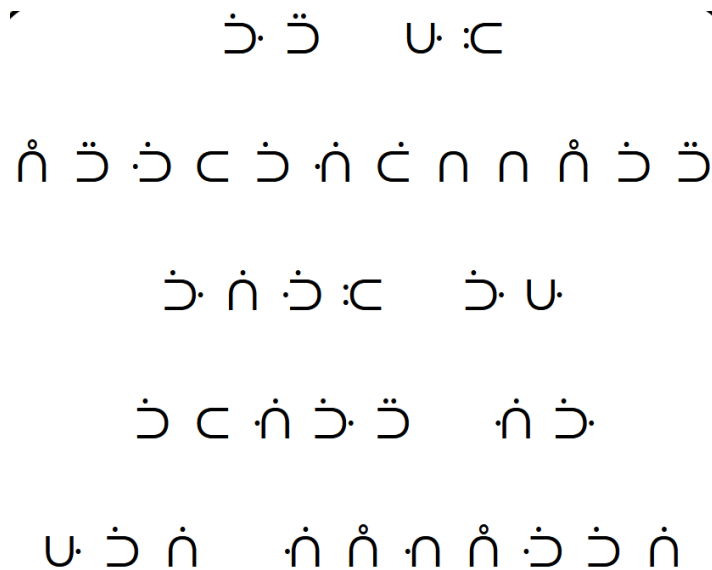


Ilustración 2.38. Mensaje secreto a partir de símbolos Cave Story. Fuente: <http://www.theteachersroom.net/secretmessage/secretmessage.html>

Para poder descifrar el mensaje los jugadores deben seleccionar en el segundo elemento, un papel arrugado ubicado en una de las mesas de trabajo. Este papel contiene los símbolos del mensaje y otros más ordenados alfabéticamente, ilustración 2.39. Por lo tanto, la letra A corresponderá al primer símbolo situado en la primera casilla de la fila superior y así hasta la letra Z situada en la última casilla de la fila inferior.

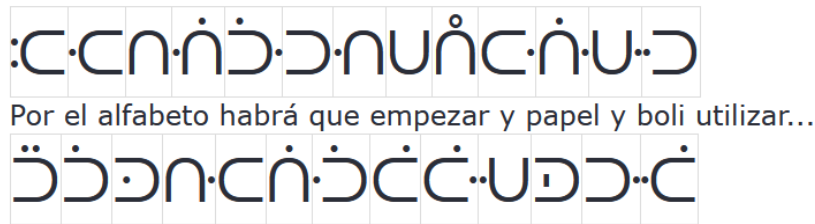


Ilustración 2.39. Símbolos ordenados alfabéticamente.

Al descifrar el mensaje se obtiene el siguiente texto: “En la introducción esta el orden de los dígitos”. Esta pista permite que los jugadores que no se hayan dado cuenta de los símbolos ocultos en las páginas de introducción, vuelvan al principio y se fijen en ellos. Estos símbolos son una pieza fundamental de la Escape Room ya que, dan el orden en el que se deben de introducir los números en el candado digital que dará acceso a la sala de conferencias.

El tercero de ellos son unas gafas de lectura, situadas en una de las mesas de trabajo. Estas gafas dan acceso al juego “Test de conocimiento”.

### **Juego 2: Test de conocimiento.**

En esta prueba los estudiantes deben recordar conceptos teóricos de la asignatura. Estos conceptos son: la definición del índice de inmisión, las propiedades de la intensidad acústica, las ventajas de utilizar la escala logarítmica con valores de referencia concretos y la definición de curvas isofónicas.

En la ilustración 2.40, se muestra la primera pregunta tipo test del juego donde los jugadores deben seleccionar de las tres posibles respuestas, la opción que defina el índice de inmisión. La solución a esta pregunta es la opción A.



## 1. ¿Cuál es la definición para el índice de inmisión?

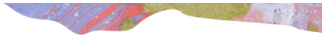
A. Índice acústico relativo a la contaminación acústica existente en un lugar durante un tiempo determinado.

B. Índice acústico relativo a la contaminación acústica existente generada por un emisor.

C. Índice acústico relativo a la contaminación acústica futura en un lugar y un tiempo determinado.

Ilustración 2.40. Definición índice de inmisión.

Al seleccionar esta respuesta los jugadores pasan a la pregunta 2. Esta pregunta trata sobre las propiedades de la intensidad acústica. En concreto, los estudiantes deben seleccionar, de las tres afirmaciones que se presentan, la que crean que es errónea sobre la intensidad acústica (ilustración 2.41). La respuesta a la pregunta 2 es la opción C debido a que, para una onda plana la intensidad no es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia.



## 2. ¿Cuál de estas afirmaciones es incorrecta con respecto a la intensidad acústica?

A. Se define como la cantidad de energía sonora transmitida en una dirección determinada por unidad de área.

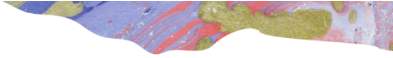
B. Para una onda esférica la intensidad es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia.

C. Para una onda esférica, así como para una onda plana, la intensidad es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia.

Ilustración 2.41. Características sobre intensidad acústica.

Al seleccionar esta opción, los jugadores pasan a una tercera pregunta que trata sobre qué niveles se pueden igualar cuando la escala logarítmica toma

como valores de referencia una presión y una intensidad umbral, ilustración 2.42.



3. ¿Cuál de estas afirmaciones con respecto a la escala logarítmica es correcta? Tome como valores de referencia  $P_{ref} = 2 \cdot 10^{-5}$  Pa e  $I_{ref} = 10^{-12}$  W/m<sup>2</sup> ?

A. El nivel de potencia es igual al nivel de intensidad.

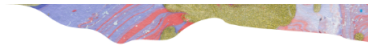
B. El nivel de potencia es igual al nivel de presión sonora.

C. El nivel de intensidad es igual al nivel de presión sonora.

Ilustración 2.42. Niveles en escala logarítmica.

La afirmación correcta a la pregunta es la C.

Para terminar, si los jugadores responden correctamente a estas tres preguntas pasan a una última pregunta sobre la definición de curva isofónica, ilustración 2.43.



4. ¿Cuál de estas afirmaciones con respecto a las curvas isofónicas es correcta?

A. Representan cómo debe variar el nivel de intensidad para producir la misma sensación sonora a diferentes frecuencias.

B. Representan cómo debe variar el nivel sonoro de tonos puros para producir la misma sensación sonora a diferentes frecuencias.

C. Representan cómo debe variar el nivel de potencia para producir la misma sensación sonora a diferentes frecuencias.

Ilustración 2.43. Definición curva isofónica.

La opción correcta sobre curvas isofónicas es la respuesta B.



Si responden bien a esta pregunta, desbloquean el juego y consiguen otro de los dígitos de la contraseña con un símbolo (ilustración 2.44).



# ¡ENHORABUENA!

Has conseguido completar el juego "Test de Conocimiento".



Ilustración 2.44. Número y símbolo al superar el juego "Test de conocimiento".

En cambio, si responden erróneamente a alguna de las preguntas, los jugadores son conducidos a un mensaje de error en el que tienen dos opciones: volver a la sala de mesas de trabajo o empezar desde un principio el juego.

### Planta industrial

En la Escape Room educativa la zona de la planta industrial está representada por un molino de plástico en funcionamiento en el interior de la planta de producción, ilustración 2.45.



Ilustración 2.45. Sala del molino de plástico en la planta industrial.



En esta sala, el elemento interactivo más importante es una pieza de plástico que está dentro del saco del granulado de plástico. Al seleccionar esta pieza, los jugadores son conducidos al juego “Mapa de ruido”.

### Juego 3: Mapa de Ruido.

La finalidad de este juego “Mapa de Ruido” es aportar a los participantes conocimientos sobre el caso práctico. En concreto, que aprendan a identificar aquellas fuentes de ruido que mayor nivel de potencia sonora producen en el periodo nocturno, y también las fuentes de ruido dominantes en los puntos P1 y P2 de estudio, situados en el área residencial y educativa, en dicho periodo de tiempo.

El enunciado del reto empieza con la ilustración 2.46. En esta, se muestran a los estudiantes todas las fuentes que producen ruido durante la noche. Como se vio en el caso práctico, durante la noche las principales fuentes de ruido son 9.

### Las fuentes que producen ruido en la planta industrial durante la noche son las siguientes:



Ilustración 2.46. Principales fuentes de ruido durante la noche en la planta industrial del juego “Mapa de ruido”.

Para poder luego comprender el mapa de ruido de la planta industrial y sus alrededores, los jugadores deben localizar dónde están las fuentes de ruido dentro de la planta industrial. Para ello, si seleccionan una de las fuentes de ruido de la ilustración 2.46, se les aparece un mapa con la ubicación de la fuente de ruido que han seleccionado. Un ejemplo, es el de la ilustración 2.47, dónde se indica a los participantes dónde está el estacionamiento dentro de la planta industrial.

## Diseño de una Escape Room basada en la Gestión del Ruido Ambiental

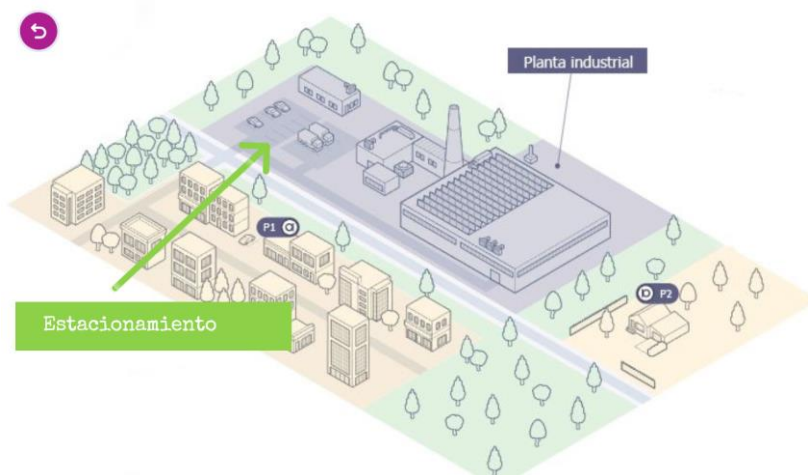


Ilustración 2.47. Localización de la fuente estacionamiento del juego “Mapa de ruido”.

Una vez localizadas las fuentes de ruido los participantes pasan a la ilustración 2.48, donde deben analizar el diagrama de barras con los niveles de inmisión de las fuentes de ruido en el punto P1 durante la noche.

**Diagrama de barras con el nivel de inmisión de las fuentes de ruido en el punto P1 (área residencial) durante la noche:**

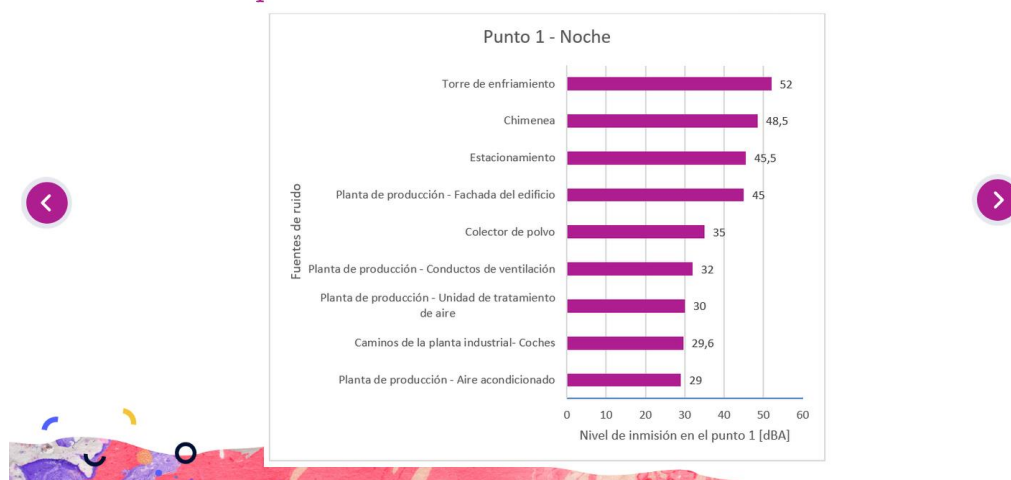


Ilustración 2.48. Diagrama de barras con los niveles de inmisión en el punto P1 del juego “Test de conocimiento”.

A continuación, deben responder a la primera pregunta tipo test del reto, en la que se les pregunta cuáles son las tres fuentes de ruido dominantes de ruido del anterior diagrama, ilustración 2.49.

## 1. ¿Cuáles son las tres fuentes dominantes de ruido en el punto P1 durante la noche?

←

A. La chimenea, la torre de enfriamiento y la fachada del edificio de la planta de producción.

B. La chimenea, la torre de enfriamiento y el estacionamiento.

C. Colector de polvo, la fachada del edificio de la planta industrial y la chimenea.




Ilustración 2.49. Pregunta 1 tipo test del juego “Mapa de ruido”.

La solución a la pregunta es la respuesta B: la chimenea, la torre de enfriamiento y el estacionamiento.

A continuación, se les muestra otro diagrama de barras con el nivel de inmisión de las tres fuentes de ruido dominantes en el punto P2 durante la noche, ilustración 2.50.

### Diagrama de barras con el nivel de inmisión de las tres fuentes dominantes de ruido en el punto P2 (área educativa) durante la noche:

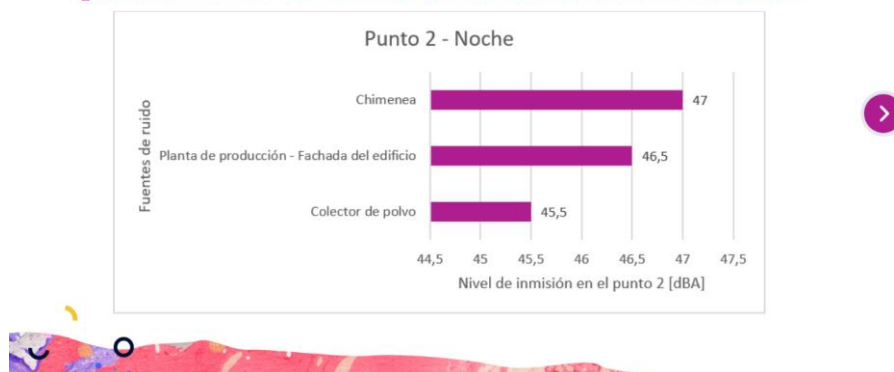


Ilustración 2.50. Diagrama de barras con los niveles de inmisión en el punto P2 del juego “Test de conocimiento”.

Así como el mapa de ruido de la planta industrial y sus alrededores, ilustración 2.51.

## Mapa de ruido durante la noche.

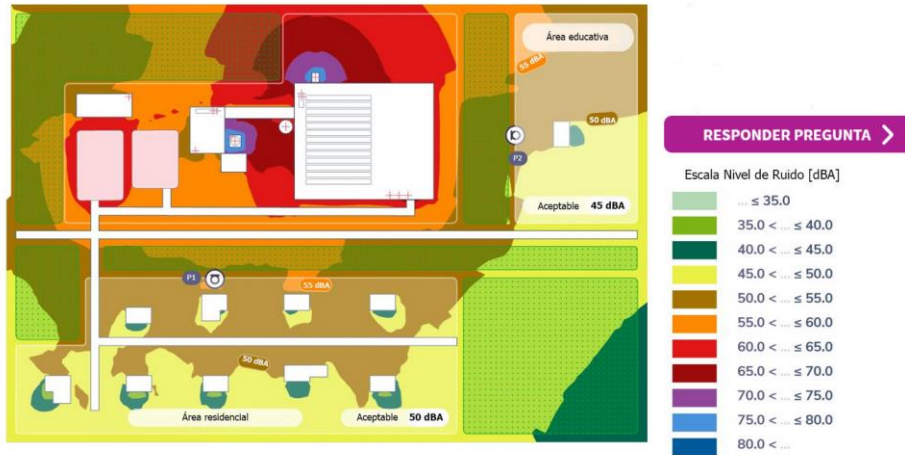


Ilustración 2.51. Mapa de ruido del juego "Mapa de ruido".

Por último, se les pregunta por las fuentes de ruido que mayor nivel de ruido producen en la planta industrial en la ilustración 2.52.

Según el mapa de ruido y los diagramas de barras de los niveles de inmisión responde: [AYUDA >](#)

2. ¿Cuáles son las fuentes de ruido que mayor ruido producen?

A. La chimenea, la torre de enfriamiento, la fachada del edificio de la planta de producción y el colector de polvo.

B. La chimenea, la torre de enfriamiento, el estacionamiento y los caminos de la planta industrial debido a los coches.

C. La chimenea, la torre de enfriamiento, el estacionamiento y el aire acondicionado de la planta de producción.

Ilustración 2.52. Pregunta 2 tipo test del juego "Mapa de ruido".

Para poder responder a la pregunta, los estudiantes deben recordar todo lo que han visto hasta ahora en el juego. En caso de que no se acuerden, si hacen clic en la etiqueta "AYUDA >" de la ilustración 2.52, aparecerá toda la información necesaria para responder a la pregunta que son: los dos diagramas de niveles de inmisión de las fuentes de ruido en los puntos P1 y P2 durante la noche, el mapa de ruido de la planta industrial y un mapa resumen de la localización de las fuentes de ruido. La opción correcta a la pregunta es la A: la chimenea, la

torre de enfriamiento, la fachada del edificio de la planta de producción y el colector de polvo.

Al completar el juego los jugadores desbloquean un nuevo símbolo y número. En la ilustración 2.53, se muestra el número ocho y la estrella que consiguen los participantes al completar el juego. En caso de que se conteste incorrectamente alguna de las dos preguntas, deberán empezar desde el principio el juego.



Ilustración 2.53. Número y símbolo al superar el juego “Mapa de ruido”.

### Área educativa

La sala del área educativa es una clase de un instituto (ilustración 2.54). Los elementos interactivos en esta sala son: la pelota de fútbol y la consola de videojuegos que conducen a los juegos “Selecciona la opción correcta” y “Resuelve el crucigrama”, respectivamente.



Ilustración 2.54. Clase de instituto del área educativa.



**Juego 4: Selecciona la opción correcta.**

El juego consiste en seleccionar en una gráfica, o un conjunto de gráficas, la respuesta que pide el enunciado.

En la primera gráfica, los jugadores deben seleccionar el nivel de exposición sonora (SEL). Este nivel es el área rayada en forma rectangular de la ilustración 2.55, cuya duración es de un segundo.

En esta gráfica se representa el nivel de presión sonora en función del tiempo.

1. Selecciona el nivel de exposición sonora (SEL).

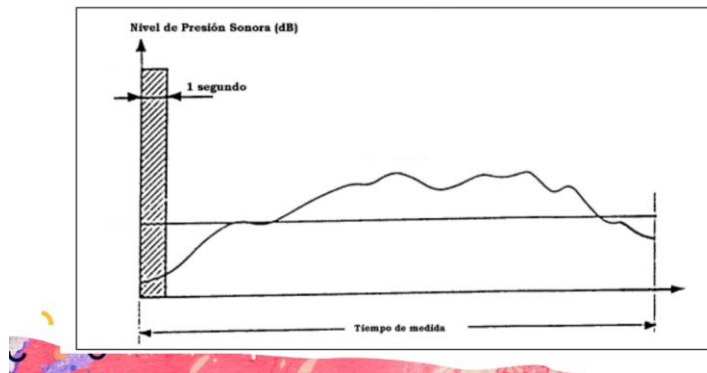


Ilustración 2.55. Selección del nivel de exposición sonora (SEL).

Al seleccionar sobre el rectángulo, los jugadores pasan a otra prueba donde deben seleccionar el nivel sonoro equivalente (Leq). Este nivel está representado con una línea horizontal en la gráfica de la ilustración 2.56.

2. Selecciona el nivel sonoro equivalente (Leq).

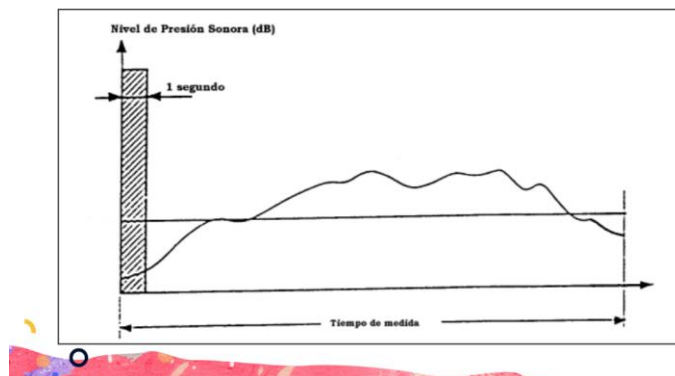


Ilustración 2.56. Selección del nivel sonoro equivalente (Leq).

La selección de este nivel equivalente lleva a los estudiantes a una tercera prueba donde deben escoger entre tres gráficas aquella que represente un ruido fluctuante, ilustración 2.57.

3. Selecciona de estas gráficas la que representa un ruido fluctuante .

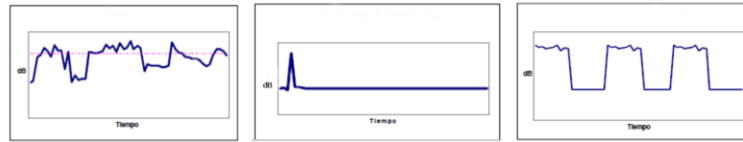


Ilustración 2.57. Selección del ruido fluctuante.

La solución a esta prueba es la selección de la gráfica de la izquierda. Esta conduce a la última prueba del juego donde los jugadores deben escoger entre tres gráficas aquella que represente un ruido impulsivo simple (ilustración 2.58). La solución a esta prueba es la gráfica del centro.

4. Selecciona la gráfica que representa un ruido impulsivo simple .

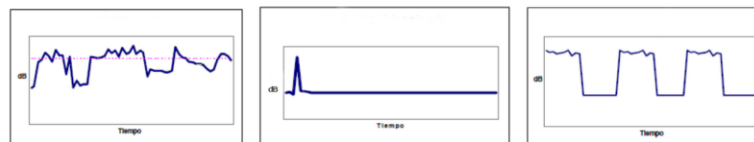


Ilustración 2.58. Selección del ruido impulsivo simple.

Al elegir el ruido impulsivo simple, los estudiantes acaban exitosamente el juego desbloqueando un nuevo número y símbolo. En la ilustración 2.59, se muestra el mensaje de enhorabuena con el símbolo y el número que reciben los jugadores al superar el juego.

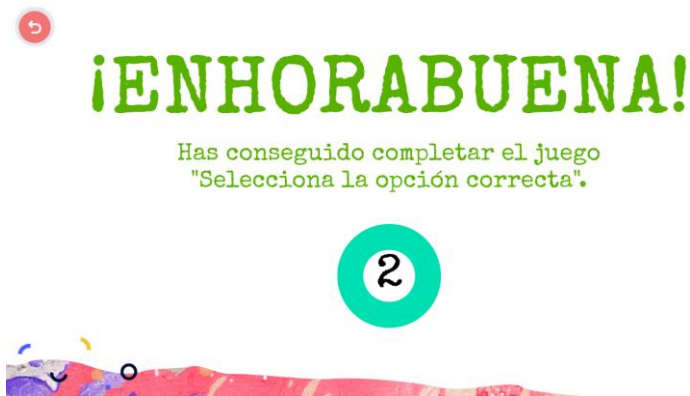


Ilustración 2.59. Número y símbolo al superar el juego “Selecciona la opción correcta”.

Si durante las pruebas se selecciona alguna gráfica que no tiene relación con el enunciado y se responde incorrectamente, el juego se bloquea apareciendo un mensaje de error. En este caso, para poder superar el juego los jugadores tienen que volver a empezar desde el principio.

#### Juego 5: Resuelve el crucigrama.

El siguiente juego tiene como propósito dar pistas a los estudiantes sobre posibles soluciones al problema acústico que sufre la planta industrial. Para ello, los jugadores deben resolver el siguiente crucigrama:

**Horizontales**

4 Atenúa el ruido al introducirse en un conducto: \_\_\_\_\_.

5 Se instala a una altura determinada dentro de un espacio: \_\_\_\_\_ acústico.

**Verticales**

1 Sinónimo de barreras acústicas: \_\_\_\_\_ acústicas.

2 Sirve para reducir el ruido de rodadura: \_\_\_\_\_ fonorreductor.

3 Sinónimo de encapsulamiento: \_\_\_\_\_ acústico.

Ilustración 2.60. Crucigrama sobre soluciones acústicas.



El crucigrama tiene cinco cuadrados sombreados con un color verde menta y un hexágono con el mismo color. Al completar el crucigrama, se obtienen de estos cuadrados cinco letras que si se ordenan dan la palabra “cinco”. Este es el número que los jugadores obtienen al completar correctamente el juego, así como el símbolo correspondiente.

Como pista adicional, se facilita una sopa de letras con las palabras del crucigrama, ilustración 2.61.



Ilustración 2.61. Sopa de letras sobre soluciones acústicas. Fuente: <https://www.educima.com/wordsearch.php>

La solución a la sopa de letras es la ilustración 2.62.

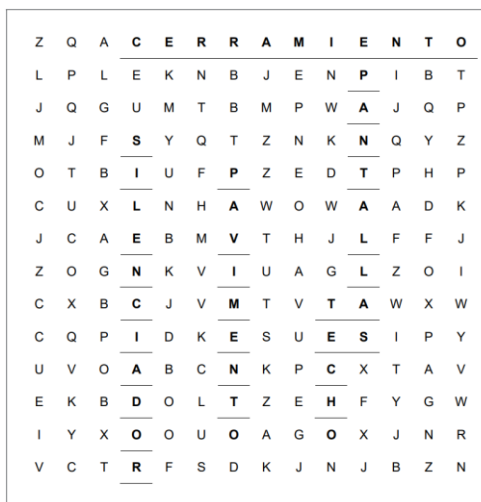
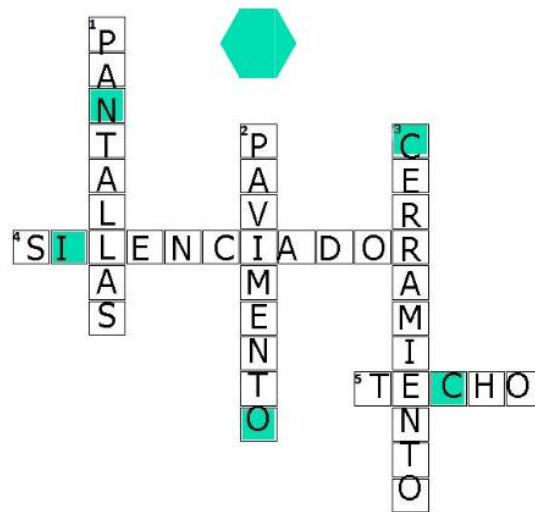


Ilustración 2.62. Solución sopa de letras sobre soluciones acústicas. Fuente: <https://www.educima.com/wordsearch.php>

Finalmente, la solución al crucigrama se muestra en la ilustración 2.63.



**Horizontales**

- 4 Atenua el ruido al introducirse en un conducto: \_\_\_\_\_
- 5 Se instala a una altura determinada dentro de un espacio: \_\_\_\_\_ acústico.

**Verticales**

- 1 Sinónimo de barreras acústicas: \_\_\_\_\_ acústicas.
- 2 Sirve para reducir el ruido de rodadura: \_\_\_\_\_ fonorreductor.
- 3 Sinónimo de encapsamiento: \_\_\_\_\_ acústico.

Ilustración 2.63. Solución del crucigrama sobre soluciones acústicas.

Área residencial

La imagen que se proyecta del área residencial en el Escape Room, y que se observa en la ilustración 2.64, es el exterior de una vivienda. En ella existen dos elementos interactivos relevantes. Uno es el paquete que hay al lado de la puerta que conduce al juego “Niveles de Ruido” y el otro la lámpara, que contiene el juego “Problema de pantallas acústicas”.



Ilustración 2.64. Exterior de la vivienda en el área residencial de la Escape Room.

### Juego 6: Niveles de ruido.

La finalidad de este reto es que los jugadores se familiaricen y comprendan el caso práctico. En la introducción se les explicó que la planta industrial excedía los niveles de ruido permisibles por la Ley de Ruido de Castilla y León, pero no se les presentó ningún dato.

En este juego se presentan cuatro datos de niveles de ruido durante la noche. A partir de estos, deben realizar los cálculos necesarios y dirigirse a la Ley del Ruido de Castilla y León para poder contestar a las preguntas que se les presentan más adelante.

En la ilustración 2.65 se observa la tabla que deben rellenar los participantes.

← Rellena la siguiente tabla y anota en un papel los resultados para contestar a las siguientes preguntas.

Período nocturno [dBA]		
Puntos de análisis	P1 - Área residencial	P2 - Área educativa
Nivel de ruido total, $L_{Aeq2m}$	56,9	51,4
Nivel de ruido de fondo, $L_{Aref}$	¿?	40,3
Nivel de ruido de la planta industrial, $L_{AeqT}$	54,8	¿?
Nivel de sonido permisible, $L_{perm}$ Área urbanizada, situación nueva	¿?	¿?
¿Se excede del valor límite?	¿?	¿?
¿Cuánto se supera? $\Delta L_A$	¿?	¿?

CONTESTAR PREGUNTAS >

Ilustración 2.65. Tabla de niveles de ruido. Fuente: Elaboración propia.

En la ilustración 2.66 se muestra la primera pregunta que se les realiza.

**1. El nivel de ruido de fondo en el punto P1, situado en el área residencial, es de:**

A. 53,2 dBA.

B. 52,8 dBA.

C. 51,9 dBA.



Ilustración 2.66. Pregunta tipo test 1 del juego “Niveles de Ruido”.

Para obtener la solución a dicha pregunta los jugadores deben realizar una resta logarítmica entre el nivel de ruido total y el nivel de ruido de la planta industrial para el punto P1 durante la noche. El valor al realizar el cálculo es de 52,8 dBA. Por lo tanto, la respuesta correcta es la B. Al seleccionar esta opción pasan a una nueva pregunta, que se muestra en la ilustración 2.67.

**2. El nivel de ruido de la planta industrial en el punto P2, situado en el área educativa, es de:**

A. 49,3 dBA.

B. 53,2 dBA.

C. 51,1 dBA.



Ilustración 2.67. Pregunta tipo test 2 del juego “Niveles de Ruido”.

Para poder contestarla los participantes deben realizar la resta logarítmica entre el nivel de ruido total y el nivel de ruido de fondo en el punto P2 durante la noche. El valor que se obtiene es de 51,1 dBA, opción C.

La tercera y cuarta pregunta del juego se muestran en las ilustraciones 2.68 y 2.69.

**3. La diferencia entre el nivel de ruido de la planta industrial y el nivel de sonido permisible en el punto P1, situado en el área residencial, es de:**

A. 3,6 dBA.

B. 4,8 dBA.

C. 5,1 dBA.



Ilustración 2.68. Pregunta tipo test 3 del juego “Niveles de Ruido”.

4. La diferencia entre el nivel de ruido de la planta industrial y el nivel de sonido permisible en el punto P2, situado en el área educativa, es de:

A. 6,1 dBA.

B. 4,9 dBA.

C. 2,3 dBA.



Ilustración 2.69. Pregunta tipo test 4 del juego “Niveles de Ruido”.

Para poder responder a las dos últimas preguntas, los participantes deben dirigirse al Anexo II, valores límite de niveles sonoros ambientales de la Ley del Ruido de Castilla y León para una situación nueva. Dentro del juego se dispone de esta Ley al seleccionar sobre la lupa de la ilustración 2.65. Los valores límite que se obtienen de dicha Ley para una situación nueva de un área urbanizada para la noche es de 45 dBA en el área educativa (tipo 1: área de silencio) y de 50 dBA en el área residencial (tipo 2: área levemente ruidosa).

La solución a la pregunta 3 es la resta algebraica entre el nivel de ruido de la planta industrial para el punto P1 situado en el área residencial y el valor límite sonoro ambiental de esta área durante la noche. El resultado es de 4,8 dBA, opción B.

La opción correcta a la pregunta 4 es la A, 6,1 dBA. Este valor se obtiene al realizar la resta algebraica entre el nivel de ruido de la planta industrial para el punto P2 situado en el área educativa y el valor límite sonoro ambiental de esta área durante la noche.

Si se contesta correctamente a todas las preguntas, el juego se desbloquea dando un número y un símbolo a los jugadores. En la ilustración 2.70 se muestra el número y símbolo que obtienen los jugadores al terminar el reto. Si se contesta incorrectamente, aparece un mensaje de error y los participantes deben volver a empezar desde el principio.

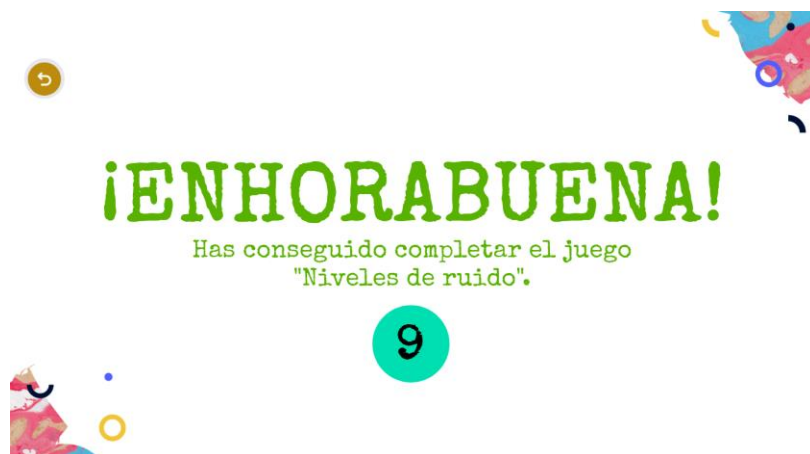


Ilustración 2.70. Número y símbolo al superar el juego “Niveles de ruido”.

### Juego 7: Problema de pantallas acústicas.

En este reto los participantes deben resolver un problema sobre pantallas acústicas utilizando el método de Kurze.

El enunciado del problema es el de la ilustración 2.71.

Determinar la reducción del nivel sonoro que habrá en la fachada del edificio a 3 y 7 metros sobre el nivel del suelo para la situación descrita en este dibujo. La fuente de ruido es la torre de enfriamiento situada a 59,6 metros de la fachada. Frecuencia de la onda 1kHz. Utiliza el método de Kurze.

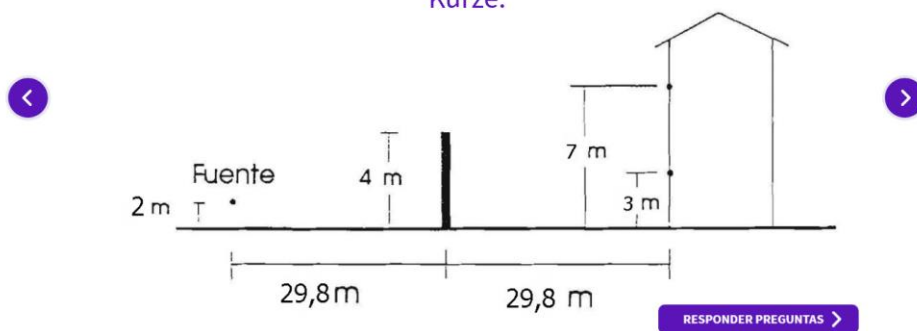
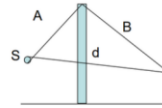


Ilustración 2.71. Enunciado del juego “Problema de pantallas acústicas”.

Para ayudar a los estudiantes a la resolución del problema, tienen a su disposición las fórmulas del método de Kurze. En la ilustración 2.72, se muestran estas fórmulas junto algunas pistas. Para este problema los estudiantes no necesitan traer calculadora, sino que se les facilita una al seleccionar la calculadora de la esquina inferior derecha de la ilustración.

## Método de Kurze

Camino preferencial:  $\delta = A + B - d$   
Utilizar Pitágoras para calcular A, B y d.



Número de Fresnel:  $N = 2\delta/\lambda$

$v = f \cdot \lambda$      $v = 340 \text{ m/s}$

Pérdidas por inserción:

$$IL = 5 + 20 \log \left[ \frac{\sqrt{2\pi N}}{\tanh(\sqrt{2\pi N})} \right]$$



Calculadora en Radianes

Ilustración 2.72. Enunciado 2 del juego “Problema de pantallas acústicas”.

La solución al problema de pantallas acústicas es la siguiente:

Para una altura del receptor de 3 m

Camino preferencial:

$$\delta = A + B - d = 29,87 + 29,82 - 59,61 = 0,08 \text{ m} \quad (\text{Eq.11})$$

$$A = \sqrt{29,8^2 + (4 - 2)^2} = 29,87 \text{ m} \quad (\text{Eq.12})$$

$$B = \sqrt{29,8^2 + (4 - 3)^2} = 29,82 \text{ m} \quad (\text{Eq.13})$$

$$d = \sqrt{59,6^2 + (3 - 2)^2} = 59,61 \text{ m} \quad (\text{Eq.14})$$

Número de Fresnel:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{340}{1000} = 0,34 \text{ m} \quad (\text{Eq.15})$$

$$N = \frac{2\delta}{\lambda} = \frac{2 * 0,08}{0,34} = 0,47 \text{ rad} \quad (\text{Eq.16})$$

$$\begin{aligned}
 IL &= 5 + 20 \log \left[ \frac{\sqrt{2 * \pi * N}}{\tanh(\sqrt{2 * \pi * N})} \right] = \\
 &= 5 + 20 \log \left[ \frac{\sqrt{2 * \pi * 0,47}}{\tanh(\sqrt{2 * \pi * 0,47})} \right] = 10,26 \text{ dB}
 \end{aligned}
 \tag{Eq.17}$$

Para una altura del receptor de 7 m.

Camino preferencial:

$$\delta = A + B - d = 29,87 + 29,95 - 59,81 = 0,01 \text{ m}
 \tag{Eq.18}$$

$$A = \sqrt{29,8^2 + (4 - 2)^2} = 29,87 \text{ m}
 \tag{Eq.19}$$

$$B = \sqrt{29,8^2 + (7 - 4)^2} = 29,95 \text{ m}
 \tag{Eq.20}$$

$$d = \sqrt{59,6^2 + (7 - 2)^2} = 59,81 \text{ m}
 \tag{Eq.21}$$

Número de Fresnel:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{340}{1000} = 0,34 \text{ m}
 \tag{Eq.22}$$

$$N = \frac{2\delta}{\lambda} = \frac{2 * 0,01}{0,34} = 0,059 \text{ rad}
 \tag{Eq.23}$$

$$\begin{aligned}
 IL &= 5 + 20 \log \left[ \frac{\sqrt{2 * \pi * N}}{\tanh(\sqrt{2 * \pi * N})} \right] = \\
 &= 5 + 20 \log \left[ \frac{\sqrt{2 * \pi * 0,059}}{\tanh(\sqrt{2 * \pi * 0,059})} \right] = 5,99 \text{ dB}
 \end{aligned}
 \tag{Eq.24}$$

Después de obtener las soluciones al problema, los jugadores deben contestar a las dos siguientes preguntas.

La primera de ellas se muestra en la ilustración 2.73.



## 1. ¿En qué altura se produce mayor pérdida de inserción?

A. Altura del receptor de 7 metros.

B. Altura del receptor de 3 metros.

C. Es indiferente debido a que la altura del receptor no influye en la pérdida de inserción.

Ilustración 2.73. Pregunta 1 tipo test juego “Problema de pantallas acústicas”.

La respuesta correcta a esta pregunta es la B.

Si contestan correctamente a esta pasan a la ilustración 2.74.

## 2. Si la pantalla acústica se colocase a 15 metros de la torre de enfriamiento en vez de 29,8 metros y la altura del receptor fuese de 3 metros. ¿Cuál de estas afirmaciones sería correcta?

A. La pantalla acústica produce una mayor atenuación.

B. La pantalla acústica produce una menor atenuación.

C. La atenuación es la misma debido a que solo importa la altura del emisor a la pantalla.

Ilustración 2.74. Pregunta 2 tipo test juego “Problema de pantallas acústicas”.

La respuesta a esta última es la opción A.

Al responder correctamente las dos preguntas tipo test los participantes completan el juego y obtienen un nuevo símbolo y número, tal y como se pone de manifiesto en la ilustración 2.75.



Ilustración 2.75. Número y símbolo al superar el juego "Problema de pantallas acústicas".

Una vez que se terminan con éxito todos los juegos, se descifra el mensaje secreto y se introduce la contraseña en el candado digital de la recepción, la dinámica está prácticamente acabada. Los jugadores pasan a la última sala, la sala de reuniones, ilustración 2.76.

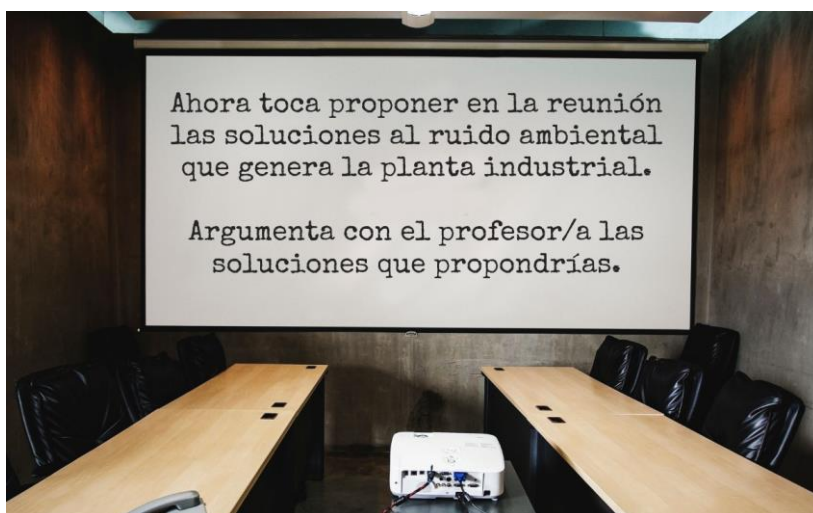


Ilustración 2.76. Sala de reuniones en la Escape Room.

En esta sala se realiza la última actividad, la finalidad de esta es argumentar con el docente las soluciones al problema acústico que han visto en la Escape Room. Estas soluciones son muy diversas y no todos los equipos de trabajo llegarán a las mismas. Para que todos los alumnos vean todas las posibles soluciones, al finalizar la dinámica, el docente les explicará todas las medidas existentes para reducir el problema acústico junto a una explicación completa de todas las actividades que han realizado durante la Escape Room. De esta manera, el profesor se asegura que todos los participantes hayan entendido todos los retos de la dinámica.



Además, se dejará un tiempo al acabar, para que los alumnos tengan la oportunidad de preguntar todas las dudas que les hayan surgido durante la realización de las actividades debido a que, durante la sesión el docente no puede responder ninguna duda que tenga que ver con la teoría de la asignatura, únicamente puede aportar pistas adicionales a los retos cuando alguno de los equipos se quede estancado.





# CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA Y RESULTADOS.





### **3.1. Resultados de la encuesta realizada para la evaluación de la Escape Room basada en la Gestión del Ruido Ambiental.**

La finalidad de este apartado es evaluar la dinámica que se ha diseñado anteriormente. Para ello, se ha realizado una encuesta a los alumnos de la asignatura de Gestión del Ruido Ambiental y de la Industria matriculados en el curso académico 2020/2021, con el propósito de conocer su opinión y valorar las aportaciones pedagógicas después de efectuar la actividad. Si tanto las aportaciones como las opiniones son buenas, se cumplirá el objetivo del presente Trabajo Fin de Grado y se podrá implementar la dinámica en los próximos cursos académicos.

La encuesta enviada a los estudiantes para evaluar la dinámica es una versión ampliada de la encuesta diseñada por la autora Inés Calvo Olmos en su Trabajo Fin de Grado “Introducción de la gamificación a la asignatura Gestión del Ruido Ambiental y de la Industria” (Calvo Olmos, 2020).

Los estudiantes que han realizado la Escape Room de manera voluntaria, han efectuado la actividad individualmente y no en parejas como se había recomendado en el apartado 2.2.2.

En total se han obtenido 3 respuestas a la encuesta. Puede parecer una cantidad poco representativa, pero si se compara con el número de alumnos matriculados en este curso, que era de 6 alumnos contando a la autora de la Escape Room, 3 respuestas es más que suficiente.

A continuación, se presentan las respuestas que se han obtenido para cada una de las preguntas de la encuesta realizada.

En la ilustración 3.1 se muestra la primera pregunta de la encuesta. En ella, se observa que el 100% de los participantes se sienten capacitados para enfrentarse a un problema acústico real tras cursar la asignatura. Esto significa que los laboratorios, seminarios, clases de teoría y actividades (incluyendo dos Escape Rooms: una en Gestión del Ruido Industrial y ésta en Gestión del Ruido Ambiental) ayudan a los estudiantes a saber enfrentarse a posibles problemas acústicos en la vida real.

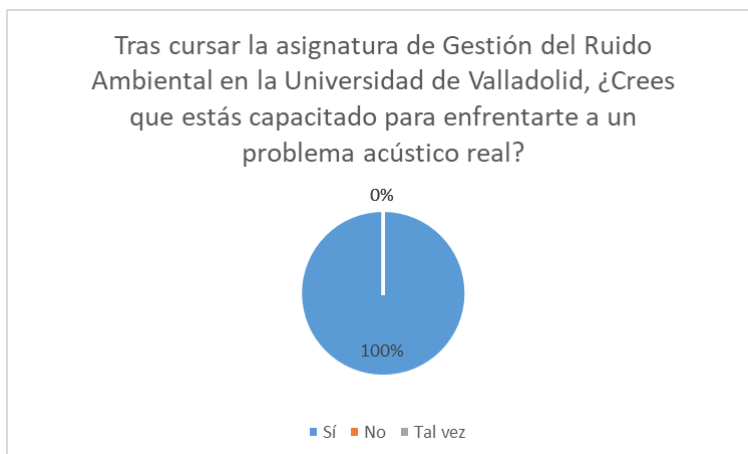


Ilustración 3.1. Encuesta Gestión del Ruido Ambiental (Cuestión 1).

En la segunda pregunta, ilustración 3.2, se les pregunta a los participantes si han conseguido resolver todos los retos o pruebas de la dinámica de Escape Room en un tiempo límite de 1 hora. El 100% de las respuestas ha sido "Sí", por lo que, tanto el tiempo como las pruebas que han realizado son asequibles para completar la dinámica.

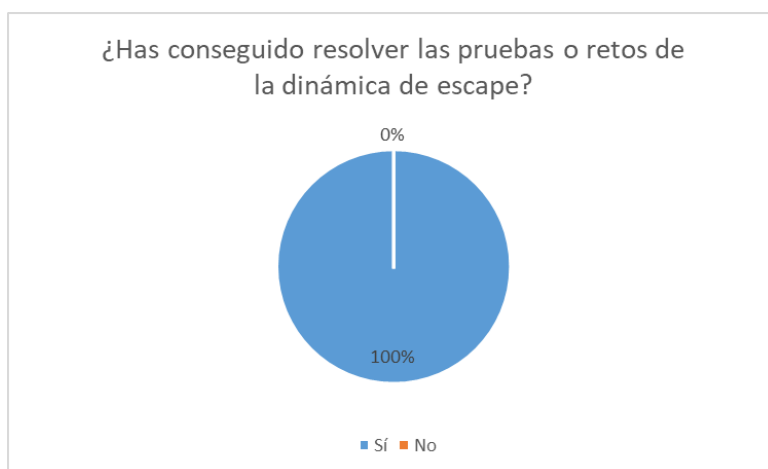


Ilustración 3.2. Encuesta Gestión del Ruido Ambiental (Cuestión 2).

La siguiente pregunta, ilustración 3.3, se realiza para evaluar la dificultad de las pruebas o retos. La puntuación 1 corresponde a la dificultad más baja y la 5 a la más alta. Los resultados obtenidos han sido dos respuestas con una puntuación de 3 y una respuesta con una puntuación de 4, que da un valor medio de 3,33 sobre 5. Como conclusión a esta cuestión se extrae que las pruebas son adecuadas. Si se hubiesen diseñado pruebas muy difíciles, se habría desmotivado a los participantes, debido a que no se sentirían con las capacidades ni las habilidades para resolverlas. Por el contrario, si se hubiesen



diseñado muy fáciles, los alumnos podrían aburrirse y perder la atención en la Escape Room.

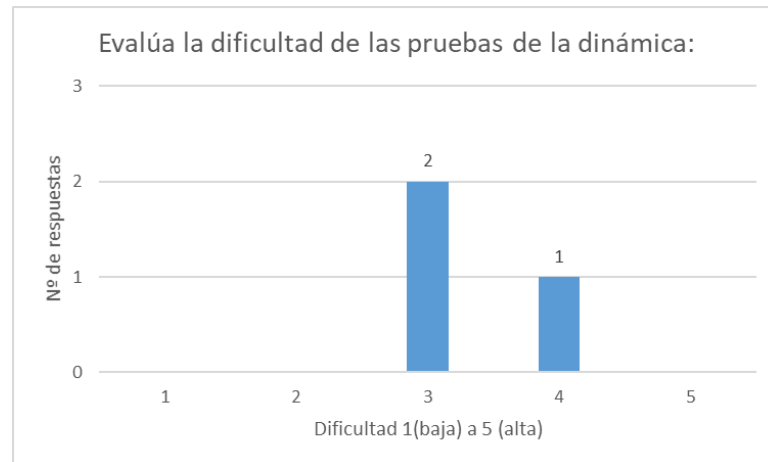


Ilustración 3.3. Encuesta Gestión del Ruido Ambiental (Cuestión 3).

En la ilustración 3.4 aparece la cuarta pregunta, dónde se pregunta a los participantes si la tecnología utilizada, la plataforma digital Genially, ha supuesto un problema para resolver las pruebas. Tras los resultados obtenidos, un 100% de respuestas “No”, se concluye que la plataforma Genially no ha supuesto ningún impedimento para la realización de la Escape Room siendo esta tecnología adecuada.

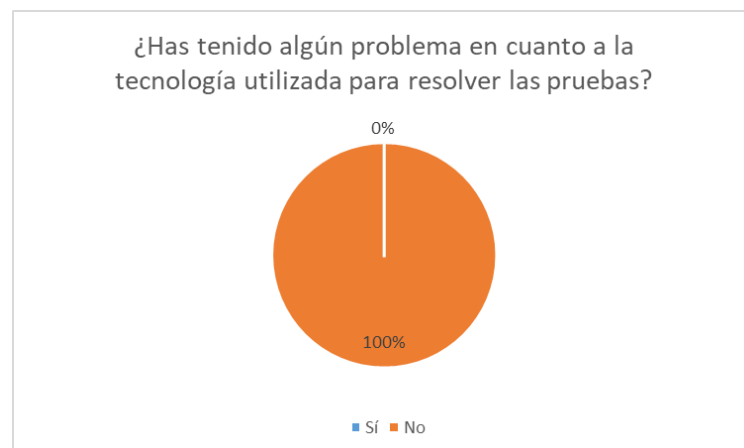


Ilustración 3.4. Encuesta Gestión del Ruido Ambiental (Cuestión 4).

A continuación, en la ilustración 3.5, se analiza el tipo de experiencia que han sentido los participantes al realizar la dinámica. El 100% de los encuestados consideran la experiencia de la Escape Room divertida de modo que, este tipo de actividad favorece la visión de los estudiantes hacía la asignatura.



Ilustración 3.5. Encuesta Gestión del Ruido Ambiental (Cuestión 5).

También se pregunta a los encuestados si les parece útil esta actividad para asentar los conocimientos prácticos de la asignatura. Si la puntuación es menor que 5 los estudiantes prefieren las clases normales antes que este tipo de actividades. Si la puntuación es mayor consideran útil estas actividades para asentar los conocimientos prácticos de la asignatura. La puntuación obtenida, ilustración 3.6, ha oscilado entre 8 y 10, con un valor medio de 9, por lo que la actividad de la Escape Room es útil para asentar los conocimientos prácticos.

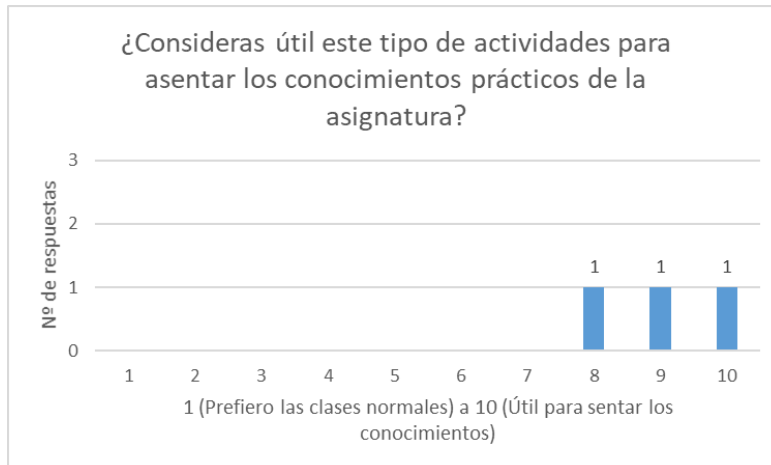


Ilustración 3.6. Encuesta Gestión del Ruido Ambiental (Cuestión 6).

La siguiente pregunta que se les plantea a los encuestados es si creen que realizando la Escape Room trabajan diferentes estilos de aprendizaje (ilustración 3.7). Se ha obtenido que los participantes sí que creen que la dinámica ayuda a trabajar diferentes estilos de aprendizaje, en consecuencia, esto permite profundizar y asentar mejor los conocimientos al utilizar distintas técnicas para desarrollarlos.

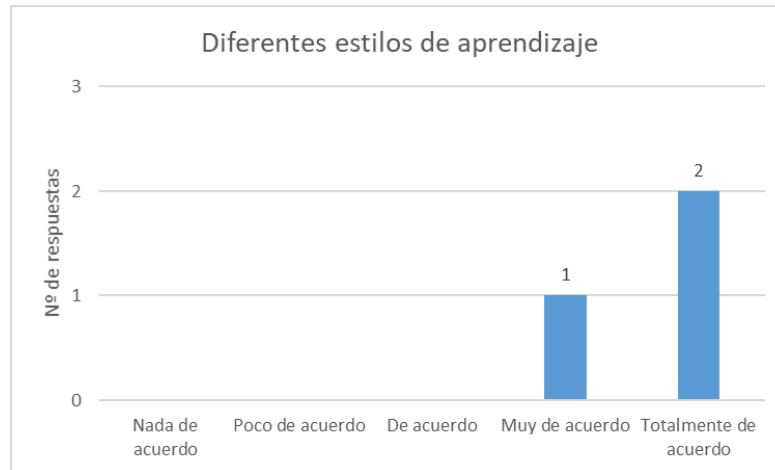


Ilustración 3.7. Encuesta Gestión del Ruido Ambiental (Cuestión 7).

La ilustración 3.8 corresponde a la pregunta de si la realización de la actividad ha conseguido motivar y captar la atención de los participantes. La mayoría ha valorado que la realización de la dinámica les ha motivado y ha captado su atención, de manera que el introducir este tipo de actividad puede ayudar a estimular a los estudiantes en la profundización de la asignatura.

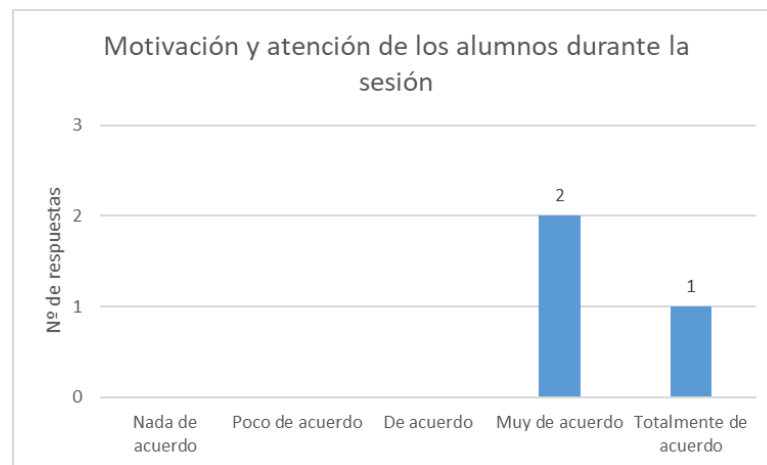


Ilustración 3.8. Encuesta Gestión del Ruido Ambiental (Cuestión 8).

Los participantes durante la ejecución de la dinámica han experimentado la sensación de logro, al obtenerse una valoración entre muy de acuerdo y totalmente de acuerdo en la cuestión 9 de la encuesta realizada, ilustración 3.9. Experimentar esta sensación motiva a los participantes a resolver más pruebas ya que, se ven capaces de solucionar cualquier reto.

## Diseño de una Escape Room basada en la Gestión del Ruido Ambiental

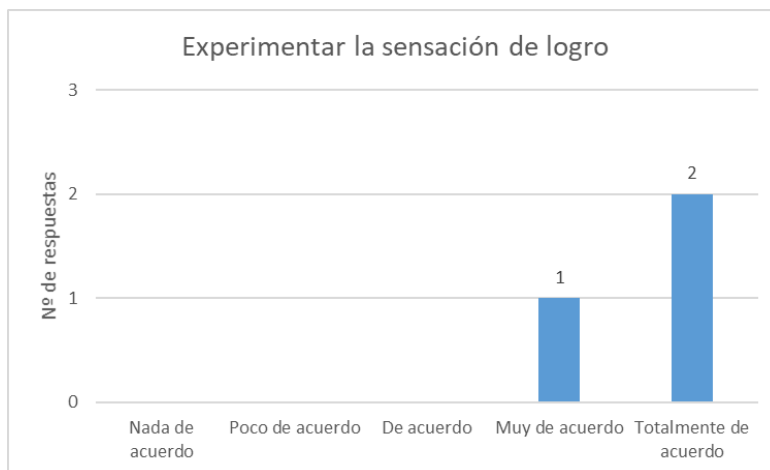


Ilustración 3.9. Encuesta Gestión del Ruido Ambiental (Cuestión 9).

Como se observa en la ilustración 3.10, la ejecución de la dinámica de Escape Room ha permitido desarrollar el pensamiento deductivo.

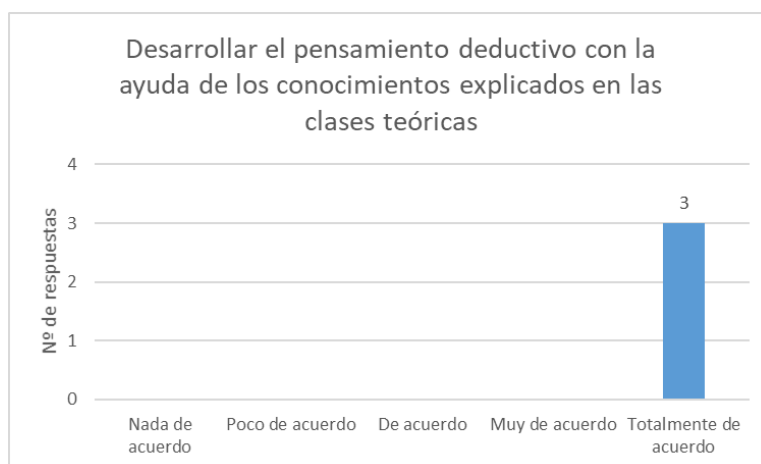


Ilustración 3.10. Encuesta Gestión del Ruido Ambiental (Cuestión 10).

La última cuestión es una pregunta abierta para que los encuestados aporten observaciones y sugerencias. Los resultados han sido los siguientes:

- Muy buena actividad para afianzar los conocimientos en torno a la gestión del ruido, a la par que divertida y amena. El Escape Room está muy bien hecho y ambientado, con preguntas adecuadas y fluidas.
- Me ha gustado mucho el Escape Room, está muy bien diseñado y es muy divertido. Lo único que comentaría a los alumnos es que el orden de las salas da igual, puesto que al principio te entra la duda de a donde ir. ¡¡Pero por lo demás me ha parecido muy divertido e interesante!!



- Experiencia muy divertida, amena y útil para poder asentar los conocimientos adquiridos en la asignatura.

Se puede concluir que las respuestas obtenidas han sido muy positivas remarcando la actividad como “bien diseñada y ambientada, divertida, amena, con preguntas: adecuadas, fluidas y útiles para poder asentar los conocimientos de la asignatura”.

Por otro lado, la observación que han aportado los encuestados de que antes de la realización de la Escape Room se indique que no existe un orden para resolver los retos en las distintas salas. Teniendo esto en cuenta, se ha procedido, en el apartado 2.2.2, a redactar una serie de instrucciones que el docente leerá antes de la realización de la actividad para que no surja ningún problema.

Para finalizar este apartado se debe comentar que no se han podido evaluar las ventajas del trabajo en equipo ni las habilidades que se potencian al ejecutar la actividad ya que los participantes han realizado la dinámica de manera individualizada.

### **3.2. Comparativa Escape Room Gestión del Ruido Ambiental respecto Gestión del Ruido Industrial.**

La finalidad del presente apartado es comparar y observar los aspectos positivos y negativos que aporta la implementación de dos dinámicas de Escape Room en la asignatura de Gestión del Ruido Ambiental y de la Industria.

La primera dinámica creada por la estudiante Inés Calvo Olmos con la tutorización de Lara del Val Puente tiene como objetivos tanto asentar los conocimientos y dar practicidad al bloque de Gestión del Ruido Industrial, como atraer y motivar a los alumnos en la asignatura de Gestión del Ruido Ambiental y de la Industria (Calvo Olmos, 2020). Para ello, la Escape Room cuenta con 12 pruebas o retos. El funcionamiento de las pruebas es lineal por lo que, para desbloquearlas, se debe seguir un orden. La actividad se realiza a través de la plataforma digital Flippity.net que convierte hojas de cálculo en actividades, juegos, retos, etc. En este caso, cada una de las doce pruebas está en un candado virtual distinto. Todos los candados inicialmente están de color rojo. A medida que se van superando las pruebas, los candados pasan a un color verde para indicar al jugador que ha desbloqueado la prueba. La dinámica está basada en un caso real de un problema de ruido industrial en una fábrica dedicada a la molienda de plástico "PlasticMill". Los datos se obtuvieron de la página web didáctica Acoucou, la misma que se ha utilizado en el presente Trabajo Fin de Grado. En la primera prueba se introduce a los jugadores en la dinámica a través de un vídeo de Powtoon y se les explica el análisis del entorno acústico obtenido de una de las estaciones de trabajo de la fábrica. En las siguientes pruebas se tratan conceptos teóricos de ruido y vibraciones con sus respectivas normativas, también se realizan cálculos y se presentan pistas para que los estudiantes al final de la Escape Room puedan proponer soluciones al problema acústico de la fábrica.

La segunda dinámica es la que se presenta en este trabajo. La finalidad de la Escape Room creada es responder a la necesidad de: dar mayor practicidad a los conceptos teóricos adquiridos en el bloque de Gestión del Ruido Ambiental, potenciar ciertas habilidades y motivar a los estudiantes a profundizar en la asignatura.

Tanto la Escape Room basada en Gestión del Ruido Ambiental como la Escape Room basada en Gestión del Ruido Industrial comparten algunos objetivos por lo que, es de gran utilidad evaluar las dos dinámicas conjuntamente comparando y correlacionando los resultados.

Las personas que han realizado las encuestas han sido prácticamente las mismas con el objetivo de que se puedan comparar las distintas opiniones ante los dos tipos de actividades.

La ilustración 3.11 corresponde a la primera pregunta que los encuestados responden. En ella, se formula la pregunta sobre si después de haber cursado la asignatura los estudiantes se ven capacitados para enfrentarse a un problema acústico real. En este párrafo es importante mencionar que los estudiantes realizaron primeramente la Escape Room del bloque de Gestión del Ruido Industrial, y después la Escape Room de este trabajo basada en Gestión del Ruido Ambiental. Las respuestas fueron para el bloque de Gestión del Ruido Industrial que dos tercios de los estudiantes se sintieron capacitados de enfrentarse a un problema acústico real después de realizar las clases magistrales, prácticas, seminarios, actividades y la Escape Room.

En cambio, para la Escape Room basada en Gestión del Ruido Ambiental todos los encuestados se sintieron capaces de enfrentarse a un caso real. Esto es debido a que los estudiantes no se sienten completamente capacitados únicamente con las clases magistrales, prácticas, seminarios, actividades y la Escape Room en Gestión del Ruido Industrial, sino que se necesita otra actividad para reforzar sus conocimientos y capacidades. Para ello, la Escape Room basada en Gestión del Ruido Ambiental encaja perfectamente en la asignatura ya que ayuda a los alumnos a saber enfrentarse a problemas reales y a proponer soluciones.

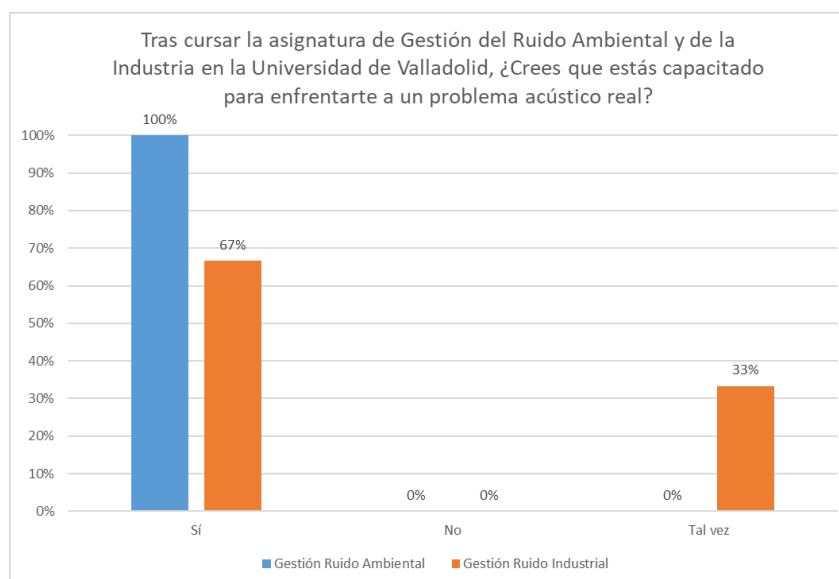


Ilustración 3.11. Comparación de resultados (Cuestión 1).

En la siguiente pregunta de la encuesta (ilustración 3.12) se observan los resultados de si los participantes han podido resolver todas las pruebas a tiempo de cada dinámica de Escape Room. Para la dinámica basada en Gestión del Ruido Industrial un 83% de los estudiantes pudieron resolver las pruebas mientras que, el 17% no pudo. Sin embargo, en la otra actividad todos los

participantes pudieron resolverlas todas. Esto es debido al funcionamiento de las dinámicas. La Escape Room orientada a la Gestión del Ruido Industrial es lineal por lo que, los jugadores deben enfrentarse a las pruebas siguiendo un orden. Si se encallan en una, no pueden continuar con la dinámica hasta que no la resuelvan por lo que, puede transcurrir bastante tiempo sin que avancen. Al existir un límite de tiempo provoca que, si un jugador se bloquea en una de las pruebas, no pueda resolver todas por falta de tiempo. Ahora bien, para que esta situación no pase se plantea un modelo abierto para la Escape Room basada en la Gestión del Ruido Ambiental donde el orden en el que se desbloquean las pruebas es indiferente. Este funcionamiento permite que si algún jugador se encalla en un reto no afecte demasiado al tiempo límite total ya que, puede continuar con las demás.

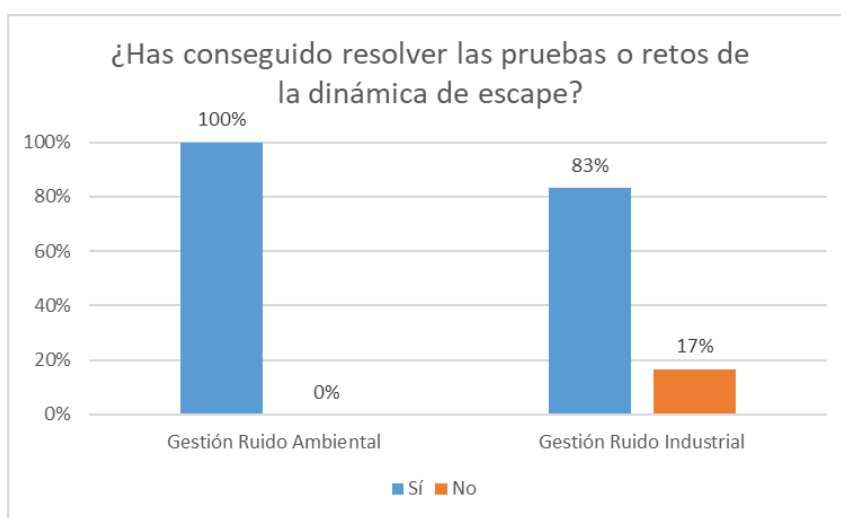


Ilustración 3.12. Comparación de resultados (Cuestión 2).

En la ilustración 3.13 se evalúa la dificultad de las pruebas. La conclusión que se pueden extraer de esta ilustración es que los encuestados han percibido la Escape Room basada en Gestión del Ruido Ambiental más fácil que la de Gestión del Ruido Industrial. Uno de los factores a tener en cuenta, y que puede modificar la percepción de los encuestados en la evaluación de las pruebas, es el tipo de funcionamiento de las dinámicas que se ha comentado anteriormente. En la dinámica de Gestión del Ruido Industrial, si un jugador se bloquea no puede pasar a las siguientes pruebas, mientras que, en la actividad basada en Gestión del Ruido Ambiental, si el jugador se bloquea en una prueba puede pasar a otra y retomarla posteriormente. Esta sensación puede provocar que se perciba una dinámica más fácil que la otra. Además, el haber realizado previamente la Escape Room basada en Gestión del Ruido Industrial ayuda a que la segunda vez que te enfrentas a una actividad similar sea menos complicada.



No obstante, las dos actividades se han considerado con una dificultad media-alta. Por lo que, el diseño de las pruebas es adecuado. Si la dificultad fuese baja podría aburrir a los jugadores, ya que no les supondría ningún reto resolver las pruebas. En cambio, si la dificultad fuese alta, los jugadores no se sentirían con las capacidades ni las habilidades necesarias para superar las pruebas y se frustrarían.

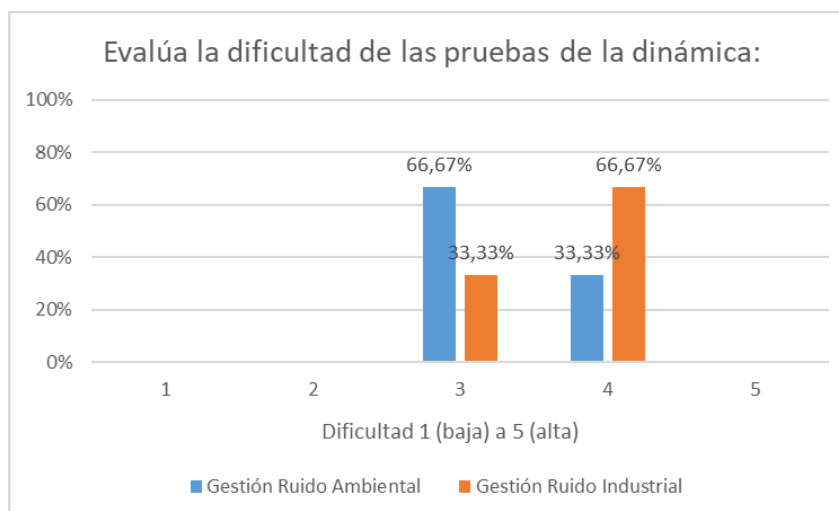


Ilustración 3.13. Comparación de resultados (Cuestión 3).

La siguiente pregunta de la encuesta (ilustración 3.14) se realiza para comparar la tecnología utilizada en el diseño de las dos dinámicas. La Escape Room basada en Gestión del Ruido Industrial se creó a partir de la plataforma digital Flippity.net a diferencia de la Escape Room basada en Gestión del Ruido Ambiental creada a través de Genially. Según los encuestados la dinámica creada con Genially no produjo ningún problema al resolver las pruebas en comparación con Flippity.net donde un tercio de los participantes sí que lo tuvo. La dificultad encontrada en esta plataforma fue que en una de las pruebas los estudiantes tenían que realizar un cálculo de dosis de ruido para desbloquear un candado. Los jugadores realizaban correctamente el cálculo de la dosis de ruido, pero el resultado que introducían no era idéntico por décimas de diferencia al que se introdujo cuando se diseñó la actividad. Teniendo en cuenta intentar resolver este problema se creó la Escape Room basada en Gestión del Ruido Ambiental haciendo uso de otra plataforma diferente. Aun así, las dos tecnologías son adecuadas para la implementación de dinámicas de Escape Room en la asignatura de Gestión del Ruido Ambiental y de la Industria ya que el problema surgido fue únicamente de diseño.

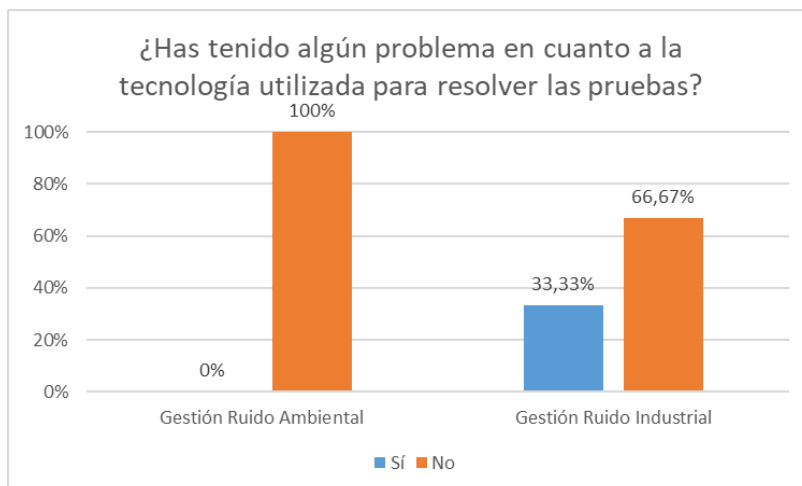


Ilustración 3.14. Comparación de resultados (Cuestión 4).

A continuación, se analiza el tipo de experiencia al ejecutar las actividades (ilustración 3.15). Todos los encuestados al realizar la Escape Room basada en Gestión del Ruido Ambiental tuvieron una experiencia divertida mientras que, en la dinámica basada en Gestión del Ruido Industrial solamente el 83,3 %. El introducir las dinámicas de Escape Room favorece la visión del alumno hacia la asignatura ya que este tipo de actividades les resulta una experiencia divertida sin que se pierdan los objetivos pedagógicos que son asentar los conocimientos teóricos y ponerlos en práctica.

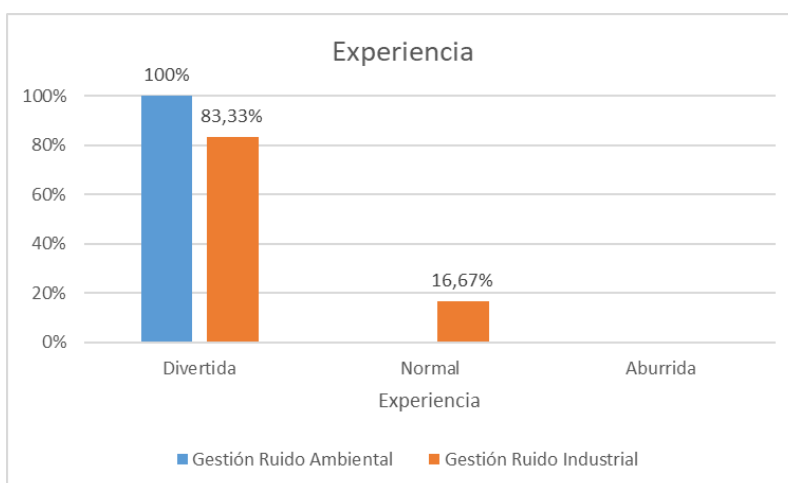


Ilustración 3.15. Comparación de resultados (Cuestión 5).

En la ilustración 3.16 se observa que los participantes consideran útil este tipo de actividades para afianzar los conocimientos de la asignatura al obtenerse una valorización por encima del 5. Por lo que este tipo de actividades son útiles para incluirlas en la programación de la asignatura.

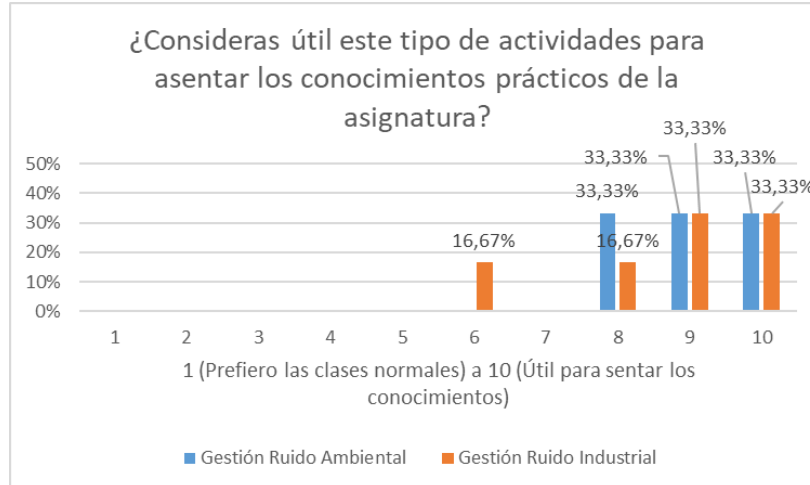


Ilustración 3.16. Comparación de resultados (Cuestión 6).

La siguiente pregunta que se les plantea a los encuestados es si creen que realizando la Escape Room trabajan diferentes estilos de aprendizaje (ilustración 3.17). La respuesta obtenida ha sido que la mayoría de los participantes están totalmente de acuerdo. Por consiguiente, este tipo de actividades ayudan a profundizar y desarrollar conocimientos, ya que se utilizan distintas técnicas de aprendizaje.

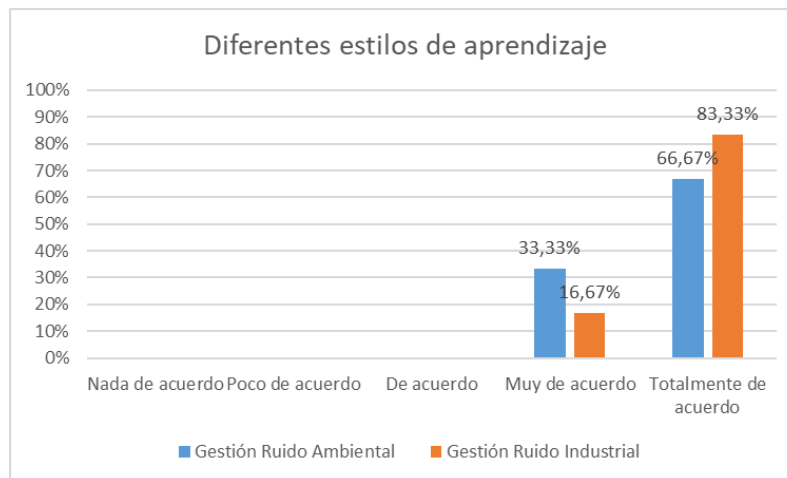


Ilustración 3.17. Comparación de resultados (Cuestión 7).

Otra variable interesante para analizar es la motivación y la atención de los estudiantes durante la sesión. Según las encuestas están muy de acuerdo y totalmente de acuerdo en que la realización de este tipo de actividades favorece a la concentración y a la motivación por lo que es otro aspecto beneficioso para implementar estas actividades en la asignatura.

## Diseño de una Escape Room basada en la Gestión del Ruido Ambiental

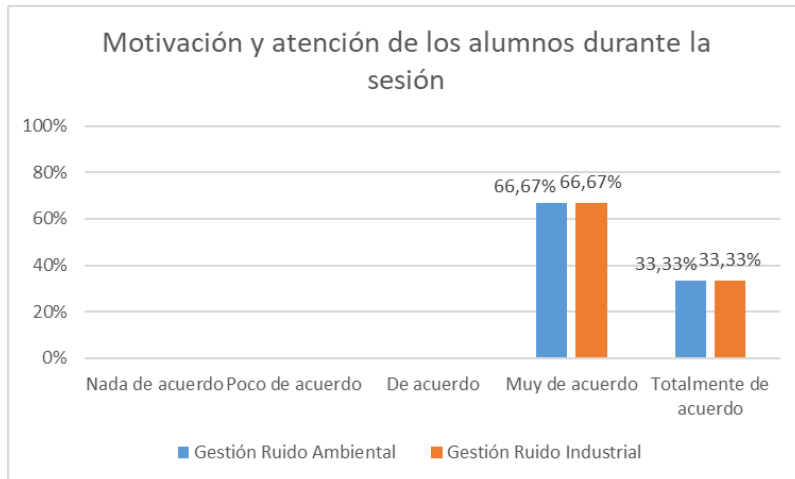


Ilustración 3.18. Comparación de resultados (Cuestión 8).

Durante la ejecución de la dinámica (ilustración 3.19) los participantes han obtenido mayor sensación de logro realizando la Escape Room basada en Gestión del Ruido Ambiental que con la dinámica de Gestión de Ruido Industrial. Uno de los factores que ha podido afectar es el tipo de funcionamiento comentado anteriormente. No obstante, los resultados han sido positivos, la mayoría de los estudiantes consideran entre muy de acuerdo y totalmente de acuerdo que durante la ejecución de las dos actividades han experimentado la sensación de logro. Experimentar esta sensación ayuda a la motivación de los participantes ya que se ven capaces de solucionar cualquier reto que se les presente.

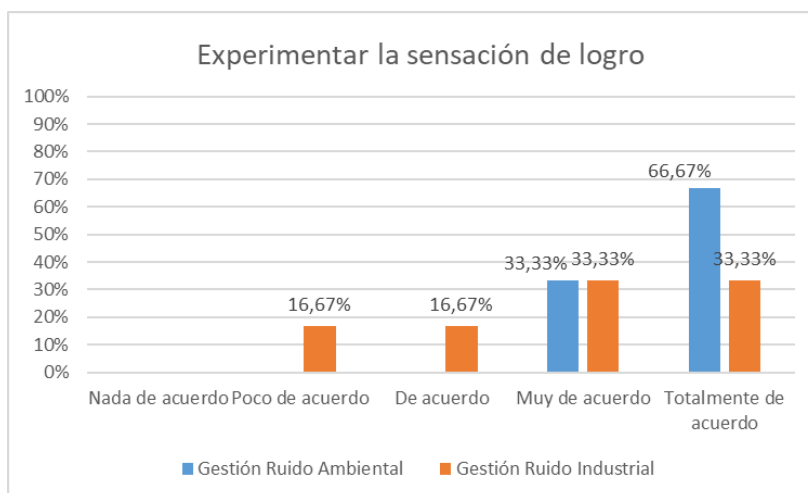


Ilustración 3.19. Comparación de resultados (Cuestión 9).

La última pregunta que se realiza en común en las dos dinámicas es si durante la ejecución de las pruebas se desarrolla el pensamiento deductivo (ilustración

3.20). Las respuestas para la Escape Room basada en Gestión de Ruido Ambiental son totalmente de acuerdo mientras que, para Gestión del Ruido Industrial hay variedad de respuestas. Esto es debido a que el diseño y las pruebas entre las Escape Rooms son diferentes. Se puede afirmar que la Escape Room basada en Gestión del Ruido Ambiental diseñada en el presente Trabajo Fin de Grado potencia y desarrolla el pensamiento deductivo con la ayuda de los conocimientos explicados en las clases teóricas.

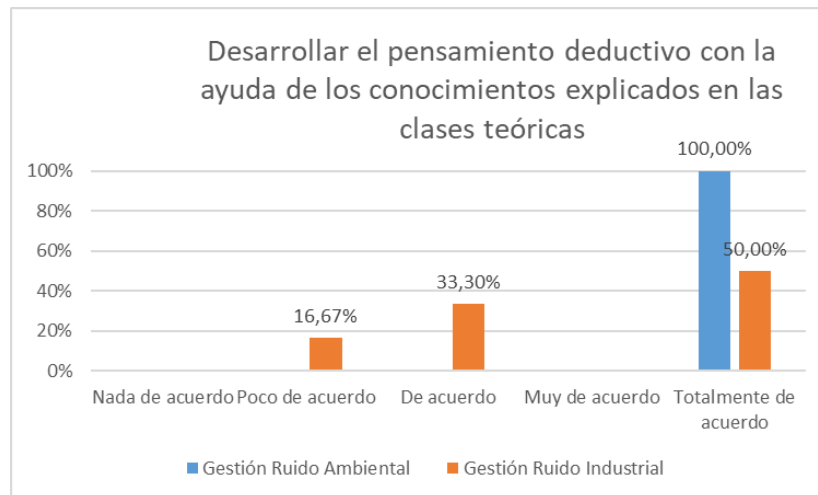


Ilustración 3.20. Comparación de resultados (Cuestión 10).

Cabe señalar que la autora del presente trabajo participó en la Escape Room basada en Gestión del Ruido Industrial y, por lo tanto, era consciente de las limitaciones, problemas y objeciones que ésta planteó, y ya las tuvo en cuenta para intentar evitarlas en el diseño de esta nueva actividad, la Escape Room basada en Gestión del Ruido Ambiental.





# CONCLUSIONES







### Conclusiones.

La realización del presente Trabajo Fin de Grado ha permitido extraer las siguientes conclusiones, se han agrupado en dos apartados y se exponen a continuación.

Del análisis de la documentación estudiada:

- El uso de la Escape Room para resolver problemas favorece la comprensión de las asignaturas en la Educación Técnica Superior. Este método permite colocar al alumnado en un rol activo en el proceso de aprendizaje ya que se le sumerge e involucra en un problema real, donde debe potenciar el pensamiento deductivo con la ayuda de los conocimientos desarrollados en las clases teórico-prácticas, para poder superar las pruebas o retos en un límite de tiempo.
- Además, este tipo de técnicas ayudan a motivar y a mantener la atención del alumnado dado que la introducción de elementos característicos de los juegos en contextos no lúdicos, como es una asignatura, permite reforzar y asentar los conocimientos sin caer en la monotonía dado que existen diversas pruebas o retos, todas ellas diferentes, que potencian distintas capacidades y destrezas.
- Una consecuencia directa de incrementar la motivación y la atención es que aumenta y mejora el interés y el compromiso de los alumnos hacia la asignatura, ya que participan en el proceso de formación. Adicionalmente, el combinar distintos estilos de aprendizaje (dinámicas de Escape Room, clases teóricas, problemas, seminarios...) favorece la visión positiva del estudiantado y permite profundizar y afianzar mejor los conocimientos de la asignatura y por tanto mejorar los resultados de su aprendizaje.

De la Escape Room diseñada:

- La plataforma digital Genially utilizada para la Escape Room diseñada en este TFG ha facilitado a los estudiantes que se sumerjan en un problema acústico real, debido a que el software ha permitido crear una actividad dinámica y a la vez interactiva. Los estudiantes han calificado las pruebas de la Escape Room como bien diseñadas y ambientadas, y a las preguntas realizadas en la misma como fluidas, divertidas, adecuadas y útiles.

Como conclusión general se puede afirmar que el diseño e implementación de dinámicas de tipo Escape Room favorecen la motivación y la atención de los estudiantes frente a las asignaturas en la Educación Técnica Superior.

También, les ayuda a saber enfrentarse a problemas reales y a proponer soluciones a la par que asientan los conocimientos y potencian sus habilidades.

### **Futuras líneas de trabajo.**

En este apartado se presentan las líneas de trabajo descubiertas al desarrollar el presente Trabajo Fin de Grado. Resulta interesante analizar estas líneas para que se puedan trabajar en un futuro y así, poder ampliar y mejorar este trabajo. A continuación, se desarrollan algunas de ellas:

- Dado que en la asignatura se van introduciendo mejoras y se van reforzando los objetivos pedagógicos, esto provoca que las necesidades de los alumnos también vayan cambiando. Para poder ajustarse a estos cambios, es necesario preguntar a los estudiantes qué conocimientos quieren profundizar o cuáles son en los que tienen mayor dificultad. Para ello, se puede elaborar una encuesta que se presente a mediados-finales de la impartición de las clases teórico-prácticas. Con los resultados obtenidos se pueden analizar aquellas dificultades o intereses que los estudiantes tienen y clasificarlas en diferentes temas. Uno de los trabajos que se podría proponer a éstos es el diseño y elaboración de una pequeña Escape Room educativa para que así, pueda ser implementada en futuros cursos académicos. A la par, con esta actividad se lograría que los alumnos aprenden a diseñar, narrar y sintetizar este tipo de dinámicas. Esto podría suponer un beneficio para los estudiantes, ya que tendrían más recursos para reforzar y profundizar en los conocimientos de la asignatura. Además, estas pequeñas actividades se podrían enlazar en el Campus Virtual, y a medida que se fuesen desarrollando las unidades didácticas se podrían realizar y trabajar en el aula junto al profesor o fuera de ella.
- Para motivar aún más al alumnado se puede plantear un juego dentro de la asignatura donde se obtuviese una puntuación con cada Escape Room resuelta. Por ejemplo, dependiendo de la dificultad de las Escape Rooms mencionadas en el anterior párrafo se obtendría un número del 1 al 10. A medida que se fuesen resolviendo, los estudiantes obtendrían una puntuación y se clasificarían en un Ranking. Además, tanto la Escape Room basada en Gestión del Ruido Industrial, como la de Gestión del Ruido Ambiental que se realizan durante las horas de aula se podrían puntuar a los estudiantes de tal manera que, el equipo o jugador que antes acabe de resolver todas las pruebas o retos obtenga la mayor puntuación, y así de manera decreciente. Al final del cuadrimestre, el jugador o los tres jugadores que hayan quedado en las primeras posiciones pueden tener una ventaja con respecto los demás participantes tales como que se les sume unas décimas más en la nota final o que estén exentos de hacer un trabajo.



- Aplicar Realidad Virtual a los problemas para que los alumnos se puedan sumergir completamente en el caso real. Por ejemplo, poder crear un escenario en el que los alumnos, a través de unas gafas de Realidad Virtual y unos altavoces, puedan experimentar sensorialmente la exposición al ruido.

## Referencias

- Acoucou. (2021). *KFB-ACI*. <https://aci.acoucou.org/materials/lesson/5/1>. Último acceso: 31 de Mayo de 2021.
- Acústica, E. (2018). *Mapas de ruido. ¿Qué son? ¿Para qué se usan?* <https://www.europeanacustica.com/aislamiento-acustico/mapas-de-ruido-¿qué-son-¿para-qué-se-usan>. Último acceso: 31 de Mayo de 2021.
- Bartle, R. A. (2003). *Designing virtual worlds*. Ed. New Riders Game.
- Borras Gene, O. (2015). Fundamentos de la gamificación. Universidad Politécnica de Madrid. *Gabinete de Tele-Educación. Universidad Politécnica de Madrid*, 33.
- Brown, N., Darby, W., & Coronel, H. (2019). An Escape Room as a Simulation Teaching Strategy. *Clinical Simulation in Nursing*, 30, 1-6. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecns.2019.02.002>
- Calvo Olmos, I. (2020). *Introducción de la gamificación a la asignatura Gestión del Ruido Ambiental y de la Industria*. <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/41756>. Último acceso: 7 de Junio de 2021.
- Canter, L. W. (1996). *Manual de evaluación de impacto ambiental*. McGraw Hill.
- Carrión, E. (2018). The use of gamification and digital resources in the teaching and learning of social sciences in higher education. *Revista DIM*, 36, 1-14.
- Colina Tejada, C. de la, & Moreno Arranz, A. (2000). *Acústica de la Edificación* (Universidad Nacional de Educación a Distancia. Fundación Escuela de Edificación).
- Corchuelo Rodriguez, C. A. (2018). Gamificación en educación superior: experiencia innovadora para motivar estudiantes y dinamizar contenidos en el aula. *EduTec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 63, 29-41. <https://doi.org/10.21556/edutec.2018.63.927>
- Cortizo Pérez, J. C., Carrero García, F., Monsalve Piqueras, B., Velasco Collado, A., Díaz del Dedo, I., & Pérez Martín, J. (2011). Gamificación y docencia: Lo que la Universidad tiene que aprender de los Videojuegos. *Jornadas de Innovación Universitaria* 2011. <http://www.josek.net/publicaciones/JIU2011-Preprint.pdf>
- Cowan, J. P. (1988). *Handbook of Environmental Acoustics*. John Wiley & Sons.
- Crua, C. (2020). Nativos Digitales: todo lo que debes saber sobre la nueva Generación Z. *Thinking for Innovation*. <https://www.iebschool.com/blog/nativos-digitales-digital-business/>. Último acceso: 5 de Junio de 2021.
- Csikszentmihalyi, M. (1997). *Creativity: Flow and the Psychology of Discovery and invention* (Harper Per).
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). *Conceptualizations of Intrinsic Motivation and Self-Determination BT - Intrinsic Motivation and Self-Determination in*

- Human Behavior* (E. L. Deci & R. M. Ryan (eds.); pp. 11-40). Springer US.  
[https://doi.org/10.1007/978-1-4899-2271-7\\_2](https://doi.org/10.1007/978-1-4899-2271-7_2)
- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From Game Design Elements to Gamefulness: Defining «Gamification». *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments*, 9–15.  
<https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>
- Diago, P. D., & Ventura-Campos, N. (2017). *Escape Room: gamificación educativa para el aprendizaje de las matemáticas*. July.
- Educación 2020. (2021). *Aprendizaje basado en proyectos - Educación 2020*.  
<https://educacion2020.cl/aprendizaje-basado-en-proyecto/>. Último acceso: 31 de Mayo de 2021.
- Elumir, E., Clare, A., & Wiemker, M. (2015). "Can you transform an unpleasant situation into a pleasant one?". *Escape Rooms*, 55-60.  
<http://scottnicholson.com/pubs/erfacwhite.pdf>
- Emprendedores 2020. (2018). *Todo sobre Genially, empresa ganadora del Premio EmprendedorXXI*.  
<https://www.emprendedores2020.es/news/genially-empresa-ganadora-del-premio-emprendedor-xxi/>. Último acceso: 31 de Mayo de 2021.
- Fernández, J. (2021a). *El uso del escape room para crear experiencias memorables - Escuela de experiencias*.  
<https://escueladeexperiencias.com/el-uso-del-escape-room-para-crear-experiencias-memorables/>. Último acceso: 1 de Junio de 2021.
- Fernández, J. (2021b). *Qué es un escape room y cómo integrarlo en el aula*.  
<https://escueladeexperiencias.com/escape-room-en-el-aula/>. Último acceso: 1 de Junio de 2021.
- Flippity. (2021). *Flippity.net: Easily Turn Google Spreadsheets into Flashcards and Other Cool Stuff*. <https://www.flippity.net/>. Último acceso: 4 de Junio de 2021.
- Fogg, B. J. (2009). Fogg-persuasive behavior. *Proceedings of the 4th International Conference on Persuasive Technology*, 40, 1-7.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1145/1541948.1541999>
- Foncubierta, J. M., & Rodríguez, C. (2014). *Didáctica de la gamificación en la clase de español*. Editorial Edinumen.
- Fortea, M. B. (2009). Metodologías didácticas para la enseñanza/ aprendizaje de competencias. *Competencias en el ámbito de las ciencias experimentales. Programar y trabajar por competencias*. Curso CEFIRE Castellón., 1-28.
- García, F., Portillo, J., Romo, J., & Benito, M. (2007). Nativos digitales y modelos de aprendizaje. *CEUR Workshop Proceedings*, 318(January).
- Genially. (2021). *Genially, la herramienta que da vida a los contenidos*.  
<https://www.genial.ly/es>. Último acceso: 4 de Junio de 2021.
- Google, P. de. (2021). *Presentaciones de Google*.

<https://docs.google.com/presentation/u/0/>. Último acceso: 4 de Junio de 2021.

- Hernández-Horta, I. A., Monroy-Reza, A., & Jiménez-García, M. (2018). Aprendizaje mediante Juegos basados en Principios de Gamificación en Instituciones de Educación Superior TT - Learning through Games based on Principles of Gamification in Higher Education Institutions. *Formación universitaria*, 11(5), 31-40.
- Herranz, E., & Colomo-Palacios, R. (2012). La Gamificación como agente de cambio en la Ingeniería del Software. *Revista de Procesos y Métricas*, 9(2), 30-56.
- Iosup, A., & Epema, D. (2014). An Experience Report on Using Gamification in Technical Higher Education. *Proceedings of the 45th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, 27-32. <https://doi.org/10.1145/2538862.2538899>
- Lee, J. J., & Hammer, J. (2011). Gamification in education: What, how, why bother? *Academic exchange quarterly*, 15(2), 146.
- Ley 5/2009, de 4 de junio, del ruido de Castilla y León, Boletín oficial de Castilla y León nº107 (2009). <https://www.boe.es/eli/es-cl/l/2009/06/04/5/con>. Último acceso: 4 de Junio de 2021.
- Lodoño, C. (2017). 6 metodologías de enseñanza que todo profesor innovador debería conocer - *Elige Educar*. <https://eligeeducar.cl/ideas-para-el-aula/6-metodologias-ensenanza-profesor-innovador-deberia-conocer/>. Último acceso: 31 de Mayo de 2021.
- Marquis, J. (2013). 5 Easy Steps to #Gamifying #HigherEd - *Classroom Aid*. <https://classroom-aid.com/2013/08/16/5-easy-steps-to-gamifying-highered/>. Último acceso: 31 de Mayo de 2021.
- Martínez, W., Esquivel, I., & Martínez, J. (2014). Aula Invertida o Modelo Invertido de Aprendizaje: Origen, Sustento e Implicaciones. *Los modelos Tecno-Educativos, revolucionando el aprendizaje del siglo XXI*, November 2016, 143-160. <http://aprendizaje20.blogspot.com.es/2015/06/los-modelos-tecno-educativos.html>. Último acceso: 31 de Mayo de 2021.
- Maslow, A. H. (1943). A theory of human motivation. *Psychological Review*, 50(4), 370-396. <https://doi.org/10.1037/h0054346>
- Meco Medina, I. (2020). *Flippity» Recursos educativos digitales*. <https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoescuela/recursosdigitales/2020/04/13/flippity/>. Último acceso: 31 de Mayo de 2021.
- Noisess. (2015). *El decibelio NO es una unidad de medida de sonido*. <https://www.noisess.com/el-decibelio-no-es-una-unidad-de-medida-de-sonido/>. Último acceso: 31 de Mayo de 2021.
- Organización Internacional de Normalización. (1996). *ISO - ISO 9613-2:1996 - Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors - Part 2: General method of calculation*. <https://www.iso.org/standard/20649.html>. Último acceso: 31 de Mayo de 2021.



2021.

- Ortiz-Colón, A.-M., Jordán, J., & Agredal, M. (2018). Gamificación en educación: una panorámica sobre el estado en cuestión. *Educação e Pesquisa*, 44, 1-17. <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-4634201844173773>
- Pérez-López, I. J., Rivera García, E., & Trigueros Cervantes, C. (2017). “La profecía de los elegidos”: Un ejemplo de gamificación aplicado a la docencia universitaria. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 17(66), 243-260. <https://doi.org/10.15366/rimcafd2017.66.003>
- Pink, D. (2010). *La sorprendente verdad sobre qué nos motiva* (Gestión 20).
- Prensky, P. M. (2010). Nativos e Inmigrantes Digitales. *Cuadernos SEK 2.0*, 21.
- Realinfluencers, R. (s. f.). 8 metodologías que todo profesor del siglo XXI debería conocer. *Realinfluencers*. <https://www.realinfluencers.es/2018/09/09/8-metodologias-profesor-siglo-xxi-deberia-conocer/>. Último acceso: 31 de Mayo de 2021.
- Ryding, S.O. (1998). *Environmental Management Handbook*. IOS Press.
- Roads and Traffic Authority. (2002). *Environmental Noise Management Manual*. NWS.
- Rodríguez-Sandova, E., Vargas-Solano, É., & Luna-Cortés, J. (2010). Evaluación de la estrategia «aprendizaje basado en proyectos». *Educación y Educadores*, 13(núm1), 13-25. <https://www.redalyc.org/pdf/834/83416264002.pdf>
- Rue, J. (2021). ¿Qué es Aprendizaje Cooperativo? – Investigación e Innovación en Metodologías de Aprendizaje. *RIMA – UPC. Universitat Politècnica de Catalunya*. <https://www.upc.edu/rima/es/grupos/giac-grupo-de-interes-en-aprendizaje-cooperativo/bfque-es-aprendizaje-cooperativo>. Último acceso: 31 de Mayo de 2021.
- Shi, L., Cristea, A. I., Hadzidedic, S., & Dervishalidovic, N. (2014). Contextual gamification of social interaction - Towards increasing motivation in social e-learning. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 8613 LNCS, 116-122. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-09635-3\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-319-09635-3_12)
- Sierra Daza, M. C., & Fernández-Sánchez, M. R. (2019). Gamificando el aula universitaria. Análisis de una experiencia de Escape Room en educación superior. *Revista de Estudios y Experiencias en Educación*, 18(36), 105-115. <https://doi.org/10.21703/rexe.20191836sierra15>
- Silva, J., & Maturana Castillo, D. (2017). Una propuesta de modelo para introducir metodologías activas en educación superior. *Innovación Educativa*, 17(73), 117-131.
- Stone, Z. (2016). *Educational Escape Rooms Engage Students with Innovative Puzzles and Tasks - The Atlantic*. <https://www.theatlantic.com/education/archive/2016/07/the-rise-of->

- educational-escape-rooms/493316/. Último acceso: 1 de Junio de 2021.
- Valderrama, B. (2015). Los secretos de la gamificación: 10 motivos para jugar. *Capital Humano: Revista para la integración y Desarrollo de los Recursos Humanos*, 18, 72-78. <https://bit.ly/2HPJM7e>
- VUIT, S. (2021a). *Escape Rooms: Tipos de Temáticas más populares - Simulacre Vuit*. <https://roomescapesimulacrevuit.es/tipos-de-tematica-escape-rooms/>. Último acceso: 1 de Junio de 2021.
- VUIT, S. (2021b). *Tipos de escape room: lineales y no lineales | SIMULACRE VUIT*. <https://roomescapesimulacrevuit.es/tipos-escape-room/>. Último acceso: 1 de Junio de 2021.
- Werbach, K., & Hunter, D. (2012). *For the win how game thinking can revolutionize your business* . Wharton Digital Press.
- Yuliana, J., & Castillo, D. (2018). Educación de calidad mediante la estrategia de Design Thinking. En *Edunovatic 2017. Conference proceedings*. [www.adayapress.com/author-guidelines/](http://www.adayapress.com/author-guidelines/). Último acceso: 31 de Mayo de 2021.
- Zichermann, G., & Cunningham, C. (2011). *Gamification by design: Implementing game mechanics in web and mobile apps*. [http://storage.libre.life/Gamification\\_by\\_Design.pdf](http://storage.libre.life/Gamification_by_Design.pdf)





Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES