

SITUACIONES DE APRENDIZAJE

Tecnología

4.º ESO

10 situaciones de aprendizaje completas

Con secuencia didáctica, evaluación, rúbricas y anexos listos para usar

Índice

Presentación del cuaderno 3

Plan general del curso 5

SdA 01 **Design Sprint: mejorar nuestro entorno** 6

Anexos 1-10 · dossier técnico, fichas, plantillas, evaluación y guía docente 12

SdA 02 **Del producto al ciclo de vida** 40

Anexos 1-10 · dossier técnico, fichas, plantillas, evaluación y guía docente 46

SdA 03 **Del CAD a la fabricación** 72

Anexos 1-10 · dossier técnico, fichas, plantillas, evaluación y guía docente 78

SdA 04 **El sistema nervioso electrónico** 104

Anexos 1-10 · dossier técnico, fichas, plantillas, evaluación y guía docente 110

SdA 05 **Aire que mueve máquinas** 138

Anexos 1-10 · dossier técnico, fichas, plantillas, evaluación y guía docente 144

SdA 06 **Mecánica para un robot** 170

Anexos 1-10 · dossier técnico, fichas, plantillas, evaluación y guía docente 176

SdA 07 **Control programado** 205

Anexos 1-10 · dossier técnico, fichas, plantillas, evaluación y guía docente 211

SdA 08 **Sistemas conectados: IoT, datos e IA** 240

Anexos 1-10 · dossier técnico, fichas, plantillas, evaluación y guía docente 246

SdA 09 **Edificio que trabaja con el clima** 275

Anexos 1-10 · dossier técnico, fichas, plantillas, evaluación y guía docente 281

SdA 10 **Moverse mejor** 309

Anexos 1-10 · dossier técnico, fichas, plantillas, evaluación y guía docente 315

Créditos, fuentes y condiciones de uso 344

PRESENTACIÓN

Un cuaderno para proyectar, fabricar, automatizar y evaluar

Este cuaderno reúne **10 situaciones de aprendizaje** completas de Tecnología para 4.º ESO, con un total de **70 sesiones**. Cada situación parte de una necesidad o un problema real y culmina en un producto que se diseña, se prueba, se documenta y se mejora.

Sobre este volumen

Tecnología es una materia de opción de 4.º ESO con currículo estatal propio. Este cuaderno distribuye sus criterios y saberes oficiales en diez situaciones de aprendizaje de carácter eminentemente práctico, con proyectos, fabricación, automatización, robótica y sostenibilidad.

La materia se articula en cuatro bloques: proceso de resolución de problemas, operadores tecnológicos, pensamiento computacional/automatización/robótica y tecnología sostenible. El hilo conductor es aprender haciendo mediante proyectos, simulación, fabricación y comunicación técnica.

En cada situación se separan con claridad la **transcripción oficial** de los criterios de evaluación y de los saberes básicos del Real Decreto 217/2022 y nuestra **concreción didáctica**, de modo que el cuaderno pueda integrarse sin dificultad en la programación del departamento.

Cómo está organizada cada situación

Contexto y reto
Pregunta guía, reto y producto final.

Currículo
Competencias, criterios y saberes oficiales, y su concreción.

Sesiones
Secuencia con una evidencia por sesión.

Seguridad
Recursos, riesgos, privacidad y uso responsable.

Evaluación
Instrumentos, evidencias y rúbrica.

Los diez anexos de cada situación

Cada situación incluye anexos listos para imprimir o proyectar: un dossier técnico con los datos, esquemas, especificaciones, código de ejemplo y casos necesarios; fichas de trabajo con espacio para bocetos, cálculos y pruebas; plantillas; instrumentos de evaluación y una guía docente con soluciones completas. Los del alumnado llevan cabecera para nombre, grupo y fecha.

1. Lanzamiento del reto
2. Dossier técnico
3. Fichas del alumnado
4. Plantilla del producto final
5. Lista de cotejo
6. Rúbrica imprimible
7. Autoevaluación y coevaluación
8. Refuerzo
9. Ampliación
10. Guía docente y soluciones

Claves de lectura: competencias y bloques

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS DE TECNOLOGÍA (SÍNTESIS)

CE1 Identificar y proponer problemas tecnológicos del entorno con iniciativa y creatividad, y planificar soluciones mediante procesos iterativos y colaborativos.

CE2 Aplicar con seguridad técnicas y conocimientos interdisciplinares, analizando el ciclo de vida de los productos, para fabricar soluciones accesibles y sostenibles.

CE3 Expresar, comunicar y difundir ideas y soluciones tecnológicas con la terminología y los recursos adecuados, en una dinámica de mejora continua.

CE4 Desarrollar soluciones automatizadas e incorporar tecnologías emergentes para diseñar y construir sistemas de control programables y robóticos.

CE5 Aprovechar y configurar las herramientas digitales aplicando conocimientos interdisciplinares para resolver tareas de forma eficiente.

CE6 Analizar procesos tecnológicos y su impacto social y ambiental con criterios de sostenibilidad y accesibilidad, para un uso ético y ecosocialmente responsable.

Síntesis orientativa; la redacción completa de las competencias específicas figura en el Real Decreto 217/2022. Los criterios de evaluación y los saberes de cada situación se reproducen con su redacción oficial.

BLOQUES DE SABERES BÁSICOS

- **A** Proceso de resolución de problemas
- **B** Operadores tecnológicos
- **C** Pensamiento computacional, automatización y robótica
- **D** Tecnología sostenible

SEGURIDAD, PRIVACIDAD Y USO RESPONSABLE

- Toda práctica de taller o digital debe validarse por el profesorado. Las normas del centro, manuales de los equipos, fichas de seguridad y políticas de protección de datos prevalecen sobre cualquier orientación general del cuaderno.
- Toda práctica de taller debe indicar herramientas/materiales, riesgos, EPI cuando proceda, orden/limpieza y gestión de residuos.
- Toda práctica digital debe evitar datos personales reales, credenciales, ataques reales, pagos, trámites o conexiones no autorizadas.
- Las máquinas, fuentes de energía, instalaciones del centro y redes reales solo se manipulan según formación, supervisión y normas específicas.

Base normativa: LOMLOE y Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo. Criterios de evaluación y saberes básicos se reproducen con su redacción oficial; los códigos de los saberes (A1, B2…) son internos de este cuaderno. Tecnología es una materia de opción de 4.º ESO con currículo estatal propio. La secuenciación es orientativa y debe adaptarse al currículo autonómico.

Plan general del curso

10 situaciones
70 sesiones en total

4 bloques
proceso de resolución de problemas · operadores tecnológicos · pensamiento computacional · tecnología sostenible

1 Design Sprint: mejorar nuestro entorno
7 sesiones · Criterios 1.1, 1.2, 1.3, 3.1, 3.2
Proyecto tecnológico emprendedor validado

2 Del producto al ciclo de vida
7 sesiones · Criterios 2.1, 6.1, 3.2
Análisis y rediseño de ciclo de vida

3 Del CAD a la fabricación
7 sesiones · Criterios 2.2, 5.1, 3.1
Pieza CAD 3D + plan de fabricación

4 El sistema nervioso electrónico
7 sesiones · Criterios 2.2, 4.1, 5.1
Circuito electrónico mixto simulado o físico

5 Aire que mueve máquinas
7 sesiones · Criterios 2.2, 4.1, 3.1
Circuito neumático funcional o simulado

6 Mecánica para un robot
7 sesiones · Criterios 2.2, 4.1, 3.1
Subsistema mecánico de robot

7 Control programado
7 sesiones · Criterios 4.1, 5.1, 3.1
Sistema de control con microcontrolador o simulador

8 Sistemas conectados: IoT, datos e IA
7 sesiones · Criterios 4.2, 5.1, 6.1
Arquitectura IoT con análisis crítico de datos/IA

9 Edificio que trabaja con el clima
7 sesiones · Criterios 1.1, 2.1, 6.1, 6.2
Modelo/propuesta bioclimática

10 Moverse mejor
7 sesiones · Criterios 1.1, 1.2, 3.2, 6.2, 6.3
Plan de ecotransporte para un entorno ficticio/realista

01

SITUACIÓN DE APRENDIZAJE

Design Sprint: mejorar nuestro entorno

PREGUNTA GUÍA

¿Qué necesidad cercana merece una solución tecnológica y cómo la validamos antes de construir?

CURSO 4.º ESO	**SESIONES** 7 sesiones	**BLOQUES DE SABERES** A
COMPETENCIAS ESPECÍFICAS CE1, CE3	**PRODUCTO FINAL** Proyecto tecnológico emprendedor validado	**CRITERIOS DE EVALUACIÓN** 1.1, 1.2, 1.3, 3.1, 3.2

Contexto, reto y producto

En el IES Monte Claro (centro ficticio), el consejo escolar ha abierto la convocatoria «Nuestro centro, mejor» dentro de los presupuestos participativos del curso: **400 €** (cantidad ficticia) para el proyecto tecnológico que más valor aporte a la comunidad educativa y que haya sido **validado con personas usuarias antes de gastar ni un euro**. Las propuestas llegan de todas partes: la cola de la cantina en el recreo, contenedores de reciclaje que se desbordan, un patio sin sombra, bicis atadas a las barandillas de la entrada… Todo el mundo tiene una opinión, pero casi nadie tiene datos.

En esta situación, el alumnado de 4.º recorre un **Design Sprint escolar**, versión de siete sesiones inspirada en el método de cinco días que popularizaron Jake Knapp y su equipo en Google Ventures. Primero **explora necesidades** con encuestas y observación; después **entrevista a personas usuarias** (casos ficticios o reales no sensibles) y convierte lo aprendido en **requisitos medibles**; **idea y elige** con técnicas de creatividad y una matriz ponderada; construye un **prototipo rápido** y lo **testea con cinco personas**; **itera** y prepara el **plan técnico** (cronograma, presupuesto y punto de equilibrio); y por último defiende un **pitch de tres minutos** ante un jurado ficticio. El producto es un **proyecto tecnológico emprendedor validado**: una solución con su evidencia, su plan y su modelo de sostenibilidad.

Reto

Diseñar, prototipar y validar con al menos cinco personas usuarias una solución tecnológica a una necesidad real del IES Monte Claro, y defenderla en un pitch de tres minutos con datos, plan técnico, presupuesto y lenguaje inclusivo.

Producto final

Proyecto tecnológico emprendedor validado.

Enfoque: Proyecto / análisis / simulación / prototipado

Vinculación curricular

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS MOVILIZADAS (SÍNTESIS)

CE1 Identificar y proponer problemas tecnológicos del entorno con iniciativa y creatividad, y planificar soluciones mediante procesos iterativos y colaborativos.

CE3 Expresar, comunicar y difundir ideas y soluciones tecnológicas con la terminología y los recursos adecuados, en una dinámica de mejora continua.

Criterios de evaluación seleccionados (redacción oficial del RD 217/2022)

1.1 Idear y planificar soluciones tecnológicas emprendedoras que generen un valor para la comunidad a partir de la observación y el análisis del entorno más cercano, estudiando sus necesidades, requisitos y posibilidades de mejora.

1.2 Aplicar con iniciativa estrategias colaborativas de gestión de proyectos con una perspectiva interdisciplinar y siguiendo un proceso iterativo de validación, desde la fase de ideación hasta la difusión de la solución.

1.3 Abordar la gestión del proyecto de forma creativa, aplicando estrategias y técnicas colaborativas adecuadas, así como métodos de investigación en la ideación de soluciones lo más eficientes, accesibles e innovadoras posibles.

3.1 Intercambiar información y fomentar el trabajo en equipo de manera asertiva, empleando las herramientas digitales adecuadas junto con el vocabulario técnico, símbolos y esquemas de sistemas tecnológicos apropiados.

3.2 Presentar y difundir las propuestas o soluciones tecnológicas de manera efectiva, empleando la entonación, expresión, gestión del tiempo y adaptación adecuada del discurso, así como un lenguaje inclusivo y no sexista.

Saberes básicos oficiales seleccionados (transcripción del RD 217/2022)

Código	Saber básico
A1	Estrategias de gestión de proyectos colaborativos y técnicas de resolución de problemas iterativas.
A2	Estudio de necesidades del centro, locales, regionales, etc. Planteamiento de proyectos colaborativos o cooperativos.
A3	Técnicas de ideación.
A4	Emprendimiento, perseverancia y creatividad en la resolución de problemas desde una perspectiva interdisciplinar de la actividad tecnológica y satisfacción e interés por el trabajo y la calidad del mismo.
A10	Presentación y difusión del proyecto. Elementos, técnicas y herramientas. Comunicación efectiva: entonación, expresión, gestión del tiempo, adaptación del discurso y uso de un lenguaje inclusivo, libre de estereotipos sexistas.

Concreción didáctica en esta situación

- Estrategias de gestión de proyectos colaborativos: roles rotatorios, hitos, diagrama de Gantt, ruta crítica y holgura; proceso iterativo de validación desde la ideación hasta la difusión (A1).
- Estudio de necesidades del centro: encuesta (porcentajes sobre el total de respuestas), observación con recuento, entrevista abierta y contraste entre lo que la gente dice y lo que hace (A2).
- Técnicas de ideación: Crazy 8, SCAMPER, matriz de decisión con pesos y criterio de desempate; diferencia entre idea, concepto y prototipo (A3).
- Emprendimiento con perspectiva interdisciplinar: lienzo de propuesta de valor, costes fijos y variables, precio, margen y punto de equilibrio; perseverancia ante un test fallido (A4).
- Presentación y difusión: estructura de un pitch de tres minutos, gestión del tiempo (palabras por minuto), entonación y expresión, lenguaje inclusivo y feedback asertivo (A10).

Objetivos didácticos

- Detectar una oportunidad de mejora del centro a partir de encuestas y observación, y priorizarla con datos (porcentajes, frecuencia y gravedad).
- Definir la persona usuaria y redactar al menos cuatro requisitos medibles, con cifra, unidad y método de comprobación.
- Generar ideas con técnicas de creatividad (Crazy 8, SCAMPER) y elegir una con una matriz de decisión ponderada, calculando totales y márgenes.
- Construir un prototipo rápido, testearlo con cinco personas, analizar los resultados (porcentaje de éxito, tiempos, Pareto de fallos) e iterar con una mejora justificada.
- Planificar el proyecto con un cronograma y su ruta crítica, un presupuesto y un punto de equilibrio, y comunicarlo con vocabulario técnico y lenguaje inclusivo en un pitch cronometrado.

Metodología

Aprendizaje basado en retos

La tarea parte de una necesidad, problema, sistema o decisión técnica con un producto verificable.

Iteración

Se planifica, construye/configura/simula, prueba, registra el fallo y se mejora.

Pensamiento técnico

Las decisiones se justifican mediante requisitos, esquemas, datos, pruebas, criterios de seguridad y limitaciones.

Trabajo cooperativo

Roles rotatorios: coordinación, documentación, material/seguridad, pruebas y comunicación.

Competencia digital

Las herramientas digitales se usan cuando aportan diseño, simulación, programación, documentación o colaboración, no como mero adorno.

Secuencia de sesiones y actividades

Cada sesión genera una **evidencia** que se recoge en la ficha correspondiente del Anexo 3. Los datos, esquemas, especificaciones y ejemplos de trabajo están en el dossier técnico del Anexo 2.

1

SESIÓN 1

Exploración de necesidades: encuesta del centro, observación y primera priorización

Evidencia: Ficha 1: diagnóstico del Design Sprint, tabla de priorización con porcentajes e índice (F1) y reto «¿Cómo podríamos…?» del equipo.

Ficha: Anexo 3 · ficha 1

2

SESIÓN 2

Entrevistas y observaciones ficticias o reales no sensibles: de las necesidades a los requisitos

Evidencia: Ficha 2: análisis de las entrevistas (F4), preguntas abiertas, perfil de persona usuaria y cuatro requisitos medibles.

Ficha: Anexo 3 · ficha 2

3

SESIÓN 3

Ideación y selección: Crazy 8, SCAMPER y matriz de decisión ponderada

Evidencia: Ficha 3: ocho ideas, SCAMPER, matriz calculada (F6) y selección justificada.

Ficha: Anexo 3 · ficha 3

4

SESIÓN 4

Prototipo rápido y test con cinco personas usuarias

Evidencia: Ficha 4: plan de pruebas, cálculo de la curva de problemas (F7), análisis de resultados y prototipo rápido.

Ficha: Anexo 3 · ficha 4

5

SESIÓN 5

Iteración y plan técnico: cronograma, ruta crítica, presupuesto y punto de equilibrio

Evidencia: Ficha 5: Gantt con ruta crítica (F8), punto de equilibrio, plan del equipo y registro de la iteración.

Ficha: Anexo 3 · ficha 5

6

SESIÓN 6

Preparación del pitch y de la documentación: tiempos, lenguaje inclusivo y feedback

Evidencia: Ficha 6: guion cronometrado de 3 minutos, versión inclusiva de frases, cálculo de palabras y revisión de la documentación.

Ficha: Anexo 3 · ficha 6

7

SESIÓN 7

Presentación y retrospectiva; evidencia individual con una necesidad nueva

Evidencia: Producto final (Anexo 4) y Ficha 7: análisis de datos, requisitos, matriz y plan de test para la biblioteca del centro.

Ficha: Anexo 3 · ficha 7

Evaluación

La evaluación combina evidencia del proceso, producto o configuración final, documentación técnica, pruebas/validación, trabajo seguro y una tarea individual de transferencia. El acabado visual no sustituye la funcionalidad, el razonamiento ni la trazabilidad de las decisiones.

Criterios, evidencias e instrumentos

Criterio	Evidencia principal	Instrumento
1.1	Priorización de la necesidad con datos (porcentajes, frecuencia × gravedad) y definición de la persona usuaria con al menos cuatro requisitos medibles y un valor claro para la comunidad.	Fichas 1 y 2 y plantilla (Anexo 4) / lista de cotejo y rúbrica
1.2	Gestión iterativa del proyecto: roles rotatorios cumplidos, cronograma con ruta crítica, al menos una iteración tras un test fallido y registro de los cambios.	Ficha 5 y observación del trabajo en equipo / rúbrica y observación sistemática
1.3	Ideación creativa y eficiente: ocho ideas (Crazy 8), aplicación de SCAMPER y selección con una matriz ponderada bien calculada que incluye accesibilidad y coste.	Ficha 3 y plantilla (Anexo 4) / rúbrica
3.1	Intercambio de información en equipo con documento compartido, plan de pruebas, tablas, esquemas (Gantt, lienzo) y vocabulario técnico correcto; feedback asertivo a otro equipo.	Fichas 4 y 6 y documentación del equipo / lista de cotejo y observación
3.2	Pitch de tres minutos con tiempos respetados, entonación y expresión adecuadas, apoyo visual claro y lenguaje inclusivo y no sexista, más la tarea individual de transferencia.	Presentación final y Ficha 7 / rúbrica de exposición oral

Rúbrica del producto final

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial
Necesidad y diseño	Prioriza la necesidad con datos de encuesta y observación, define a la persona usuaria, redacta cuatro o más requisitos medibles y elige entre tres o más ideas con una matriz ponderada correcta, justificando también el valor para la comunidad.	Define la necesidad y los requisitos principales (al menos tres medibles) y elige una idea con la matriz, con justificación suficiente.	La necesidad se apoya en opiniones, los requisitos no se pueden medir o la matriz tiene errores de cálculo.	No relaciona la solución con una necesidad real del centro ni con requisitos.
Funcionamiento / evidencia	El prototipo se testea con cinco personas y los resultados (porcentaje de éxito, tiempos, fallos por causa) se comparan con los umbrales; se interpretan los límites de la prueba y de la muestra.	El prototipo permite probar la función principal y se aportan resultados de cinco personas frente a los requisitos.	El prototipo es parcial o el test se hace con menos personas o sin umbrales claros.	No hay prototipo comprobable ni resultados de prueba.
Documentación técnica	Memoria con requisitos, matriz, resultados, Gantt con ruta crítica, presupuesto y punto de equilibrio correctos, con unidades y vocabulario técnico; otro equipo podría repetir el proceso.	Documentación suficiente, con algún cálculo o dato sin justificar.	Faltan cálculos o fases del sprint, o hay errores que impiden seguir el proceso.	Documentación insuficiente para comprender el proceso.
Seguridad, ética y sostenibilidad	Respeta la privacidad (datos ficticios o no sensibles, sin fotos ni nombres), incluye accesibilidad desde el diseño, calcula la sostenibilidad económica y usa lenguaje inclusivo en todo el trabajo.	Cumple las normas de seguridad y privacidad y considera la accesibilidad y el coste.	Necesita recordatorios sobre privacidad o lenguaje, o trata la accesibilidad de forma superficial.	Recoge datos personales, incumple normas de seguridad o ignora a parte de las personas usuarias.

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial
Iteración y cooperación	Convierte un test fallido en una mejora justificada con datos, vuelve a probar y mejora el resultado; los roles rotan, las decisiones se toman en equipo y el feedback a otros equipos es asertivo y concreto.	Hace al menos una iteración a partir del test y coopera adecuadamente.	La iteración es superficial o no se vuelve a probar; la cooperación es irregular.	No revisa el prototipo tras el test o dificulta el trabajo del equipo.

Recursos y seguridad

Recursos y materiales

- Por equipo (4-5 personas): cartón pluma o cartón reutilizado, cartulinas de colores, papel continuo o folios A3, rotuladores, notas adhesivas, cinta de papel, tijeras de punta redonda, regla y cinta métrica; cúter de seguridad solo con supervisión directa.
- Plantillas imprimibles del Anexo 3 y del Anexo 4 (matriz de decisión, plan de pruebas, Gantt y lienzo de propuesta de valor) y cronómetro (reloj o móvil del centro).
- Un equipo del centro con hoja de cálculo y presentación (LibreOffice u otra herramienta) y un documento compartido de la cuenta del centro para la memoria y el guion del pitch.

Seguridad, privacidad y uso responsable

Todos los retos los aprueba el docente antes de empezar. Las entrevistas y observaciones usan roles o personas ficticias o, si son reales, solo temas no sensibles, sin nombres ni fotografías. No se publicarán imágenes identificables ni se recogerán datos personales reales sin la autorización que resulte aplicable y sin respetar las normas del centro. Cuando un tratamiento de datos se base en consentimiento, se aplicará el artículo 7 de la LOPDGDD. Las pruebas con objetos (por ejemplo, empujar una bici) se hacen en el patio, a paso de persona y con supervisión. Taller según normas del centro: cúter solo con base de corte y supervisión, mesa despejada y residuos de cartón al contenedor de papel.

Interdisciplinariedad: Economía (costes, precio y punto de equilibrio, modelo de sostenibilidad) y Lengua Castellana y Literatura (guion del pitch, argumentación y lenguaje inclusivo).

Atención a la diversidad (DUA), refuerzo y ampliación

Representación

Modelos, esquemas, fotografías, simulaciones, tutoriales breves, ejemplos resueltos y vocabulario técnico visual.

Acción y expresión

Memoria, maqueta, prototipo, simulación, código, plano o presentación cuando sea compatible con el criterio evaluado.

Implicación

Retos cercanos, elección acotada, roles de equipo y pruebas con propósito realista.

Apoyo / refuerzo

Anexo 8

Reto preseleccionado y guion de entrevista.

Ampliación

Anexo 9

Aplicar una segunda iteración tras feedback contradictorio y justificar prioridad.

ANEXO 1

Lanzamiento del reto

SdA 1 · Design Sprint: mejorar nuestro entorno

ALUMNADO

La cantina tiene cola, el contenedor amarillo rebosa y a primera hora hay bicis atadas a la barandilla de la rampa. Todo el mundo se queja, pero ¿cuántas personas lo sufren de verdad? ¿Cuál es el problema que merece que gastemos 400 € y varias semanas? En una empresa tecnológica no se construye nada sin validarlo antes: se mira, se pregunta, se dibuja, se prueba con cinco personas y solo entonces se decide. Durante siete sesiones seréis un equipo de Design Sprint: de un problema real del centro a un prototipo validado y un pitch de tres minutos. ¿Convenceréis al jurado con datos y no solo con ideas?

> *¿Qué necesidad cercana merece una solución tecnológica y cómo la validamos antes de construir?*

Vuestro reto

Diseñar, prototipar y validar con al menos cinco personas usuarias una solución tecnológica a una necesidad real del IES Monte Claro, y defenderla en un pitch de tres minutos con datos, plan técnico, presupuesto y lenguaje inclusivo.

Lo que vais a producir

Proyecto tecnológico emprendedor validado.

Seguridad. Todos los retos los aprueba el docente antes de empezar.

Hoja de ruta · 7 sesiones

1. Analizamos la encuesta del centro, observamos y elegimos la necesidad que merece una solución.
2. Entrevistamos a personas usuarias y escribimos requisitos que se pueden medir.
3. Generamos ocho ideas, aplicamos SCAMPER y elegimos con una matriz ponderada.
4. Construimos un prototipo rápido y lo testeamos con cinco personas.
5. Iteramos con lo aprendido y planificamos tiempo, coste y punto de equilibrio.
6. Preparamos el pitch de tres minutos y la documentación.
7. Presentamos ante el jurado y resolvemos, cada persona, una necesidad nueva.

Al terminar seré capaz de…

- Detectar una oportunidad de mejora del centro a partir de encuestas y observación, y priorizarla con datos (porcentajes, frecuencia y gravedad).
- Definir la persona usuaria y redactar al menos cuatro requisitos medibles, con cifra, unidad y método de comprobación.
- Generar ideas con técnicas de creatividad (Crazy 8, SCAMPER) y elegir una con una matriz de decisión ponderada, calculando totales y márgenes.
- Construir un prototipo rápido, testearlo con cinco personas, analizar los resultados (porcentaje de éxito, tiempos, Pareto de fallos) e iterar con una mejora justificada.
- Planificar el proyecto con un cronograma y su ruta crítica, un presupuesto y un punto de equilibrio, y comunicarlo con vocabulario técnico y lenguaje inclusivo en un pitch cronometrado.

¿Cómo me evaluarán?

Con la rúbrica del producto final (Anexo 6), la lista de cotejo (Anexo 5) y una reflexión personal (Anexo 7). ¡Revisadlas antes de empezar!

ANEXO 2

Dossier técnico

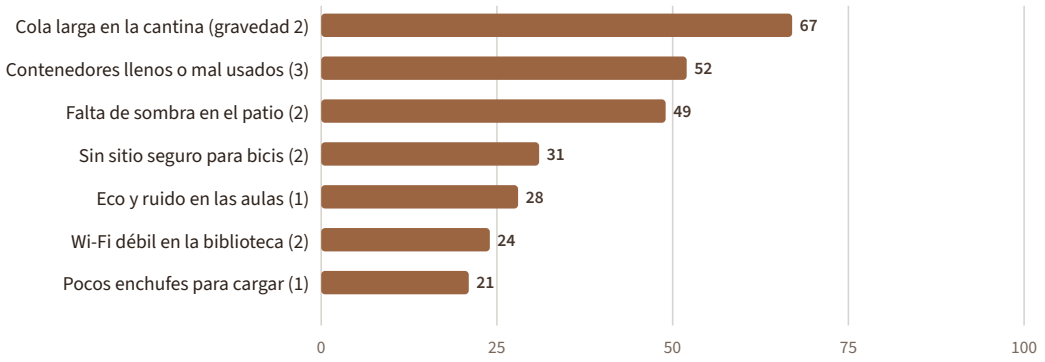
SdA 1 · Design Sprint: mejorar nuestro entorno

ALUMNADO

Lo necesario para recorrer el sprint sin búsquedas improvisadas: la encuesta del centro, el esquema del Design Sprint, un caso resuelto de principio a fin (aparcabicis seguro), entrevistas ficticias, el lienzo de propuesta de valor, una matriz de decisión calculada, la curva de problemas que se descubren al testear, el plan técnico con cronograma y presupuesto, un protocolo de prototipado y test, y un glosario.

F1 Encuesta del centro: ¿qué mejorarías del IES Monte Claro?

GRÁFICO

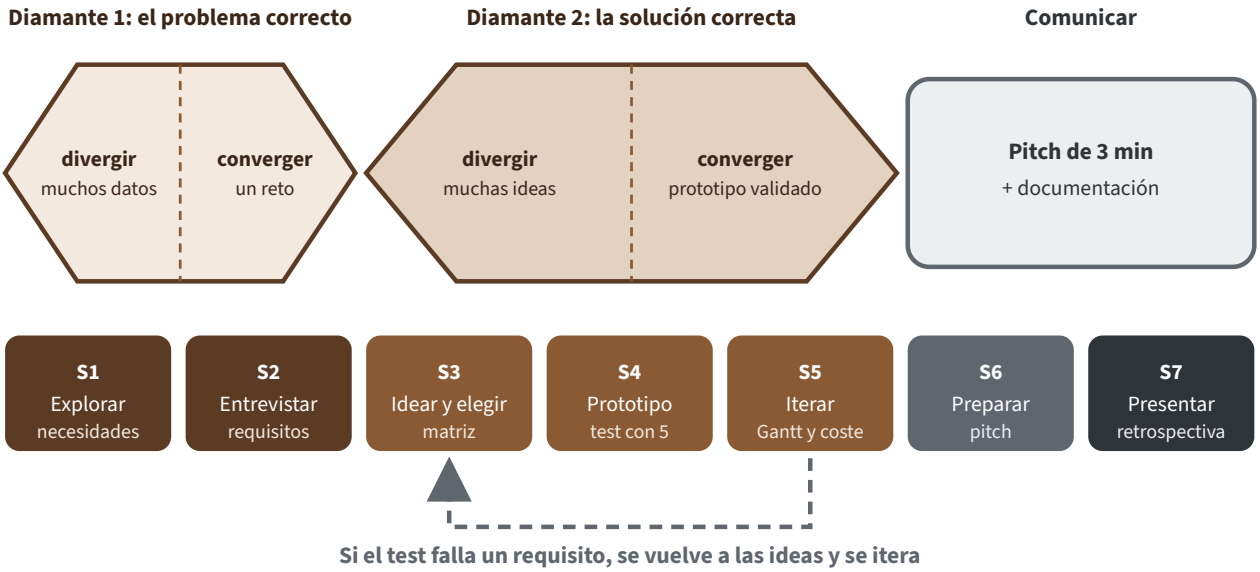


Fuente: Encuesta del IES Monte Claro (centro y datos ficticios, creados para este cuaderno). Respondieron 112 estudiantes de 3.º y 4.º de ESO; cada persona podía marcar hasta tres problemas. Gravedad estimada por el consejo escolar: 3 = afecta a la salud o a la seguridad, 2 = molesta cada día, 1 = molesta de vez en cuando.

Calcula el porcentaje de cada problema sobre las 112 personas encuestadas. ¿Por qué la suma de porcentajes supera el 100 %? ¿El problema más votado es siempre el más urgente?

F2 El Design Sprint escolar en siete sesiones

ESQUEMA



El Design Sprint **alterna abrir y cerrar**: primero se recogen muchos datos y muchas ideas (divergir) y después se decide con criterios (converger). Antes de construir en serio se **valida con personas usuarias**, porque un test barato evita un error caro.

Fuente: Esquema de elaboración propia. El método de cinco días (mapear, esbozar, decidir, prototipar y testear) lo describieron Jake Knapp, John Zeratsky y Braden Kowitz en el libro «Sprint» (2016), basado en su trabajo en Google Ventures; aquí se adapta a siete sesiones de aula.

F3 Caso resuelto: el aparcabicis seguro del IES Monte Claro

ESTUDIO DE CASO

El equipo «Pedalea» del curso pasado eligió la necesidad «sin sitio seguro para bicis». Así recorrió el sprint:

1. **Explorar (S1).** Encuesta a 96 estudiantes sobre cómo llegan al centro: a pie 41 (42,7 %), autobús 28 (29,2 %), coche familiar 17 (17,7 %), bici 6 (6,3 %) y patinete 4 (4,2 %). Segunda pregunta: «¿Vendrías en bici o patinete si hubiera un aparcamiento seguro?»: sí 31 (32,3 %), quizá 25 (26,0 %), no 40 (41,7 %). Estimación de demanda para los 240 estudiantes de 3.º y 4.º: 240 × 31/96 ≈ **78 personas**.
2. **Entrevistar (S2).** Tres entrevistas (F4) y una observación a las 8:20: 7 bicis atadas a la barandilla y 3 de ellas bloqueando la rampa.
3. **Definir.** Reto: «¿Cómo podríamos ofrecer un aparcamiento seguro, que no bloquee la rampa y sea accesible, para que más gente venga en bici?». Requisitos: **R1** al menos 24 plazas (3 módulos de 8); **R2** separación de 60 cm entre bicis (8 plazas = 8 × 0,60 m = 4,80 m); **R3** aparcar y candar la bici en 30 s o menos, con un éxito de al menos el 90 %; **R4** la rampa queda libre con 1,20 m de paso; **R5** coste de material por módulo de 70 € o menos.
4. **Idear y elegir (S3).** Tres ideas: A, módulo modular de listones con cubierta; B, caja cerrada con cerradura de código; C, anclajes en la pared sobre palés reutilizados. La matriz de F6 dio A = 48, B = 34 y C = 44 sobre 60: ganó la idea A.
5. **Prototipo y test (S4).** Un módulo a tamaño real con listones cortados por el docente y cinco personas distintas. **Test 1:** tiempos de 18, 22, 25, 41 y 20 s; solo 4 de 5 (80 %) cumplieron los 30 s, por debajo del 90 % exigido. Causa del caso de 41 s: tropezó con el listón central del suelo.
6. **Iterar (S5).** Cambios: se elimina el listón del suelo y se añaden marcas de color para guiar la rueda. **Test 2** con otras cinco personas: 17, 19, 21, 24 y 22 s; 5 de 5 (100 %) y media de 20,6 s (antes, 25,2 s).
7. **Plan y presupuesto.** Material por módulo: listones 26 € + herrajes 14 € + barniz 9 € + rotulación 6 € + tacos 7 € = **62 €** (R5 cumplido). Costes fijos: plantillas y herramientas 40 € + prototipo y pruebas 60 € + campaña de difusión 50 € = **150 €**. Tres módulos cuestan 150 + 3 × 62 = **336 €**, por debajo de los 400 € de la convocatoria.
8. **Modelo emprendedor.** El centro puede fabricar módulos para otros centros o AMPA a **95 €** cada uno. Margen por módulo: 95 − 62 = 33 €. Punto de equilibrio: 150 / 33 ≈ 4,5, es decir, **5 módulos**; con 5 módulos vendidos queda un beneficio de 5 × 95 − (150 + 5 × 62) = 15 €.

Fuente: Caso didáctico ficticio creado para este cuaderno. Datos de encuesta, tiempos de test y precios inventados, pero coherentes, para practicar los cálculos.

Señala en el caso un requisito medible, una decisión tomada con una matriz, una mejora causada por un test fallido y un dato que no se pueda saber solo con opiniones.

F4 Tres entrevistas ficticias y una observación

ESTUDIO DE CASO

Entrevista 1: Amina, 3.º ESO, usa la bici dos días por semana. «Vivo a 2,4 km. En autobús tardo 25 minutos entre esperar y viajar; en bici, 12. Pero tengo que atar la bici a la barandilla de la entrada y no me fío: hace dos meses se llevaron la de un chico de 2.º. Si hubiera un sitio con candado y cubierto, vendría todos los días, también cuando llueve; con lluvia hoy no me atrevo a venir.»

Entrevista 2: el Sr. Ismael, conserje del centro. «Aquí casi nadie viene en bici, tres o cuatro como mucho. El problema es que las dejan atadas a la barandilla de la rampa de la puerta lateral y no cabe una silla de ruedas. El centro exige que la rampa tenga siempre 1,20 m libres. No quiero estructuras que se claven al suelo sin permiso del ayuntamiento.»

Entrevista 3: Lucía, 2.º ESO, viene en patinete. «Con patinete no puedo usar un aparcabicis porque se cae. Lo pliego y lo subo hasta mi aula por dos tramos de escaleras, y pesa. Me da igual que haya techo; lo que quiero es dejarlo en un sitio seguro cerca de la entrada.»

Observación del equipo (jueves, 8:20-8:35, día seco): 7 bicis atadas a la barandilla, 3 de ellas sobre la rampa; 4 patinetes en el pasillo del edificio B; 2 estudiantes que llegan, miran las bicis atadas y se van a otra puerta. En una mañana de lluvia anterior se contaron 0 bicis.

Fuente: Entrevistas y observación ficticias, creadas para este cuaderno. Los nombres son inventados; en tus propias entrevistas usa roles («estudiante de 2.º») y nunca datos que identifiquen a nadie.

Compara lo que dice el conserje con lo que cuenta el equipo en la observación. ¿Qué dato crees más fiable y por qué? ¿Qué necesidad aparece solo en una entrevista y no se vería en una encuesta?

F5 Lienzo de propuesta de valor del aparcabicis

ESQUEMA

Persona usuaria: Amina, 3.º ESO	Nuestra propuesta: módulo aparcabicis
Tareas que quiere hacer Llegar en 12 min a clase, aparcar rápido, dejar la bici segura y subir a su aula sin tropezar con otras bicis.	**Productos y servicios** Módulo de 8 plazas (4,80 m) de listones, con cubierta y anclaje al suelo autorizado; plano y guía de montaje para el taller.
Frustraciones Miedo al robo (barandilla), bici mojada en los días de lluvia, bici que bloquea la rampa y regañinas del conserje.	**Aliviadores de frustraciones** Candado de U al cuadro y a la barra; cubierta contra la lluvia; lugar apartado de la rampa, que queda libre con 1,20 m de paso.
Alegrías que desea Ir en bici todos los días (12 min frente a 25 min en autobús), hacer deporte y sentir que la bici está a salvo.	**Creadores de alegría** Aparcar y candar en menos de 30 s, marcas de color para guiar la rueda y rótulo con el ahorro de CO_2 de ir en bici al centro.

Cómo se usa. La parte izquierda describe a la persona usuaria con lo que has aprendido en las entrevistas y la observación; la derecha, lo que ofrece tu solución. Cada fila de la derecha debe **responder a la fila de la izquierda**: si una frustración no tiene aliviador, falta un requisito.

Fuente: Esquema de elaboración propia basado en la herramienta «Value Proposition Canvas» de Alexander Osterwalder y su equipo, aplicada a los datos del caso F3 y F4 (ficticios).

F6 Matriz de decisión ponderada del caso (F3)

DATOS

Criterio	Peso	Idea A: módulo de listones	Idea B: caja con código	Idea C: anclajes en pared
Resuelve la necesidad (plazas y seguridad)	4	4 × 4 = 16	3 × 4 = 12	4 × 4 = 16
Accesible (rampa libre, uso sin esfuerzo)	3	4 × 3 = 12	3 × 3 = 9	3 × 3 = 9
Coste de material	2	3 × 2 = 6	2 × 2 = 4	4 × 2 = 8
Fabricable en el taller del centro	2	5 × 2 = 10	3 × 2 = 6	4 × 2 = 8
Sostenibilidad (material y reparabilidad)	1	4 × 1 = 4	3 × 1 = 3	3 × 1 = 3
Total (máximo 60)		**48**	**34**	**44**

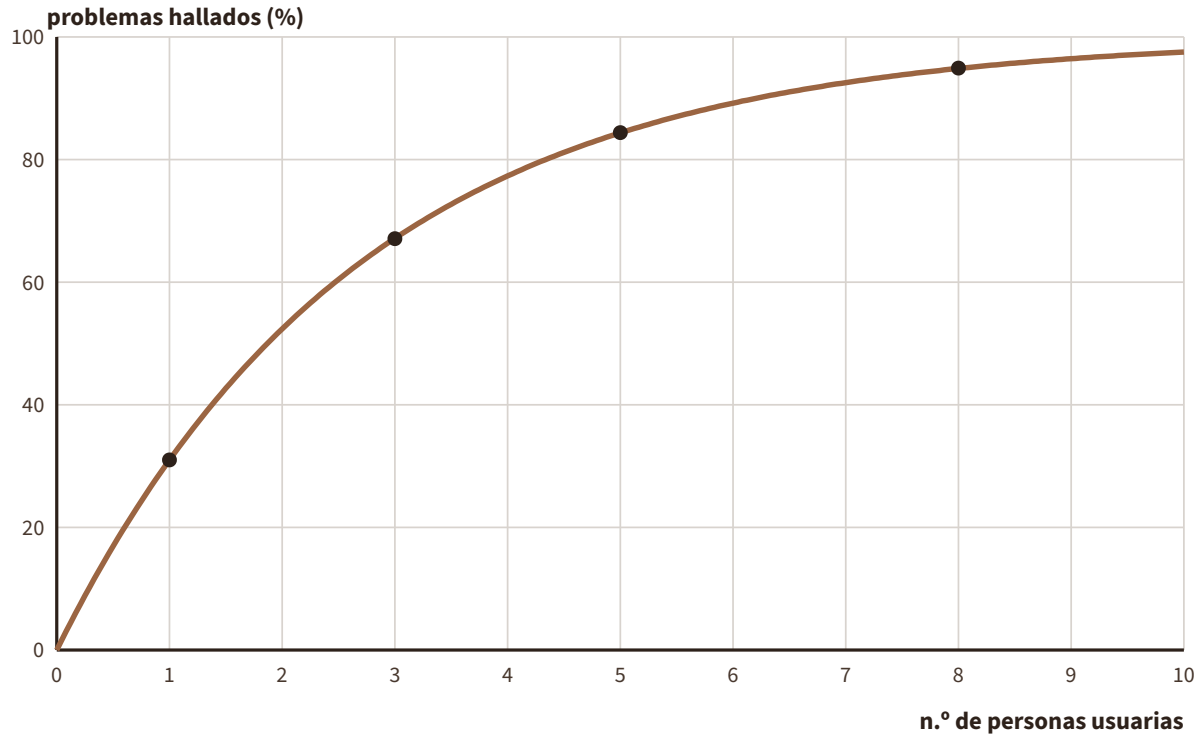
Cómo se usa: 1) los criterios salen de los requisitos; 2) el **peso** va de 1 (poco importante) a 4 (decisivo); 3) cada idea se puntúa de 1 a 5 en cada criterio; 4) se multiplica puntuación por peso; 5) se suma.

Máximo posible: 5 × (4 + 3 + 2 + 2 + 1) = 5 × 12 = **60 puntos**. **Margen de desempate:** si la diferencia entre dos ideas es de 3 puntos o menos (un 5 % del máximo), la matriz no basta: se construye un prototipo rápido de ambas y se decide con el test. Aquí A le saca 4 puntos a C: gana A, pero se anota el riesgo (coste).

Fuente: Cálculo de elaboración propia a partir del caso F3. Puntuaciones ficticias del equipo «Pedalea».

F7 Cuántas personas hacen falta para testear: la curva de problemas

GRÁFICO

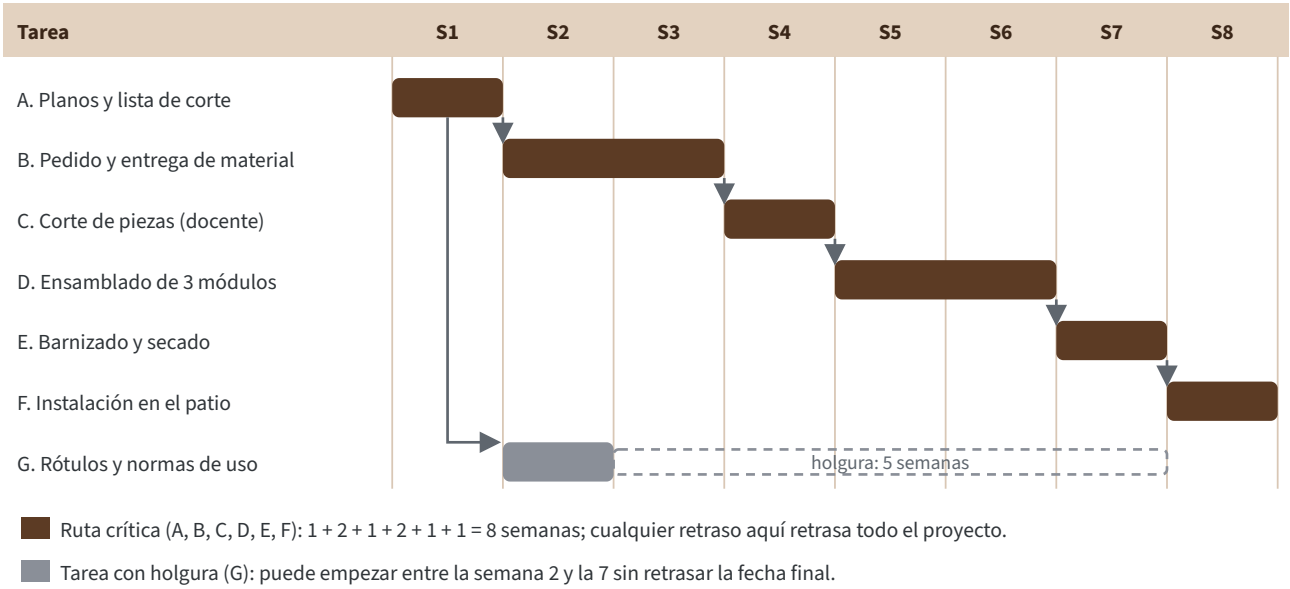


Fuente: Modelo de Jakob Nielsen y Thomas Landauer (1993), divulgado por Nielsen Norman Group (2000): con una probabilidad media L = 31 % de que una persona encuentre un problema dado, la proporción de problemas hallados con n personas es 1 − (1 − L)^n. Valor medio de estudios reales, no una ley exacta; cálculo propio con los datos del modelo.

Puntos marcados: con 1 persona se descubre el 31 % de los problemas; con 3, el 67 %; con 5, el 84 %; con 8, el 95 %. ¿Qué ganas pasando de cinco a diez personas? ¿Qué es mejor, un test de cinco personas, una mejora y otro test de cinco, o un único test de diez? Razona con la gráfica.

F8 Plan técnico del caso: cronograma de ocho semanas y ruta crítica

ESQUEMA



Cómo se lee. Cada barra empieza cuando terminan las tareas de las que depende. La **ruta crítica** es la cadena más larga de tareas sin margen; la **holgura** es el tiempo que una tarea puede retrasarse sin alargar el proyecto.

Fuente: Diagrama de Gantt de elaboración propia para fabricar los tres módulos del caso F3 (duraciones ficticias).

F9 Protocolo: prototipo rápido y test con cinco personas usuarias

PROTOCOLO

Material y herramientas: cartón pluma o cartón reutilizado, cartulina, notas adhesivas, cinta de papel, tijeras de punta redonda, regla, cronómetro y la plantilla del plan de pruebas (Anexo 3). Cúter de seguridad solo con base de corte y supervisión directa.

Equipo de protección y riesgos: riesgo de cortes y pinchazos con herramientas y de tropiezos durante la prueba. Mesa despejada y zona de prueba delimitada en el aula o en el patio. Si se prueba un objeto real (por ejemplo, una bici), se empuja a paso de persona, con supervisión y sin montar en ella.

Procedimiento:

1. Escribe cada requisito con su **medida y su umbral** (por ejemplo, «aparcar y candar en 30 s o menos, al menos el 90 % de las personas»).
2. Construye el **prototipo rápido** (papel, cartón o maqueta digital): solo lo necesario para probar la función. Una hora de trabajo, no un día.
3. Reúne **cinco personas** que no hayan participado en el diseño. Para cada una prepara una **tarea** («aparca la bici y ciérrala») y un guion que no revele la solución.
4. **Observa sin ayudar.** Una persona dirige la prueba, otra cronometra y otra anota fallos y comentarios. Pide que piense en voz alta.
5. Después pregunta con preguntas abiertas: «¿Qué te ha costado?», «¿Qué cambiarías?». Anota «dos estrellas y un deseo».
6. Calcula el **porcentaje de éxito**, la **media** y la **mediana** de los tiempos; agrupa los fallos por causa y ordénalos de mayor a menor (Pareto).
7. Compara con el umbral. Si no se cumple, anota la causa, cambia **una cosa cada vez** y repite el test con otras cinco personas.

Cierre y privacidad: no se graban voz ni imagen de las personas; las notas llevan solo roles («estudiante A, 14 años») y datos no sensibles. Se avisa de que la participación es voluntaria y que pueden parar cuando quieran. No se publicarán imágenes identificables ni se recogerán datos personales reales sin la autorización que resulte aplicable y sin respetar las normas del centro. Cuando un tratamiento de datos se base en consentimiento, se aplicará el artículo 7 de la LOPDGDD. Al terminar, guarda el prototipo para iterar o recíclalo en el contenedor de papel y cartón.

Resultado esperable: tabla con los resultados de las cinco personas, porcentaje de éxito, causas de fallo ordenadas y una decisión de mejora justificada con datos.

Fuente: Protocolo de elaboración propia. Las normas del centro y las indicaciones del docente prevalecen. Incluye recomendaciones de privacidad según la LOPDGDD (Ley Orgánica 3/2018); cuando un tratamiento de datos se base en consentimiento, se aplica su artículo 7.

F10 Glosario del sprint

GLOSARIO

Design Sprint	Proceso corto y estructurado para pasar de un problema a un prototipo validado con personas usuarias.
Persona usuaria	Persona real o representativa para quien se diseña; sus tareas, frustraciones y deseos guían los requisitos.
Requisito medible	Condición de la solución con una cifra, una unidad y un método de comprobación.
Crazy 8	Técnica de ideación: ocho ideas dibujadas en ocho minutos, un minuto por idea.
SCAMPER	Lista de preguntas (sustituir, combinar, adaptar, modificar, proponer otros usos, eliminar, reordenar) para transformar una idea.
Matriz de decisión	Tabla que puntúa ideas con criterios ponderados para elegir con argumentos.
Prototipo rápido	Versión muy simple de la solución, construida en poco tiempo, solo para probar una hipótesis.
Iteración	Ciclo de probar, aprender y mejorar el diseño; cada vuelta cambia lo que el test ha mostrado que falla.
Ruta crítica	Cadena de tareas dependientes de mayor duración total; marca la duración mínima del proyecto.
Punto de equilibrio	Unidades que hay que vender para que los ingresos igualen los costes: costes fijos / (precio − coste variable).
Pitch	Presentación muy breve y persuasiva de una idea, con tiempo limitado.

Fuente: Glosario de elaboración propia.

ANEXO 3

Fichas del alumnado

SdA 1 · Design Sprint: mejorar nuestro entorno

ALUMNADO

FICHA 1 Exploramos necesidades del centro

SESIÓN 1

Nombre: _____ **Curso/grupo:** _____ **Fecha:** _____

Primero, el diagnóstico individual. Después, en equipo, analiza la encuesta del centro (F1) y el esquema del sprint (F2).

1 **Diagnóstico. Marca la respuesta correcta.**

Un Design Sprint es…

◯ un programa para dibujar planos en 3D ◯ una carrera de equipos de robótica

◯ un proceso corto para pasar de un problema a un prototipo validado con personas usuarias

¿Cuál es un requisito medible?

◯ que se pueda aparcar y candar una bici en 30 s o menos ◯ que sea bonito y moderno ◯ que a todo el mundo le guste

Una persona dice que usaría la solución, pero en la observación no la usa. Para diseñar…

◯ se contrasta lo que hace con lo que dice ◯ solo cuenta lo que piensa el equipo ◯ solo cuenta lo que dice

Una idea es emprendedora cuando…

◯ se copia de otro proyecto ◯ usa la tecnología más cara

◯ aporta valor a una comunidad y se puede sostener con recursos y coste razonables

2 **Con F1, completa la tabla de priorización. Porcentaje = votos / 112 × 100. Índice = votos × gravedad.**

Problema	Votos	% de 112	Gravedad	Índice
Cola en la cantina	67		2	
Contenedores llenos o mal usados	52		3	
Falta de sombra en el patio	49		2	
Sin sitio seguro para bicis	31		2	
Eco y ruido en las aulas	28		1	
Wi-Fi débil en la biblioteca	24		2	
Pocos enchufes para cargar	21		1	

3 **¿Qué problema es el más votado y cuál tiene el índice más alto? ¿Por qué la suma de los porcentajes supera el 100 %? ¿Cuál priorizaríais y por qué (datos, valor para la comunidad y posibilidad de resolverlo en siete sesiones)?**

4 **Salida de observación (10 minutos). Recorred el centro y anotad tres situaciones reales no sensibles, sin fotografiar a nadie. Después elegid el problema del equipo y escribid el reto «¿Cómo podríamos… para que…?».**

Lugar	Qué ocurre	Quién se ve afectado	Dato observable (nº, tiempo, medida)

FICHA 2 Entrevistas, observación y requisitos

SESIÓN 2

Usa las entrevistas y la observación (F4), el lienzo del caso (F5), el caso resuelto (F3) y el protocolo de pruebas con privacidad (F9).

1 **Lee F4 y completa, para cada persona, qué hace, qué le frustra y qué desea.**

Persona	Qué hace (tareas)	Frustraciones	Deseos
Amina			
Sr. Ismael			
Lucía			

2 **El conserje dice que «casi nadie viene en bici». Compáralo con la observación del equipo (F4). ¿Qué dato es más fiable y por qué? ¿Qué requisito nuevo aparece que una encuesta no habría detectado?**

3 **Convierte estas preguntas cerradas en preguntas abiertas que inviten a contar historias reales.**

Pregunta cerrada	Pregunta abierta
¿Te gusta venir en bici?	
¿Te parece caro el material?	
¿Te molesta la cola de la cantina?	

4 **Escribid el perfil de vuestra persona usuaria (tareas, frustraciones y deseos) y cuatro requisitos medibles, cada uno con cifra, unidad y forma de comprobarlo.**

N.º	Requisito (con número y unidad)	Cómo se comprueba
1		
2		
3		
4		

FICHA 3

Ideas y matriz de decisión

SESIÓN 3

Cada persona propone al menos una idea. Usa la matriz del caso (F6) y el lienzo de propuesta de valor (F5).

1 **Crazy 8. En 8 minutos, dibujad ocho ideas para vuestro reto (un minuto por idea), con una frase de rótulo cada una.**

2 **SCAMPER. Elegid cuatro preguntas y aplicadlas a vuestra mejor idea para transformarla.**

Letra	Pregunta	Idea transformada
S	Sustituir: ¿qué material, proceso o persona puedes sustituir?	
C	Combinar: ¿qué dos cosas puedes unir en una?	
E	Eliminar: ¿qué parte sobra y complica el uso?	
R	Reordenar: ¿qué cambia si inviertes el orden o el uso?	

3 **Practica con un ejemplo. Un equipo puntuó tres ideas para la cola de la cantina. Pesos: reduce la espera 4, viable con los medios del centro 3, coste 2, accesible 2, protege los datos personales 1. Calcula los totales (máximo 60), elige y razona.**

Idea	Espera	Viable	Coste	Accesible	Datos	Total
1. Preencargo con formulario del centro	5	3	4	3	2	
2. Segunda ventanilla solo de bocadillos	3	2	2	4	5	
3. Pantalla con el tiempo de espera estimado	2	4	4	4	5	

4 **Completad vuestra matriz con criterios y pesos coherentes con los requisitos, calculad los totales y escribid la idea elegida. Si dos ideas quedan a 3 puntos o menos, ¿qué haréis?**

Criterio	Peso	Idea 1	Idea 2	Idea 3

FICHA 4 Prototipo rápido y test con cinco personas

SESIÓN 4

Usa el protocolo de pruebas (F9), la curva de problemas (F7) y los requisitos de la ficha 2.

1 **Plan de pruebas. Para tres requisitos de vuestro proyecto, escribid la tarea que hará la persona usuaria, qué medís y el umbral de éxito.**

Requisito	Tarea de la persona usuaria	Medida	Umbral de éxito

2 **Con la fórmula de F7, f(n) = 1 − (1 − 0,31)^n, calcula el porcentaje de problemas descubiertos con n personas. ¿Por qué se suele testear con cinco personas y repetir el test tras mejorar, en lugar de hacer un único test con veinte?**

n.º de personas (n)	1 − 0,69^n	% de problemas
1		
3		
5		
8		

3 **Un equipo testeó el prototipo de un contenedor con pictogramas con 5 personas, que clasificaron 6 residuos cada una (30 intentos). Requisito: acierto de al menos el 90 %. Calcula el porcentaje de acierto, ordena las causas de error y decide qué arreglarías primero.**

Residuo mal clasificado	Fallos (de 5 personas)	% de los fallos	% acumulado
Envase de zumo (tetrabrik)	2		
Servilleta con grasa	2		
Lata de refresco	1		
Botella de plástico, periódico y piel de plátano	0		

4 **Dibujad vuestro prototipo rápido (papel, cartón o pantalla) con las medidas principales y escribid qué esperáis aprender con el test.**

FICHA 5 Iteración y plan técnico

SESIÓN 5

Usa el cronograma del caso (F8), el presupuesto del caso (F3) y el registro de resultados de la ficha 4.

1 **Cronograma. Un equipo prepara una prueba piloto del preencargo de la cantina. Calcula inicio y fin de cada tarea (en semanas), la duración total, la ruta crítica y la holgura. La tarea E no puede empezar hasta que terminen B, C y D.**

Tarea	Dura (sem.)	Depende de	Inicio	Fin	Holgura
A. Diseñar el formulario y el flujo	2	—			
B. Probar con 10 personas y corregir	2	A			
C. Preparar carteles y códigos QR	1	A			
D. Acordar horario y espacio con la cantina	2	—			
E. Lanzar la prueba piloto	1	B, C, D			

2 **Punto de equilibrio. Un equipo fabrica soportes de móvil con madera reutilizada para vender en la feria del centro. Costes fijos: 120 €. Coste variable por soporte: 7,50 €. Precio: 12 €. Calcula el margen por soporte, el punto de equilibrio y el beneficio si vende 40.**

3 **Plan del equipo. Repartid las tareas de vuestro proyecto hasta la presentación, con un entregable que se pueda comprobar.**

Tarea	Responsable (rol)	Semana	Entregable comprobable

4 **Registro de iteración. Anotad qué falló en el test (con un dato), qué cambiáis y cómo mejora el resultado al repetir la prueba.**

Iteración	Qué falló (dato)	Cambio realizado	Resultado de la nueva prueba
1			
2			

FICHA 6

Preparamos el pitch

SESIÓN 6

Un pitch convincente cabe en tres minutos. Usa el caso (F3), la matriz (F6) y los resultados de vuestro test.

1 **Repartid los 180 segundos del pitch entre los seis bloques (la suma debe ser 180 s) y escribid el mensaje clave de cada uno, con al menos un dato.**

Bloque	Tiempo (s)	Mensaje clave con dato
1. Problema y gancho		
2. Persona usuaria y datos		
3. Solución y prototipo		
4. Validación: resultados del test		
5. Plan, coste y valor		
6. Cierre y petición al jurado		

2 **Reescribe con lenguaje inclusivo y no sexista, sin perder precisión.**

Frase original	Versión inclusiva
Los alumnos podrán aparcar sus bicis.	
El usuario es lo más importante.	
Se lo preguntamos a los profesores y a los conserjes.	
Los ciclistas del centro lo agradecerán.	
Necesitamos un portavoz del equipo.	

3 **Gestión del tiempo. Hablando a unas 130 palabras por minuto, ¿cuántas palabras caben en 3 minutos? Si el guion tiene 4 diapositivas con 90 palabras cada una, ¿cabe? ¿Cuánto tiempo sobra o falta?**

4 **Feedback asertivo. Escribe un comentario para otro equipo con la estructura «Me ha gustado… / No me ha quedado claro… / Te propongo…», apoyado en un dato. Después revisa vuestra documentación.**

- [ ] Las necesidades están justificadas con datos y porcentajes.
- [ ] Los requisitos tienen cifra, unidad y método de comprobación.
- [ ] La matriz y el presupuesto están calculados y revisados.
- [ ] Los resultados del test se comparan con el umbral.
- [ ] No hay nombres, fotos ni datos personales.
- [ ] El lenguaje es inclusivo y el vocabulario, técnico.

FICHA 7 Evidencia individual: la biblioteca del centro

SESIÓN 7

Trabajo individual. Aplica el Design Sprint a una necesidad nueva con los datos de este caso. Puedes usar F3, F6 y F9.

1 **En la biblioteca del IES Monte Claro hay 28 puestos de estudio. En una encuesta a 80 estudiantes: «me cuesta encontrar sitio libre en el recreo», 52; «hay demasiado ruido», 44; «faltan enchufes», 36; «no sé qué libros hay», 18. A las 11:10 se contaron 15 estudiantes de pie esperando. Calcula los porcentajes y elige la necesidad prioritaria con argumentos.**

2 **Escribe el reto «¿Cómo podríamos…?» y tres requisitos medibles (cifra, unidad y comprobación).**

3 **Propón dos ideas y elige con una matriz de tres criterios: resuelve la necesidad (peso 3), coste (peso 2) y protege los datos personales (peso 1). Puntúa de 1 a 5, calcula los totales (máximo 30) y razona.**

Idea	Resuelve (×3)	Coste (×2)	Datos (×1)	Total
Idea 1:				
Idea 2:				

4 **Diseña el test: ¿a cuántas personas, qué tarea, qué medida y qué umbral? Si 3 de 5 personas no completan la tarea, ¿qué decides? Redacta además una frase de la presentación en lenguaje inclusivo.**

ANEXO 4

Plantilla del producto final

SdA 1 · Design Sprint: mejorar nuestro entorno

ALUMNADO

Nombre: **Curso/grupo:** **Fecha:**

Memoria del proyecto tecnológico emprendedor. Completadla en equipo a lo largo del sprint; es la base del pitch de tres minutos.

Necesidad y persona usuaria

¿Qué problema del centro resolvéis y para quién? Perfil con tareas y frustraciones.

Datos que lo justifican

Encuesta, observación y entrevistas: porcentajes, recuentos y citas.

Reto y requisitos medibles

«¿Cómo podríamos…?» y al menos cuatro requisitos con cifra, unidad y prueba.

Ideas y matriz de decisión

Resumen de las ocho ideas, tres finalistas con sus totales y la idea elegida.

Iteración 1

Prototipo, resultados del test (n.º de personas, % de éxito, tiempos) y fallo principal.

Iteración 2

Cambio realizado, nuevo test y comparación con el umbral.

Plan técnico y presupuesto

Cronograma y ruta crítica, costes fijos y variables, precio y punto de equilibrio.

Pitch de 3 minutos

Gancho, tres mensajes con datos y petición al jurado, en lenguaje inclusivo.

ANEXO 5

Lista de cotejo

SdA 1 · Design Sprint: mejorar nuestro entorno

ALUMNADO

Nombre: _____ **Curso/grupo:** _____ **Fecha:** _____

Antes de entregar **Proyecto tecnológico emprendedor validado**, comprueba cada punto y marca la casilla. Si alguno falla, todavía estás a tiempo de mejorarlo.

Contenido del producto

- [ ] La necesidad está justificada con datos (porcentajes, recuentos o citas) y no solo con opiniones.
- [ ] Hay al menos cuatro requisitos medibles, cada uno con cifra, unidad y método de comprobación.
- [ ] Se han generado ocho ideas (Crazy 8), se ha aplicado SCAMPER y la matriz de decisión está bien calculada.
- [ ] El prototipo se ha testeado con cinco personas que no son del equipo y los resultados se comparan con los umbrales.
- [ ] Hay al menos una iteración con un cambio justificado por un fallo concreto y un segundo test.
- [ ] El cronograma muestra dependencias, ruta crítica y holgura; el presupuesto y el punto de equilibrio están calculados con unidades (€ y n.º de unidades).
- [ ] Se cumplen la privacidad y la seguridad: sin nombres, fotos ni datos personales; consentimiento cuando procede.
- [ ] La solución considera accesibilidad y sostenibilidad (rampa libre, material reutilizado o reparable, coste asumible).
- [ ] El pitch cabe en 3 minutos, usa lenguaje inclusivo, cita las fuentes y la documentación se entrega completa.

Calidad y rigor

- [ ] He usado el vocabulario técnico, la simbología normalizada y las unidades correctas.
- [ ] He justificado las decisiones con requisitos, pruebas, datos o esquemas, y he indicado sus límites.
- [ ] He respetado las normas de seguridad, privacidad y uso responsable de la situación.
- [ ] He citado las fuentes y respetado las licencias de imágenes, código o modelos utilizados.
- [ ] He revisado la presentación y he incorporado las mejoras de la coevaluación o de las pruebas.

Lo que más me ha costado

_____

_____

Firma del equipo / fecha de entrega

_____

_____

ANEXO 6

Rúbrica imprimible

SdA 1 · Design Sprint: mejorar nuestro entorno

ALUMNADO · DOCENTE

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Rúbrica para valorar **Proyecto tecnológico emprendedor validado**. Marca el nivel alcanzado en cada indicador.

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial	Nivel
Necesidad y diseño	Prioriza la necesidad con datos de encuesta y observación, define a la persona usuaria, redacta cuatro o más requisitos medibles y elige entre tres o más ideas con una matriz ponderada correcta, justificando también el valor para la comunidad.	Define la necesidad y los requisitos principales (al menos tres medibles) y elige una idea con la matriz, con justificación suficiente.	La necesidad se apoya en opiniones, los requisitos no se pueden medir o la matriz tiene errores de cálculo.	No relaciona la solución con una necesidad real del centro ni con requisitos.	
Funcionamiento / evidencia	El prototipo se testea con cinco personas y los resultados (porcentaje de éxito, tiempos, fallos por causa) se comparan con los umbrales; se interpretan los límites de la prueba y de la muestra.	El prototipo permite probar la función principal y se aportan resultados de cinco personas frente a los requisitos.	El prototipo es parcial o el test se hace con menos personas o sin umbrales claros.	No hay prototipo comprobable ni resultados de prueba.	
Documentación técnica	Memoria con requisitos, matriz, resultados, Gantt con ruta crítica, presupuesto y punto de equilibrio correctos, con unidades y vocabulario técnico; otro equipo podría repetir el proceso.	Documentación suficiente, con algún cálculo o dato sin justificar.	Faltan cálculos o fases del sprint, o hay errores que impiden seguir el proceso.	Documentación insuficiente para comprender el proceso.	
Seguridad, ética y sostenibilidad	Respeta la privacidad (datos ficticios o no sensibles, sin fotos ni nombres), incluye accesibilidad desde el diseño, calcula la sostenibilidad económica y usa lenguaje inclusivo en todo el trabajo.	Cumple las normas de seguridad y privacidad y considera la accesibilidad y el coste.	Necesita recordatorios sobre privacidad o lenguaje, o trata la accesibilidad de forma superficial.	Recoge datos personales, incumple normas de seguridad o ignora a parte de las personas usuarias.	
Iteración y cooperación	Convierte un test fallido en una mejora justificada con datos, vuelve a probar y mejora el resultado; los roles rotan, las decisiones se toman en equipo y el feedback a otros equipos es asertivo y concreto.	Hace al menos una iteración a partir del test y coopera adecuadamente.	La iteración es superficial o no se vuelve a probar; la cooperación es irregular.	No revisa el prototipo tras el test o dificulta el trabajo del equipo.	

Observaciones del docente

Valoración global

ANEXO 7

Autoevaluación y coevaluación

SdA 1 · Design Sprint: mejorar nuestro entorno

ALUMNADO

Nombre: _____ Curso/grupo: _____ Fecha: _____

Parte 1 · Autoevaluación

Afirmación	Aún no	Con ayuda	Bien	Muy bien
Sé convertir una opinión en un dato o un requisito que se puede medir y comprobar.	○	○	○	○
Sé decidir si un test falla o pasa comparándolo con un umbral y proponer una mejora con datos.	○	○	○	○
He cumplido mi rol y mis tareas dentro del equipo.	○	○	○	○
He escuchado y tenido en cuenta las ideas de los demás.	○	○	○	○
He usado datos, pruebas o evidencias para justificar mis decisiones.	○	○	○	○
He revisado y mejorado mi trabajo a partir de la retroalimentación.	○	○	○	○

Dos aprendizajes que he logrado

_____

_____

_____

Una dificultad que he tenido

_____

_____

_____

Una mejora que haré la próxima vez

_____

_____

Parte 2 · Coevaluación de otro equipo

Equipo evaluado: _____

Fortaleza 1

_____

_____

Fortaleza 2

_____

_____

Propuesta de mejora

_____

_____

ANEXO 8

Refuerzo

SdA 1 · Design Sprint: mejorar nuestro entorno

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Aquí tienes un reto ya elegido, los datos de partida y un guion de entrevista para practicar el sprint paso a paso sin tener que buscar la necesidad.

Reto preseleccionado

Problema: los contenedores de reciclaje del patio se llenan en el recreo y la gente tira los envases sin separar.

Datos de partida (ficticios): 112 estudiantes encuestados; 52 señalan el problema (46,4 %). Observación en el recreo: de 40 residuos tirados, 14 acaban en un contenedor equivocado (35 %).

Reto: «¿Cómo podríamos facilitar que cada residuo llegue al contenedor correcto en el recreo?».

Requisitos ya escritos:

- Al menos el 90 % de los residuos en el contenedor correcto en una prueba de 30 intentos.
- Una persona entiende dónde va cada residuo en menos de 5 s.
- Pictogramas legibles a 2 m de distancia y con buen contraste.
- Coste de material de 40 € o menos.

Guion de entrevista y pasos guiados

Preguntas abiertas (6):

1. Cuéntame cómo fue la última vez que tiraste un envase en el patio.
2. ¿Qué es lo más difícil de decidir en qué contenedor va cada cosa?
3. ¿Qué haces cuando el contenedor está lleno?
4. ¿Qué te ayudaría a acertar más a la primera?
5. ¿Qué cambiarías del contenedor actual?
6. ¿Hay algo que no te haya preguntado y quieras contarme?

Pasos: 1) entrevista a dos compañeros o compañeras con el guion, anotando solo sus roles; 2) subraya un dato, una frustración y un deseo; 3) comprueba que tus ideas cumplen los cuatro requisitos; 4) prepara una prueba de 5 personas y 6 residuos.

1 **Haz la entrevista con el guion a dos personas (o simúlala con un compañero). Completa la tabla sin escribir nombres.**

Rol de la persona	Dato que cuenta	Frustración	Deseo
Estudiante A			
Estudiante B			

2 **Calcula los porcentajes de los datos de partida: 52 de 112 estudiantes y 14 de 40 residuos mal clasificados. ¿Qué mejora supone pasar al 90 % de aciertos?**

3 **Dibuja una idea de contenedor con pictogramas y escribe dos requisitos que cumple. Después prepara la tabla de la prueba.**

Persona	Aciertos (de 6 residuos)	Tiempo (s)	Comentario

ANEXO 9

Ampliación

SdA 1 · Design Sprint: mejorar nuestro entorno

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Segunda iteración con feedback contradictorio

En un test real, las personas no siempre piden lo mismo. Tu equipo ha recibido comentarios que se contradicen sobre la señalización del contenedor y debe **priorizar con criterio**, rediseñar y volver a probar.

Pasos

1. Clasifica los comentarios de la tabla en «datos» y «opiniones» y calcula la prioridad de cada cambio (prioridad = impacto / esfuerzo).
2. Decide qué cambio haces primero y justifícalo con un criterio de accesibilidad y con el requisito que se vería afectado.
3. Rediseña el prototipo con un cambio que reconcilie los comentarios contradictorios (por ejemplo, forma y texto además del color).
4. Diseña un segundo test con otras cinco personas y escribe el umbral de éxito. Anota qué harías si el resultado empeora.

1 **Feedback recibido en el test del contenedor (cinco personas).**

Comentario	Quién	Impacto (1-3)	Esfuerzo (1-3)	Prioridad
«Poned más colores y más grandes.»	Estudiante A	2	1	
«Los colores me confunden; no distingo el verde del marrón.»	Estudiante B (daltonismo)	3	2	
«Poned menos texto; se lee mal de lejos.»	Estudiante C	2	2	
«Quitad los pictogramas y dejad solo palabras.»	Estudiante D	1	1	

Entrega

Ficha con la tabla de prioridades calculada, el cambio elegido y su justificación, un boceto rediseñado y el plan del segundo test con su umbral.

ANEXO 10

Guía docente y soluciones

SdA 1 · Design Sprint: mejorar nuestro entorno

DOCENTE

Ficha 1

1. Diagnóstico: un proceso corto para pasar de un problema a un prototipo validado con personas usuarias; «que se pueda aparcar y candar una bici en 30 s o menos»; se contrasta lo que hace con lo que dice; aporta valor a una comunidad y se puede sostener con recursos y coste razonables.
2. Porcentajes (sobre 112): cantina 67 → 59,8 %; contenedores 52 → 46,4 %; sombra 49 → 43,8 %; bicis 31 → 27,7 %; eco 28 → 25,0 %; Wi-Fi 24 → 21,4 %; enchufes 21 → 18,8 %. Índice (votos × gravedad): 134, 156, 98, 62, 28, 48 y 21.
3. Más votado: cola en la cantina (59,8 %). Índice más alto: contenedores llenos o mal usados (156), porque su gravedad es 3. La suma de porcentajes supera el 100 % (59,8 + 46,4 + 43,8 + 27,7 + 25,0 + 21,4 + 18,8 = 242,9 %) porque cada persona podía marcar hasta tres problemas y el porcentaje se calcula sobre las 112 personas, no sobre los 272 votos. Aceptar cualquier priorización razonada (frecuencia, gravedad, viabilidad en 7 sesiones, valor para la comunidad).
4. Observación: respuesta abierta; valorar datos observables (recuentos, tiempos, medidas) y que no se identifique a nadie. Reto modelo: «¿Cómo podríamos reducir la espera en la cantina para que todas las personas disfruten de su recreo completo?».

Ficha 2

1. Amina: ata la bici a la barandilla y viene dos días por semana (12 min frente a 25 min en autobús); le frustran el miedo al robo y no poder venir si llueve; desea un sitio con candado y cubierto. Sr. Ismael: debe mantener la rampa libre; le frustran las bicis sobre la rampa; desea una estructura que no estorbe y que no se clave sin permiso. Lucía: pliega el patinete y lo sube dos tramos de escaleras; le frustran el peso y que el aparcabicis no le sirva; desea dejarlo seguro cerca de la entrada.
2. La observación cuenta 7 bicis atadas, frente a «tres o cuatro» del conserje: el recuento es un dato comprobable; la afirmación del conserje es una estimación. Requisitos nuevos que una encuesta no vería: rampa con 1,20 m libres y espacio para patinetes (plegados o con enganche), además de cubierta para los días de lluvia (0 bicis en un día lluvioso).
3. Ejemplos: «Cuéntame cómo llegas al centro cada día y qué es lo mejor y lo peor del trayecto»; «¿Qué tienes en cuenta cuando decides qué material comprar?»; «Cuéntame qué pasa desde que sales de clase hasta que pagas en la cantina».
4. Respuesta abierta. Ejemplo de requisitos: 1) al menos 24 plazas (se cuentan en el plano); 2) separación de 60 cm entre bicis (se mide); 3) aparcar y candar en 30 s o menos, al menos el 90 % de las personas (test de cinco personas); 4) coste de material de 70 € o menos por módulo (presupuesto). Rechazar «que sea cómodo» si no se concreta.

Ficha 3

1. Crazy 8: valorar ocho ideas distintas y con rótulos, no ocho variantes de la misma; no se evalúan en este momento.
2. SCAMPER: respuestas abiertas; deben ser transformaciones concretas (por ejemplo, sustituir madera por palés reutilizados; combinar el módulo con un banco; eliminar el listón del suelo).
3. Idea 1: $5{\cdot}4 + 3{\cdot}3 + 4{\cdot}2 + 3{\cdot}2 + 2{\cdot}1 = 20 + 9 + 8 + 6 + 2 = 45$. Idea 2: $3{\cdot}4 + 2{\cdot}3 + 2{\cdot}2 + 4{\cdot}2 + 5{\cdot}1 = 12 + 6 + 4 + 8 + 5 = 35$. Idea 3: $2{\cdot}4 + 4{\cdot}3 + 4{\cdot}2 + 4{\cdot}2 + 5{\cdot}1 = 8 + 12 + 8 + 8 + 5 = 41$. Gana la idea 1 (45 de 60), con 4 puntos sobre la idea 3. Como $4 > 3$ (el 5 % del máximo), la matriz basta, pero se anota el riesgo de que la idea 1 recoja datos.
4. Matriz propia: criterios coherentes con los requisitos, pesos explicados y cálculo correcto. Si la diferencia es de 3 puntos o menos, se construye un prototipo rápido de ambas ideas y se decide con el test.

Ficha 4

1. Plan de pruebas: cada requisito con una tarea observable, una medida (tiempo, nº de aciertos) y un umbral con cifra.
2. $f(1) = 31{,}0\ \%$; $f(3) = 1 - 0{,}69^3 = 67{,}1\ \%$; $f(5) = 84{,}4\ \%$; $f(8) = 94{,}9\ \%$. Con 20 personas sería el 99,9 %, pero el coste es cuatro veces mayor para ganar 15 puntos; es más rentable testear con cinco, arreglar y volver a testear, porque los problemas ya corregidos dejan de ocultar otros.
3. Acierto: 25 de 30 = 83,3 % (< 90 %, no cumple). Fallos: 5 en total. Tetrabrik 2 (40 %, acumulado 40 %); servilleta 2 (40 %, acumulado 80 %); lata 1 (20 %, acumulado 100 %); resto 0. Arreglar primero los pictogramas de tetrabrik y servilleta: resuelve el 80 % de los fallos. Con esos 4 fallos corregidos el acierto sería 29 de 30 = 96,7 %.
4. Prototipo: valorar que sea rápido, con medidas principales y una hipótesis a comprobar.

Ficha 5

1. A: inicio 0, fin 2, holgura 0. B: inicio 2, fin 4, holgura 0. C: inicio 2, fin 3, holgura 1. D: inicio 0, fin 2, holgura 2. E: inicio 4, fin 5, holgura 0. Duración total: 5 semanas. Ruta crítica: A → B → E (2 + 2 + 1 = 5).
2. Margen = 12 − 7,50 = 4,50 €/soporte. Punto de equilibrio = 120 / 4,50 = 26,67, por lo que hay que vender 27 soportes (con 26 hay una pérdida de 3 €). Con 40 soportes: ingresos 480 €, costes 120 + 40 · 7,50 = 420 €, beneficio 60 €.
3. Plan del equipo: respuestas abiertas; comprobar que cada tarea tiene responsable por rol, semana y entregable verificable.
4. Registro de iteración: la fila debe enlazar un dato del test (por ejemplo, 80 % de éxito frente al 90 % exigido), un cambio concreto y el resultado numérico de la nueva prueba.

Ficha 6

1. Ejemplo de reparto: 20 + 30 + 40 + 40 + 30 + 20 = 180 s. Aceptar otros repartos que sumen 180 s con la validación y los datos bien presentes; cada mensaje clave debe contener un número.
2. El alumnado; las personas usuarias son lo más importante; Se lo preguntamos al profesorado y al personal de conserjería; Quienes vienen en bici lo agradecerán; Necesitamos a una persona que actúe como portavoz del equipo.
3. 130 palabras/min × 3 min = 390 palabras. 4 × 90 = 360 palabras: caben, y sobran 30 palabras (unos 14 s) para pausas y cambio de diapositiva.
4. Feedback: debe referirse a un dato concreto de otro equipo, en tono respetuoso y con una propuesta. Revisión: marcar las seis casillas antes de entregar.

Ficha 7

1. Porcentajes sobre 80: 52 → 65,0 %; 44 → 55,0 %; 36 → 45,0 %; 18 → 22,5 %. Necesidad prioritaria: encontrar sitio libre (65 %), con el dato de que a las 11:10 hay 15 estudiantes de pie esperando con los 28 puestos ocupados. Aceptar el ruido si se argumenta (55 %).
2. Reto modelo: «¿Cómo podríamos mostrar los puestos libres de la biblioteca para que nadie pierda tiempo esperando?». Requisitos: mostrar los puestos libres en menos de 10 s; actualización cada 5 min como máximo; 0 datos personales; coste de 60 € o menos.
3. Ejemplo: idea 1, tarjeta verde/roja en cada mesa: 4·3 + 5·2 + 5·1 = 27 de 30; idea 2, panel con sensores: 5·3 + 2·2 + 3·1 = 22 de 30. Gana la idea 1 por 5 puntos. Aceptar otras ideas con cálculo correcto.
4. Test: 5 personas, tarea «averigua dónde hay un puesto libre», medida en segundos y umbral de 10 s en al menos el 90 % de las pruebas. Si 3 de 5 no la completan, el éxito es el 40 %: se identifica la causa, se cambia una cosa y se repite con otras cinco. Frase inclusiva modelo: «El alumnado encontrará su puesto en menos de 10 segundos».

Refuerzo (Anexo 8)

1. Entrevista: respuestas abiertas; valorar que anoten solo roles, un dato, una frustración y un deseo.
2. 52 / 112 = 46,4 %; 14 / 40 = 35 % mal clasificados (65 % acierto). Pasar al 90 % supone 36 de 40 residuos bien clasificados (4 errores como máximo): 25 puntos porcentuales más, es decir, bajar de 14 a 4 errores.
3. Boceto con pictogramas y dos requisitos cumplidos (por ejemplo, legible a 2 m y comprensible en menos de 5 s); tabla de prueba rellenada con cinco personas.

Ampliación (Anexo 9)

1. Prioridad = impacto / esfuerzo: A = 2/1 = 2,0; B = 3/2 = 1,5; C = 2/2 = 1,0; D = 1/1 = 1,0. Datos: la dificultad del estudiante B es una necesidad de accesibilidad (daltonismo); las demás son opiniones de preferencia.
2. Decisión modelo: aunque A tenga mayor prioridad numérica, la accesibilidad del estudiante B es un requisito de acceso, no una preferencia, y la prioridad aritmética no debe pasar por encima de ella. Un cambio que reconcilia: añadir forma y texto además del color (pictograma, rótulo y color con alto contraste) y mantener los colores grandes.
3. Test 2: cinco personas distintas, con al menos una con dificultad para distinguir colores; umbral del 90 % de aciertos; si empeora, volver a la versión anterior y cambiar un solo elemento.

Notas para el docente: temporalización, seguridad y diferenciación

- Temporalización: S1 (necesidades y priorización), S2 (entrevistas y requisitos), S3 (ideación y matriz), S4 (prototipo y test), S5 (iteración y plan técnico), S6 (pitch) y S7 (presentaciones de 3 minutos + 2 de preguntas y ficha individual de 15 minutos). El test de la S4 exige otros 5 compañeros o compañeras por equipo: organizar una rotación entre equipos.
- Seguridad y privacidad: aprobar cada reto antes de la S2; entrevistas solo con roles y sin nombres, fotografías ni grabaciones. Si se observan situaciones reales, se evita señalar a personas concretas. El cúter se usa solo con supervisión y los cortes largos los hace el docente.
- Diferenciación: el Anexo 8 ofrece un reto ya elegido con guion de entrevista; el Anexo 9 plantea feedback contradictorio con una variable de accesibilidad. Los roles rotan en cada sesión (coordinación, documentación, material y seguridad, pruebas y comunicación).
- Preparación: imprimir las plantillas del Anexo 3 y del Anexo 4 en A3 para la matriz y el Gantt; preparar cronómetros y cartón reutilizado. Repasar antes con el alumnado el concepto de porcentaje sobre el total de personas encuestadas, pues genera errores habituales.

Errores frecuentes

- Calcular el porcentaje sobre los votos y no sobre las personas encuestadas, o sumar porcentajes de respuestas múltiples esperando el 100 %.
- Escribir requisitos sin cifra ni método de comprobación («que sea cómodo», «que funcione bien»).
- Elegir la idea antes de la matriz y ajustar después las puntuaciones; olvidar multiplicar por el peso.
- Testear solo con compañeros del equipo, ayudar durante la prueba o concluir con una o dos personas.
- Cambiar varias cosas a la vez tras el test y no poder saber qué ha mejorado el resultado.
- Calcular mal el punto de equilibrio (usar el precio en lugar del margen) o dar un resultado decimal de unidades sin redondear hacia arriba.

Criterios para valorar respuestas abiertas

- Aceptar cualquier necesidad real del centro si está justificada con datos u observación y es viable en siete sesiones.
- En la matriz, admitir criterios y pesos distintos si son coherentes con los requisitos y el cálculo es correcto; valorar que se aplique el margen de desempate.
- Valorar más la evidencia de validación (test, datos y mejora) que el acabado del prototipo o de la presentación.
- En la ficha 7 y en el pitch, aceptar soluciones distintas siempre que haya cifras, test y lenguaje inclusivo.

02

SITUACIÓN DE APRENDIZAJE

Del producto al ciclo de vida

PREGUNTA GUÍA

¿Cómo cambia un buen diseño cuando consideramos fabricación, reparación y fin de vida?

CURSO 4.º ESO	**SESIONES** 7 sesiones	**BLOQUES DE SABERES** A · D
COMPETENCIAS ESPECÍFICAS CE2, CE3, CE6	**PRODUCTO FINAL** Análisis y rediseño de ciclo de vida	**CRITERIOS DE EVALUACIÓN** 2.1, 6.1, 3.2

Contexto, reto y producto

En el IES Costa Serena (centro ficticio), el Comité de Ecodiseño del curso, formado por alumnado, profesorado y una representante del taller de reparación del barrio (asociación ficticia), ha hecho un recuento en las papeleras del patio y en el punto limpio del centro: lámparas de escritorio, cargadores y auriculares que se tiraron «porque ya no funcionaban», casi siempre con una avería pequeña. En la biblioteca se han tirado cinco lámparas LED en un solo curso. Nadie sabe cuánto cuesta realmente, en dinero y en emisiones, comprar otra en lugar de arreglar la anterior.

En esta situación, el alumnado de 4.º analiza el **ciclo de vida** de un producto cotidiano, la lámpara de escritorio LED, y lo **rediseña para durar, repararse y reciclarse**. Elige el producto y define su **unidad funcional**; estudia la **demanda, la evolución tecnológica y el fin de ciclo** con datos; calcula la **huella de carbono por fases** con una hoja de cálculo sencilla; compara **materiales** con una matriz ponderada; hace un **despiece virtual** (nunca se abre un aparato conectado a la red) y rediseña uniones y piezas para facilitar el desmontaje y la reparación, sin olvidar la **accesibilidad**; y defiende la comparación ante un comité ficticio. El producto es un **análisis y rediseño de ciclo de vida** con cifras que otra persona pueda revisar.

Reto

Analizar el ciclo de vida de una lámpara de escritorio LED, calcular su huella de carbono y su coste en seis años, rediseñarla para repararla y reciclarla, y demostrar con cifras si el rediseño reduce el impacto, defendiéndolo ante un comité ficticio.

Producto final

Análisis y rediseño de ciclo de vida.

Enfoque: Proyecto / análisis / simulación / prototipado

Vinculación curricular

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS MOVILIZADAS (SÍNTESIS)

- **CE2** Aplicar con seguridad técnicas y conocimientos interdisciplinares, analizando el ciclo de vida de los productos, para fabricar soluciones accesibles y sostenibles.
- **CE3** Expresar, comunicar y difundir ideas y soluciones tecnológicas con la terminología y los recursos adecuados, en una dinámica de mejora continua.
- **CE6** Analizar procesos tecnológicos y su impacto social y ambiental con criterios de sostenibilidad y accesibilidad, para un uso ético y ecosocialmente responsable.

Criterios de evaluación seleccionados (redacción oficial del RD 217/2022)

2.1 Analizar el diseño de un producto que dé respuesta a una necesidad planteada, evaluando su demanda, evolución y previsión de fin de ciclo de vida con un criterio ético, responsable e inclusivo.

6.1 Hacer un uso responsable de la tecnología, mediante el análisis y aplicación de criterios de sostenibilidad y accesibilidad en la selección de materiales y en el diseño de estos, así como en los procesos de fabricación de productos tecnológicos, minimizando el impacto negativo en la sociedad y en el planeta.

3.2 Presentar y difundir las propuestas o soluciones tecnológicas de manera efectiva, empleando la entonación, expresión, gestión del tiempo y adaptación adecuada del discurso, así como un lenguaje inclusivo y no sexista.

Saberes básicos oficiales seleccionados (transcripción del RD 217/2022)

Código	Saber básico
A5	Ciclo de vida de un producto y sus fases. Análisis sencillos.
A6	Estrategias de selección de materiales en base a sus propiedades o requisitos.
D1	Sostenibilidad y accesibilidad en la selección de materiales y diseño de procesos, de productos y sistemas tecnológicos.
A10	Presentación y difusión del proyecto. Elementos, técnicas y herramientas. Comunicación efectiva: entonación, expresión, gestión del tiempo, adaptación del discurso y uso de un lenguaje inclusivo, libre de estereotipos sexistas.

Concreción didáctica en esta situación

- Ciclo de vida de un producto y sus fases (extracción, fabricación, transporte, uso y fin de vida); unidad funcional; análisis sencillo con hoja de cálculo y huella de carbono por fases (A5).
- Selección de materiales según requisitos: densidad, rigidez, reciclabilidad, huella de carbono y coste; masa de una pieza a partir de volumen y densidad; matriz ponderada con escalas numéricas (A6).
- Sostenibilidad y accesibilidad en el diseño: reparar frente a sustituir, diseño para el desmontaje, índice de reparabilidad, economía circular, efecto rebote, y requisitos de uso para personas con movilidad o visión reducidas (D1).
- Demanda y evolución: lectura de series temporales, cuotas de mercado, variación porcentual y tasa de crecimiento; del producto halógeno al LED y consecuencias para el reparto de impactos.
- Presentación y difusión ante un comité: pitch de tres minutos con cifras, gestión del tiempo, entonación y expresión, y lenguaje inclusivo (A10).

Objetivos didácticos

- ✓ Definir la unidad funcional de un producto y calcular el consumo de energía, su coste y las emisiones asociadas durante el uso.
- ✓ Analizar la demanda y la evolución de un producto con datos (porcentajes, variaciones y cuotas) y prever su fin de ciclo de vida.
- ✓ Construir el ciclo de vida de un producto por fases y calcular la huella de carbono (kg de CO_2e) de materiales, fabricación, transporte, uso y fin de vida.
- ✓ Seleccionar materiales por propiedades, masa, huella, reciclabilidad y coste con una matriz ponderada, y justificar la elección.
- ✓ Rediseñar un producto para desmontarlo y repararlo, cuantificar la mejora (tiempo, herramientas, índice de reparabilidad, kg de CO_2e y €) y defenderla con lenguaje inclusivo.

Metodología

Aprendizaje basado en retos

La tarea parte de una necesidad, problema, sistema o decisión técnica con un producto verificable.

Iteración

Se planifica, construye/configura/simula, prueba, registra el fallo y se mejora.

Pensamiento técnico

Las decisiones se justifican mediante requisitos, esquemas, datos, pruebas, criterios de seguridad y limitaciones.

Trabajo cooperativo

Roles rotatorios: coordinación, documentación, material/seguridad, pruebas y comunicación.

Competencia digital

Las herramientas digitales se usan cuando aportan diseño, simulación, programación, documentación o colaboración, no como mero adorno.

Secuencia de sesiones y actividades

Cada sesión genera una **evidencia** que se recoge en la ficha correspondiente del Anexo 3. Los datos, esquemas, especificaciones y ejemplos de trabajo están en el dossier técnico del Anexo 2.

1

SESIÓN 1

Elegimos producto: criterios, unidad funcional y consumo de uso

Evidencia: Ficha 1: diagnóstico, matriz de elección del producto, cálculo de la energía, el coste y las emisiones de uso de la unidad funcional y reto del equipo.

Ficha: Anexo 3 · ficha 1

2

SESIÓN 2

Analizamos evolución y usuario: demanda, vida útil real y requisitos de accesibilidad

Evidencia: Ficha 2: porcentajes de F4, cuota y variación de F5, ahorro halógena-LED y tres requisitos de usuario con cifra.

Ficha: Anexo 3 · ficha 2

3

SESIÓN 3

Construimos el ciclo de vida: huella por materiales y por fases

Evidencia: Ficha 3: huella de materiales (F3), tabla de fases con porcentajes, estrategias de economía circular y escenario A de seis años.

Ficha: Anexo 3 · ficha 3

4

SESIÓN 4

Comparamos materiales: masa, huella, reciclabilidad y coste

Evidencia: Ficha 4: tabla de masa y huella (F8), matriz ponderada calculada y requisito de un pulsador accesible.

Ficha: Anexo 3 · ficha 4

5

SESIÓN 5

Rediseñamos para reparar y desmontar con un despiece virtual

Evidencia: Ficha 5: tiempos de desmontaje (F7 y F9), índice de reparabilidad, decisión de reparar y boceto del rediseño.

Ficha: Anexo 3 · ficha 5

6

SESIÓN 6

Preparamos el dossier comparativo con escenarios y sensibilidad

Evidencia: Ficha 6: tabla de escenarios A y B, análisis de sensibilidad, gráfico de huella por fases y revisión del dossier.

Ficha: Anexo 3 · ficha 6

7

SESIÓN 7

Defensa ante un comité ficticio y evidencia individual con una mochila escolar

Evidencia: Producto final (Anexo 4) y Ficha 7: huella, escenarios de seis años y propuesta de rediseño de una mochila (datos ficticios).

Ficha: Anexo 3 · ficha 7

Evaluación

La evaluación combina evidencia del proceso, producto o configuración final, documentación técnica, pruebas/validación, trabajo seguro y una tarea individual de transferencia. El acabado visual no sustituye la funcionalidad, el razonamiento ni la trazabilidad de las decisiones.

Criterios, evidencias e instrumentos

Criterio	Evidencia principal	Instrumento
2.1	Análisis del producto: unidad funcional, demanda y evolución con datos (porcentajes y variaciones), vida útil real, ciclo de vida por fases con huella de carbono y previsión de fin de ciclo con criterio ético e inclusivo.	Fichas 1, 2 y 3 y plantilla (Anexo 4) / lista de cotejo y rúbrica
6.1	Selección de materiales y rediseño con criterios de sostenibilidad y accesibilidad: matriz ponderada calculada, índice de reparabilidad, tiempos de desmontaje y reducción cuantificada de kg de CO_2e y de coste.	Fichas 4, 5 y 6 y dossier comparativo / rúbrica y observación sistemática
3.2	Defensa ante el comité: pitch de tres minutos con cifras, tiempos respetados, entonación y expresión adecuadas, apoyo visual claro y lenguaje inclusivo, más la tarea individual de transferencia.	Presentación final y Ficha 7 / rúbrica de exposición oral

Rúbrica del producto final

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial
Necesidad y diseño	Define la unidad funcional y los requisitos con cifras, analiza demanda y evolución con datos, compara tres o más materiales o variantes con una matriz bien calculada y justifica un rediseño que responde a las causas reales de la avería y a la accesibilidad.	Define la unidad funcional y los requisitos principales y justifica el rediseño con la matriz y algún dato del análisis.	La unidad funcional es imprecisa o la elección de materiales y rediseño se apoya en opiniones o con errores de cálculo.	No relaciona el rediseño con el análisis del ciclo de vida ni con una necesidad concreta.

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial
Funcionamiento / evidencia	Compara dos escenarios con la misma unidad funcional, con huella (kg de CO_2e), coste (€), tiempo de desmontaje e índice de reparabilidad correctos, aplica un análisis de sensibilidad e interpreta los límites de los datos (ficticios u orientativos).	Compara los escenarios con cifras casi siempre correctas y obtiene una conclusión coherente.	La comparación es parcial, mezcla unidades funcionales distintas o tiene errores que cambian la conclusión.	No hay comparación cuantitativa ni evidencia de que el rediseño mejora algo.
Documentación técnica	Dossier con despiece, tabla de ciclo de vida, matriz, cálculos con unidades, hipótesis explícitas y fuentes citadas; otra persona podría repetir los cálculos y llegar a los mismos resultados.	Documentación suficiente con algún cálculo o hipótesis sin explicar.	Faltan cálculos, unidades o fuentes, o hay ambigüedades que impiden seguir el proceso.	Documentación insuficiente para comprender el análisis.
Seguridad, ética y sostenibilidad	No manipula equipos energizados, trabaja con despieces virtuales, integra accesibilidad y reparabilidad desde el diseño, discute el efecto rebote y los límites éticos (obsolescencia, residuos) y usa lenguaje inclusivo.	Cumple las normas de seguridad y considera sostenibilidad y accesibilidad con ejemplos concretos.	Necesita recordatorios de seguridad o trata la sostenibilidad y la accesibilidad de forma superficial.	Manipula equipos con riesgo o ignora los impactos y a parte de las personas usuarias.
Iteración y cooperación	Revisa los cálculos y las hipótesis tras el análisis de sensibilidad, mejora el rediseño con datos, cumple su rol y da feedback asertivo y concreto a otros equipos.	Revisa el trabajo y mejora algún aspecto con datos; coopera adecuadamente.	La revisión es superficial o la cooperación es irregular.	No revisa el trabajo o dificulta el del equipo.

Recursos y seguridad

Recursos y materiales

- Por equipo (4-5 personas): una lámpara de escritorio LED desenchufada solo como objeto de observación externa (no se abre) o su despiece virtual en el Anexo 2, calculadora o hoja de cálculo, rotuladores y papel A3.
- Plantillas de matriz ponderada, tabla de ciclo de vida y plano de despiece del Anexo 3 y del Anexo 4; cinta métrica y balanza de cocina de 1 g de precisión para pesar piezas sencillas (carcasas, tornillos, brazos) de objetos sin electricidad.
- Un equipo del centro con hoja de cálculo y presentación, y un documento compartido de la cuenta del centro para el dossier comparativo.

Seguridad, privacidad y uso responsable

No se desmonta ningún equipo energizado ni se abren baterías, cargadores o fuentes de alimentación: se trabaja con despieces virtuales y datos. La balanza y la medición solo se aplican a objetos sin electricidad (por ejemplo, un brazo de aluminio, una carcasa o una mochila). Si se manipulan piezas, se usan solo herramientas escolares con supervisión, gafas si hay riesgo de proyecciones y recogida de residuos en el contenedor correspondiente.

Interdisciplinariedad: Economía (coste total de propiedad, precio y efecto rebote) y Geografía (residuos electrónicos, comercio internacional de materiales y transporte).

Atención a la diversidad (DUA), refuerzo y ampliación

Representación

Modelos, esquemas, fotografías, simulaciones, tutoriales breves, ejemplos resueltos y vocabulario técnico visual.

Acción y expresión

Memoria, maqueta, prototipo, simulación, código, plano o presentación cuando sea compatible con el criterio evaluado.

Implicación

Retos cercanos, elección acotada, roles de equipo y pruebas con propósito realista.

Apoyo / refuerzo

Anexo 8

Producto común y fichas ya preparadas.

Ampliación

Anexo 9

Añadir un modelo de servicio/reutilización y evaluar efecto rebote.

ANEXO 1

Lanzamiento del reto

SdA 2 · Del producto al ciclo de vida

ALUMNADO

Cinco lámparas tiradas en un solo curso en la biblioteca y casi ninguna estaba rota del todo: se había estropeado la fuente, una pieza de pocos euros metida en la base y sellada con silicona. ¿Cuánto cuesta de verdad tirar y comprar otra? ¿Cuánto CO_2 hay escondido en el aluminio, en la electrónica y en el viaje en barco? Durante siete sesiones seréis un equipo de ecodiseño: mediréis, calcularéis, compararéis materiales, abriréis la lámpara, sin riesgo, en un despiece virtual y la rediseñaréis para que se pueda arreglar en tres minutos. Vuestro comité ficticio solo se creerá lo que podáis demostrar con números.

> *¿Cómo cambia un buen diseño cuando consideramos fabricación, reparación y fin de vida?*

Vuestro reto

Analizar el ciclo de vida de una lámpara de escritorio LED, calcular su huella de carbono y su coste en seis años, rediseñarla para repararla y reciclarla, y demostrar con cifras si el rediseño reduce el impacto, defendiéndolo ante un comité ficticio.

Lo que vais a producir

Análisis y rediseño de ciclo de vida.

Seguridad. No se desmonta ningún equipo energizado ni se abren baterías, cargadores o fuentes de alimentación: se trabaja con despieces virtuales y datos.

Hoja de ruta · 7 sesiones

1. Elegimos el producto, definimos la unidad funcional y calculamos su consumo.
2. Analizamos cuánto dura de verdad, cómo evoluciona su mercado y quién la usa.
3. Construimos su ciclo de vida y calculamos la huella de carbono por fases.
4. Comparamos materiales con propiedades, huella, reciclabilidad y coste.
5. Rediseñamos para desmontar y reparar con un despiece virtual.
6. Preparamos el dossier comparativo y probamos si los resultados aguantan.
7. Defendemos el rediseño ante el comité y resolvemos, cada persona, un caso nuevo.

Al terminar seré capaz de…

- Definir la unidad funcional de un producto y calcular el consumo de energía, su coste y las emisiones asociadas durante el uso.
- Analizar la demanda y la evolución de un producto con datos (porcentajes, variaciones y cuotas) y prever su fin de ciclo de vida.
- Construir el ciclo de vida de un producto por fases y calcular la huella de carbono (kg de CO_2e) de materiales, fabricación, transporte, uso y fin de vida.
- Seleccionar materiales por propiedades, masa, huella, reciclabilidad y coste con una matriz ponderada, y justificar la elección.
- Rediseñar un producto para desmontarlo y repararlo, cuantificar la mejora (tiempo, herramientas, índice de reparabilidad, kg de CO_2e y €) y defenderla con lenguaje inclusivo.

¿Cómo me evaluarán?

Con la rúbrica del producto final (Anexo 6), la lista de cotejo (Anexo 5) y una reflexión personal (Anexo 7). ¡Revisadlas antes de empezar!

ANEXO 2

Dossier técnico

SdA 2 · Del producto al ciclo de vida

ALUMNADO

Todo lo necesario para analizar y rediseñar el producto sin buscar datos fuera: el encargo y los datos reales de residuos y de electricidad, el despiece de la lámpara, su lista de materiales, la vida útil y la evolución del mercado, el esquema del ciclo lineal y circular, un caso resuelto completo, las propiedades de los materiales, un protocolo de despiece virtual y un glosario.

F1 El encargo del Comité de Ecodiseño y los datos de partida

ESTUDIO DE CASO

Encargo. El Comité de Ecodiseño del IES Costa Serena pide a cada equipo un informe comparativo sobre la **lámpara de escritorio LED** de la biblioteca (producto genérico, sin marca): ¿conviene comprar y tirar o rediseñarla para repararla?

Ficha del producto actual (datos ficticios, coherentes con un producto real): potencia 8 W; masa 1,00 kg; precio 24 €; fuente de alimentación sellada con silicona y sin repuesto; la fuente falla de media a los **3 años**, momento en que se tira la lámpara entera.

Unidad funcional. Para comparar dos diseños hay que medir lo mismo: **iluminar un escritorio 3 horas al día, 220 días al año, durante 6 años** (3 × 220 × 6 = 3960 horas de uso).

Datos reales que usaremos:

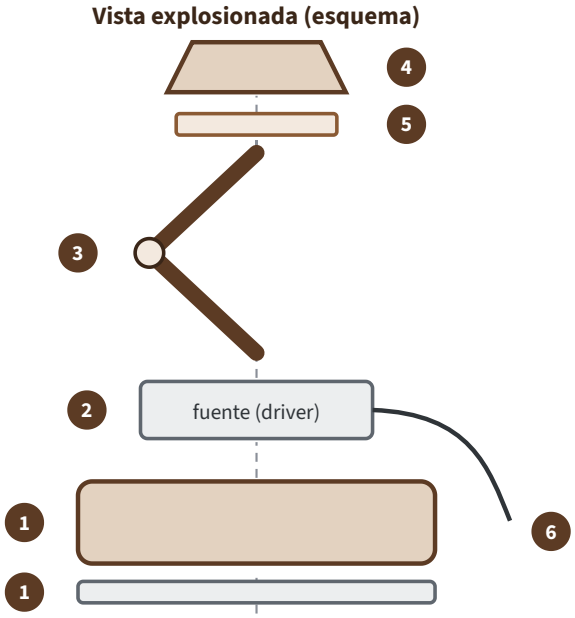
- En 2022 se generaron en el mundo **62 millones de toneladas** de residuos electrónicos y solo el **22,3 %** se documentó como recogido y reciclado correctamente. Para 2030 se prevén 82 millones de toneladas (Global E-waste Monitor 2024).
- En 2025, el **55,5 %** de la electricidad producida en España fue renovable y el **75,5 %** estuvo libre de emisiones de CO_2 equivalente (Red Eléctrica).
- **Factor de emisión didáctico.** Si el 24,5 % restante de la electricidad (75,5 % sin emisiones) emite de media unos 0,40 kg CO_2e/kWh, el conjunto emite 0,245 × 0,40 ≈ **0,10 kg CO_2e/kWh**. Es una estimación para practicar, no un dato oficial.
- **Precio de la electricidad.** Eurostat sitúa el precio medio doméstico en España en unos **0,27 €/kWh** con impuestos (primer semestre de 2026).
- **Derecho a reparar.** La Directiva (UE) 2024/1799 fijó el 31 de julio de 2026 como fecha límite para que los Estados miembros adoptasen y aplicasen sus medidas nacionales sobre el derecho a reparar. El estado de la transposición española debe comprobarse en la normativa vigente. La directiva prevé que los fabricantes de productos para los que la normativa europea exige reparabilidad (como lavadoras, televisores o teléfonos móviles) ofrezcan su reparación, también fuera de la garantía y a un precio razonable. Es un resumen divulgativo: consulta el texto oficial para los detalles.

Fuente: Encargo y centro ficticios. Datos reales: Global E-waste Monitor 2024 (ONU, UIT y UNITAR), residuos de 2022; Red Eléctrica, avance del Informe del Sistema Eléctrico 2025 (marzo de 2026); Eurostat, primer semestre de 2026, precio medio de la electricidad para hogares, recogido por la web Selectra (octubre de 2026). El factor 0,10 kg CO_2e/kWh es una estimación didáctica derivada en el texto.

¿Qué parte de los residuos electrónicos se recicla bien en el mundo? ¿Por qué la unidad funcional permite comparar una lámpara que dura 3 años con otra que dura 6?

F2 Despiece virtual de la lámpara actual (no se abre ningún aparato real)

ESQUEMA



N.º · pieza (material, masa)
unión actual

1 · Base y placa inferior (acero, 0,500 kg)
4 tornillos de cabeza especial y 6 clips ocultos

2 · Fuente de alimentación y módulo LED
sellada con silicona; LED pegado con pasta térmica

3 · Brazo articulado (aluminio, 0,216 kg)
articulación remachada, no desmontable

4 · Cabezal (ABS, 0,120 kg)
pegado al brazo

5 · Módulo LED (parte de la electrónica)
placa pegada al cabezal

6 · Cable (PVC y cobre, 0,080 kg)
fijo a la fuente, sin conector

Lectura. La electrónica (fuente + módulo LED) pesa 0,084 kg y las demás piezas completan 1,00 kg. Para llegar a la fuente que se estropea hay que vencer **tornillos especiales, clips, silicona, pegamento y remaches**: nueve operaciones y seis herramientas distintas, algo imposible en un taller escolar o doméstico.

Fuente: Esquema de elaboración propia de un producto genérico ficticio. Masas y uniones de la ficha del encargo (F1).

F3 Lista de materiales (BOM) de la lámpara y reglas de diseño para desmontar

DATOS

N.º	Pieza	Material	Masa (kg)	Unión actual	Factor (kg CO_2e/kg)
1	Base y placa inferior	Acero	0,500	Tornillos especiales y clips	2,0
3	Brazo articulado	Aluminio primario	0,216	Remache	12
4	Cabezal	ABS	0,120	Adhesivo	3,8
2 y 5	Fuente y módulo LED	Electrónica	0,084	Silicona y pasta térmica	40
6	Cable	PVC y cobre	0,080	Fijo	4
Total			**1,000**		

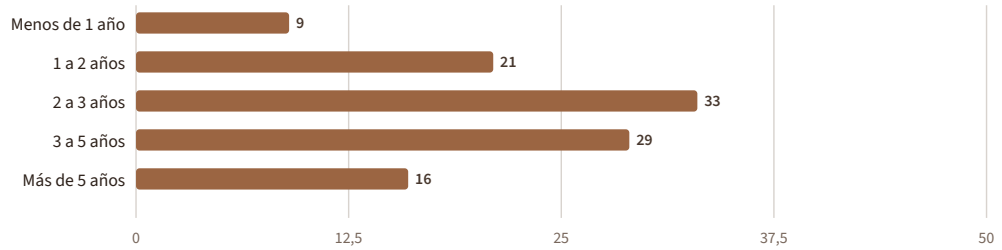
Fabricación, transporte y fin de vida (por lámpara, valores didácticos): fabricación y montaje, **2,0 kg CO_2e**; transporte hasta el centro, **0,5 kg CO_2e**; fin de vida: tirada con los residuos sin recuperar material, **0 kg CO_2e de crédito**.

Reglas de diseño para desmontar y reparar: 1) una sola clase de tornillo estándar; 2) sin adhesivos ni silicona; 3) piezas modulares que se sustituyan sin tocar las demás; 4) conectores en lugar de cables fijos; 5) repuestos disponibles durante años; 6) plástico marcado con su tipo de material; 7) desmontaje en menos de 5 minutos (300 s); 8) instrucciones de reparación visibles.

Fuente: Tabla de elaboración propia. Masas ficticias coherentes con F2. Factores de huella didácticos, redondeados y del orden de magnitud de bases de datos de inventario de ciclo de vida (como ICE, de la Universidad de Bath, o ecoinvent): no son datos de un producto real.

F4 Encuesta: ¿cuánto duró tu última lámpara de escritorio?

GRÁFICO



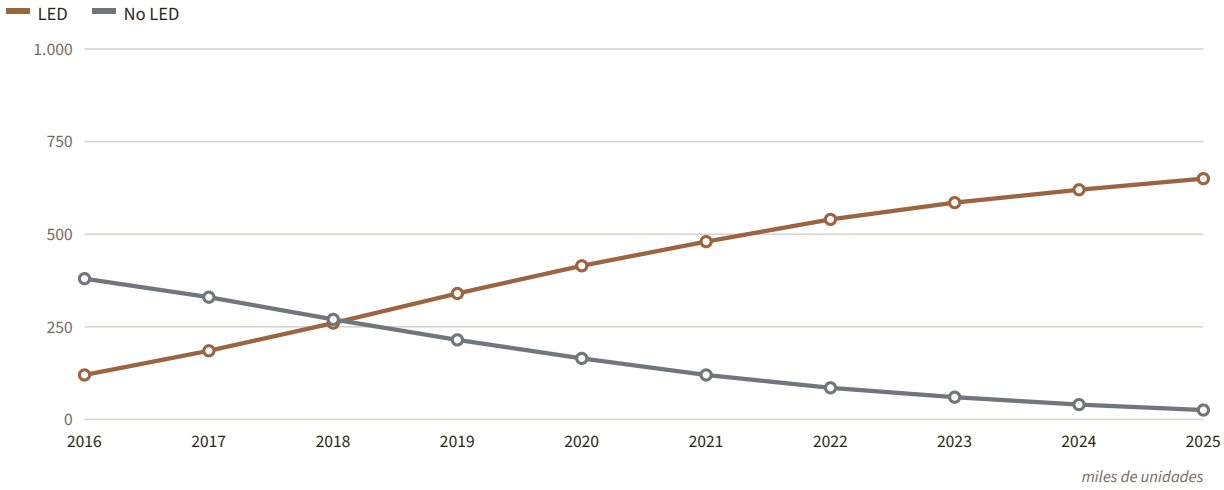
Entre las 63 personas cuya lámpara duró menos de 3 años, **38** dijeron que se estropeó la fuente o el interruptor y no se podía abrir; **14**, que se rompió una pieza mecánica; y **11**, que la cambiaron por gusto u otros motivos.

Fuente: Encuesta del IES Costa Serena a 108 personas (alumnado y familias del centro). Datos ficticios, creados para este cuaderno.

Calcula el porcentaje de cada tramo sobre 108 y el de las lámparas que duraron menos de 3 años. ¿Es razonable suponer que la fuente falla de media a los 3 años?

F5 Evolución de las ventas de lámparas de escritorio (LED y no LED)

GRÁFICO



Eficiencia. Una lámpara halógena de 35 W que dé la misma luz gasta 35 W × 3960 h = 138,6 kWh en la unidad funcional; la LED de 8 W gasta 31,68 kWh. Ahorrar energía en el uso hace que **pese más la fabricación** en el total de emisiones.

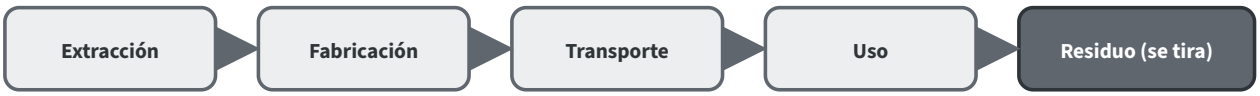
Fuente: Serie ficticia de ventas anuales en miles de unidades en el área de influencia del centro, creada para practicar. «No LED» incluye incandescentes y halógenas. Desde 2009 la UE fue retirando progresivamente las bombillas incandescentes tradicionales, hecho real que explica la tendencia.

¿Qué cuota de mercado tiene la LED en 2016 y en 2025? ¿Cuántas veces mayor es su venta en 2025 que en 2016? ¿Qué previsión de fin de ciclo implica para los residuos futuros?

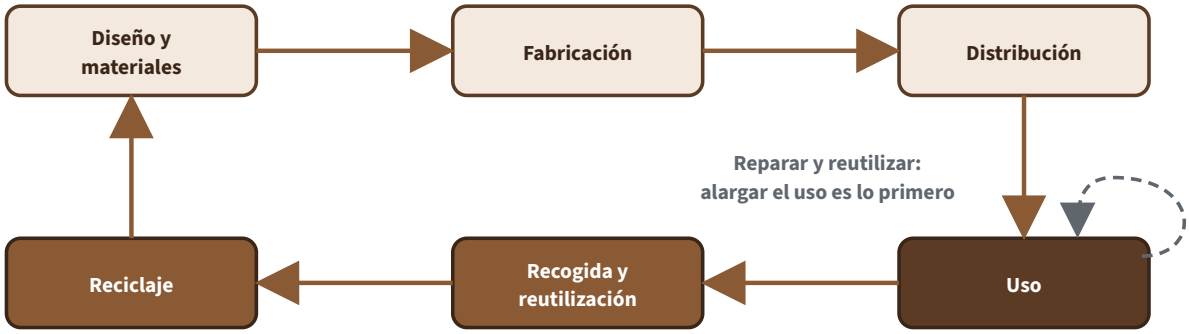
F6 Ciclo de vida lineal y circular

ESQUEMA

Modelo lineal: extraer, fabricar, usar y tirar



Modelo circular: diseñar para que los materiales y el producto vuelvan



Idea clave. Cada vuelta evitada por reparar o reutilizar ahorra fabricar un producto nuevo, la fase que suele concentrar más emisiones. Reciclar recupera materiales, pero pierde la energía y el valor del producto entero.

Fuente: Esquema de elaboración propia sobre el concepto de economía circular.

F7 Caso resuelto: comprar y tirar frente a rediseñar la lámpara

ESTUDIO DE CASO

1. **Uso de la unidad funcional.** 8 W × 3960 h = 31 680 Wh = **31,68 kWh**. Coste: 31,68 × 0,27 = **8,55 €**. Emisiones: 31,68 × 0,10 = **3,17 kg CO_2e**. Por cada periodo de 3 años: 15,84 kWh y 1,58 kg CO_2e.
2. **Materiales (F3).** Acero 0,500 × 2,0 = 1,000; aluminio 0,216 × 12 = 2,592; ABS 0,120 × 3,8 = 0,456; electrónica 0,084 × 40 = 3,360; cable 0,080 × 4 = 0,320. Total **7,728 kg CO_2e**: la electrónica pesa el 43,5 % y el brazo el 33,5 %.
3. **Una lámpara completa.** 7,728 + 2,0 (fabricación) + 0,5 (transporte) = **10,228 kg CO_2e**. En su vida de 3 años, con el uso (1,584), el total es 11,812 kg CO_2e: materiales 65,4 %, fabricación 16,9 %, transporte 4,2 % y uso 13,4 %.
4. **Escenario A (comprar y tirar).** Hacen falta 2 lámparas en 6 años: 2 × 10,228 + 3,168 = **23,624 kg CO_2e**. Coste: 2 × 24 + 8,55 = **56,55 €**.
5. **Escenario B (rediseño).** Brazo de aluminio reciclado: 0,216 × 0,6 = 0,130 en lugar de 2,592, de modo que los materiales bajan a 5,266 y la lámpara a 5,266 + 2,0 + 0,5 = 7,766 kg CO_2e. Se añade una fuente de repuesto: 0,030 kg × 40 = 1,2 + 0,05 de transporte = 1,25 kg CO_2e. Total: 7,766 + 1,25 + 3,168 = **12,184 kg CO_2e**. Coste: lámpara 29 € + fuente de repuesto 6 € + electricidad 8,55 = **43,55 €**.
6. **Comparación.** Ahorro: 23,624 − 12,184 = **11,44 kg CO_2e (48,4 %)** y 56,55 − 43,55 = **13,00 €**.
7. **Despiece virtual (F9).** Lámpara actual: **9 operaciones, 6 herramientas, 685 s** (20 + 80 + 45 + 120 + 30 + 90 + 150 + 60 + 90). Rediseño: **6 operaciones, 1 herramienta (destornillador de cruz PH1), 170 s** (40 + 15 + 30 + 35 + 10 + 40), un 75,2 % menos de tiempo.
8. **Decisión de reparar.** Reparar cuesta 6 € frente a 29 € de una lámpara nueva: 6 / 29 = 20,7 %, menos del 50 % que usamos como regla para reparar.

Límites. Los factores de huella y el tiempo de fallo de la fuente son estimaciones: por eso se hace un análisis de sensibilidad (ficha 6).

Fuente: Cálculos de elaboración propia con los datos de F1, F2, F3 y F8. Valores ficticios o didácticos; el factor de la electricidad (0,10 kg CO_2e/kWh) y el precio (0,27 €/kWh) se explican en F1.

¿Qué fase pesa más en la huella de una lámpara de 3 años? ¿Qué cambio del rediseño ahorra más kg de CO_2e: el aluminio reciclado o la fuente reparable? Calcula cada uno.

F8 Propiedades, huella y coste de los materiales candidatos

DATOS

Material	Densidad (g/cm³)	Rigidez: módulo de Young (GPa)	Reciclabilidad	Huella (kg CO_2e/kg)	Precio (€/kg)
Acero de chapa	7,85	200	Muy alta (magnético, fácil de separar)	2,0	0,90
Aluminio primario	2,70	69	Muy alta, pero la producción primaria es muy intensiva en energía	12	2,60
Aluminio reciclado	2,70	69	Muy alta: se vuelve a reciclar sin perder propiedades	0,6	2,90
ABS	1,05	2,3	Media: reciclable si está limpio y marcado, mezclas difíciles	3,8	2,20
Polipropileno (PP)	0,90	1,5	Media-alta con recogida selectiva	2,0	1,30

Cómo se calcula la masa de una pieza: masa = densidad × volumen. Para un brazo de **80 cm³**, con aluminio: 2,70 g/cm³ × 80 cm³ = 216 g = 0,216 kg. Huella de la pieza = masa × factor. Coste de la pieza = masa × precio.

Escalas para la matriz (puntuación de 1 a 5): masa ≤ 100 g = 5; 101-250 g = 4; 251-500 g = 3; 501-700 g = 2; > 700 g = 1. Huella de la pieza ≤ 0,2 kg CO_2e = 5; 0,21-0,5 = 4; 0,51-1,0 = 3; 1,01-2,0 = 2; > 2,0 = 1.

Atención. Un plástico tiene poca masa y poca huella, pero su rigidez (1,5-2,3 GPa) es unas 30 veces menor que la del aluminio (69 GPa): para el mismo brazo habría que aumentar mucho el grosor.

Fuente: Densidades y módulos de Young: valores típicos de materiales de ingeniería (redondeados). Huella y precio: didácticos y redondeados, del orden de las bases de datos de inventario; no son datos de un proveedor.

F9 Protocolo: despiece virtual y registro de desmontaje

PROTOCOLO

Material y herramientas: esquema del despiece (F2), lista de materiales (F3), tabla de operaciones de la ficha 5, cronómetro virtual (los tiempos se estiman y se discuten en equipo), calculadora y hoja de cálculo.

Equipo de protección y riesgos: no se abre ningún aparato real conectado a la red ni con batería: la fuente de alimentación trabaja con 230 V y no debe tocarse. Todo el desmontaje es virtual. Con objetos sin electricidad (una mochila, un brazo de aluminio, una carcasa), se usan herramientas escolares con supervisión, gafas si hay proyecciones y mesa despejada.

Procedimiento:

1. Lista las **operaciones** necesarias para llegar a la pieza que se estropea (la fuente) en el producto actual: qué se retira, con qué herramienta y cuánto tiempo estimas.
2. Suma las operaciones, cuenta las **herramientas distintas** y calcula el tiempo total.
3. Aplica las ocho reglas de diseño para desmontar (F3) y redacta la secuencia del **rediseño** con las mismas columnas.
4. Compara con una tabla: operaciones, herramientas, tiempo y porcentaje de reducción.
5. Calcula el **índice de reparabilidad** (puntos de 0 a 8 según los criterios de F3) antes y después.
6. Decide con la regla: se repara si el coste de la reparación es menor del 50 % del precio de uno nuevo.

Cierre y limpieza: guarda las hojas de cálculo con las hipótesis anotadas y recoge el papel en el contenedor de reciclaje. Si se ha manipulado algún objeto sin electricidad, ordena y clasifica las piezas por material.

Resultado esperable: tabla antes/después con operaciones, herramientas, tiempos, índice de reparabilidad y decisión de reparar justificada con cifras.

Fuente: Protocolo de elaboración propia. Las normas del centro y las indicaciones del docente prevalecen.

F10 Glosario del ciclo de vida

GLOSARIO

Ciclo de vida	Conjunto de fases de un producto: extracción de materias primas, fabricación, transporte, uso y fin de vida.
Unidad funcional	Servicio concreto y medible con el que se comparan productos (por ejemplo, 3960 horas de iluminación).
Huella de carbono	Emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a un producto, expresadas en kg de CO_2 equivalente (CO_2e).
Economía circular	Modelo que mantiene productos y materiales en uso el mayor tiempo posible: reducir, reutilizar, reparar y reciclar.
Diseño para el desmontaje	Diseñar uniones y piezas para poder separar, reparar o reciclar el producto con pocas herramientas.
Índice de reparabilidad	Puntuación que resume lo fácil que es reparar un producto (herramientas, tiempo, repuestos, instrucciones).
Obsolescencia	Pérdida de utilidad de un producto antes de tiempo, por fallo, falta de repuestos o cambio de gusto.
Efecto rebote	Reducción del ahorro esperado porque una mejora lleva a usar más el producto o a gastar el dinero ahorrado en algo con impacto.
RAEE	Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.
Sensibilidad	Análisis de cuánto cambia el resultado cuando cambia una hipótesis (por ejemplo, la vida útil de la fuente).

Fuente: Glosario de elaboración propia.

ANEXO 3

Fichas del alumnado

SdA 2 · Del producto al ciclo de vida

ALUMNADO

FICHA 1 Elegimos producto y unidad funcional

SESIÓN 1

Nombre: _____ **Curso/grupo:** _____ **Fecha:** _____

Primero, el diagnóstico individual. Después, en equipo, usa el encargo (F1) y el despiece (F2).

1 **Diagnóstico. Marca la respuesta correcta.**

El ciclo de vida de un producto incluye…

◯ solo su fabricación ◯ solo el uso por la persona usuaria ◯ desde la extracción de materias primas hasta el fin de vida

La unidad funcional sirve para…

◯ comparar productos o diseños que prestan el mismo servicio, por ejemplo iluminar 6 años ◯ decidir el color del producto

◯ medir el precio de venta

Reparar suele tener menos impacto que reciclar porque…

◯ se conserva el producto y se evita fabricar uno nuevo ◯ reparar siempre es más barato que comprar

◯ el reciclaje no sirve para nada

El efecto rebote es cuando…

◯ baja el precio de una materia prima ◯ un producto rebota al caer

◯ el ahorro de una mejora se reduce porque aumenta su uso o consumo

2 **Elección de producto. Puntúa y calcula con los pesos: demanda ×3, seguro para el despiece virtual ×3, datos disponibles en el dossier ×2, margen de mejora de reparabilidad ×2. Máximo 50 puntos. ¿Qué producto elegís?**

Producto	Demanda (×3)	Despiece seguro (×3)	Datos (×2)	Margen de mejora (×2)	Total
Lámpara LED de escritorio	5	5	5	4	
Mochila escolar	5	5	1	3	
Auriculares con cable	5	2	1	5	

3 **Con los datos de F1, calcula para la unidad funcional (3960 h) de la lámpara de 8 W: la energía en kWh, el coste a 0,27 €/kWh y las emisiones con 0,10 kg CO_2e/kWh.**

4 **Escribid el reto del equipo «¿Cómo podríamos…?» y tres requisitos con cifra (por ejemplo, de tiempo de desmontaje, de coste o de huella), cada uno con su forma de comprobarlo.**

N.º	Requisito (con número y unidad)	Cómo se comprueba
1		
2		
3		

FICHA 2 Analizamos evolución, vida útil y usuario

SESIÓN 2

Usa la encuesta de vida útil (F4), la evolución de las ventas (F5) y los datos de F1.

1 **Con F4, calcula el porcentaje de cada tramo de vida útil sobre 108 personas y el de las lámparas que duraron menos de 3 años. Después calcula el porcentaje de cada causa entre las 63 que duraron menos de 3 años (38, 14 y 11).**

Tramo de vida útil	Personas	% de 108
Menos de 1 año	9	
1 a 2 años	21	
2 a 3 años	33	
3 a 5 años	29	
Más de 5 años	16	

2 **Con F5, calcula la cuota de mercado de la LED en 2016 y en 2025, cuántas veces mayor es su venta y el porcentaje de aumento. ¿Qué implica para los residuos futuros?**

3 **Calcula el ahorro de energía de la lámpara LED de 8 W frente a la halógena de 35 W en 3960 h, en kWh y en porcentaje. ¿Por qué ahora pesa más la fabricación?**

4 **Perfiles de usuario. Para cada persona, escribe un requisito de la lámpara con cifra o medida que facilite su uso.**

Persona usuaria	Necesidad	Requisito con cifra o medida
Persona mayor con artrosis en las manos	Accionar el interruptor y mover el brazo sin esfuerzo	
Estudiante usuaria de silla de ruedas	Alcanzar y regular la lámpara desde la silla	
Persona con baja visión	Distinguir el interruptor y evitar deslumbramientos	

FICHA 3 Construimos el ciclo de vida y la huella

SESIÓN 3

Usa la lista de materiales (F3), el esquema del ciclo (F6) y el caso resuelto (F7).

1 **Calcula la huella de cada material (masa × factor), el total y el porcentaje de cada pieza.**

Pieza	Masa (kg)	Factor (kg CO_2e/kg)	Huella (kg CO_2e)	% del total
Base (acero)	0,500	2,0		
Brazo (aluminio primario)	0,216	12		
Cabezal (ABS)	0,120	3,8		
Electrónica	0,084	40		
Cable	0,080	4		
Total				

2 **Huella por fases de una lámpara durante sus 3 años de vida (uso: 15,84 kWh). Completa la tabla y señala la fase de mayor impacto.**

Fase	kg CO_2e	% del total
Materiales		
Fabricación y montaje (2,0)		
Transporte (0,5)		
Uso		
Fin de vida (sin recuperación)		
Total		

3 **Relaciona cada estrategia de economía circular con el cambio de diseño que la aplica.**

1	Reducir	a	Separar el aluminio y el plástico al final de la vida
2	Reutilizar	b	Usar menos material en el brazo, sin perder rigidez
3	Reparar	c	Otra persona usuaria aprovecha una lámpara que funciona
4	Reciclar	d	Sustituir la fuente estropeada con un destornillador

4 **Escenario A (comprar y tirar). Hacen falta 2 lámparas en 6 años. Calcula la huella total (fabricación de 2 lámparas + uso de 6 años) y el coste total (2 lámparas a 24 € + electricidad).**

FICHA 4 Comparamos materiales

SESIÓN 4

Usa las propiedades de los materiales (F8) y el caso resuelto (F7). Pieza: brazo de 80 cm^3.

1 **Calcula la masa, la huella y el coste de un brazo de 80 cm^3 con cada material (masa = densidad × volumen).**

Material	Masa (g)	Huella (kg CO_2e)	Coste (€)
Acero de chapa			
Aluminio primario			
Aluminio reciclado			
ABS			

2 **Matriz ponderada. Pesos: rigidez ×3, masa ×2, huella ×3, reciclabilidad ×2, coste ×1 (máximo 55). Usa las escalas de F8 para masa y huella, calcula los totales y elige.**

Material	Rigidez (×3)	Masa (×2)	Huella (×3)	Recicl. (×2)	Coste (×1)	Total
Acero de chapa	5			5	4	
Aluminio primario	4			5	4	
Aluminio reciclado	4			5	3	
ABS	2			3	5	

3 **¿Cuántos kg de CO_2e se ahorran al pasar el brazo de aluminio primario a reciclado? Exprésalo también en porcentaje. ¿Qué límites tiene este ahorro (disponibilidad de aluminio reciclado, precio)?**

4 **Accesibilidad. Elige el material y escribe tres requisitos con medidas del pulsador de la lámpara para una persona con artrosis en las manos (superficie, fuerza de accionamiento, contraste).**

FICHA 5 Rediseñamos para reparar y desmontar

SESIÓN 5

Usa el despiece (F2), las reglas de diseño (F3), el caso (F7) y el protocolo virtual (F9). No se abre ningún aparato real.

1 **Despiece virtual de la lámpara actual. Suma las operaciones y los tiempos y cuenta las herramientas distintas. Calcula la reducción si el rediseño tarda 170 s.**

Operación	Herramienta	Tiempo (s)
1. Retirar 4 tapones de goma de la base	Uña	20
2. Quitar 4 tornillos de cabeza especial	Destornillador tri-wing	80
3. Despegar la placa inferior (clips ocultos)	Espátula de plástico	45
4. Cortar el sellado de silicona de la fuente	Cúter	120
5. Cortar las bridas del cable	Alicates de corte	30
6. Taladrar el remache de la articulación	Taladro	90
7. Despegar el cabezal	Espátula	150
8. Despegar la placa LED	Espátula	60
9. Clasificar piezas por material	—	90
Total		

2 **Índice de reparabilidad. Puntúa con 1 (cumple) o 0 (no cumple) cada criterio de F3 para la lámpara actual y para vuestro rediseño. Calcula los puntos sobre 8.**

Criterio	Actual (1/0)	Rediseño (1/0)
Una sola clase de tornillo estándar		
Sin adhesivos ni silicona		
Piezas modulares		
Conectores en lugar de cables fijos		
Repuestos disponibles		
Plástico marcado con el tipo de material		
Desmontaje en menos de 300 s		
Instrucciones de reparación visibles		
Total (sobre 8)		

3 **Decisión de reparar. La fuente de repuesto cuesta 6 € y la lámpara rediseñada 29 €. Calcula el porcentaje y decide con la regla del 50 %. ¿Qué pasaría con la lámpara actual si no existe repuesto?**

4 **Dibujad vuestro rediseño con las uniones elegidas, las piezas modulares, el marcado de materiales y los elementos de accesibilidad.**

FICHA 6

Dossier comparativo y sensibilidad

SESIÓN 6

Usa los resultados de las fichas anteriores y el caso resuelto (F7) como modelo del dossier.

1 **Completa la tabla de escenarios para la unidad funcional de 6 años (A: comprar y tirar; B: rediseño con aluminio reciclado y fuente de repuesto) y calcula los ahorros.**

Indicador	Escenario A	Escenario B	Ahorro (valor y %)
Huella (kg CO_2e)	23,624	12,184	
Coste total (€)	56,55	43,55	
Tiempo de desmontaje (s)	685	170	
Índice de reparabilidad (sobre 8)			

2 **Sensibilidad. Si la fuente actual durase solo 2 años, harían falta 3 lámparas en el escenario A y 2 fuentes de repuesto en el B. Calcula de nuevo las huellas y el ahorro. ¿Cambia la conclusión?**

3 **Dibujad un gráfico de barras apiladas con la huella por fases (materiales, fabricación, transporte y uso) de los escenarios A y B.**

4 **Revisión del dossier.**

- [ ] La unidad funcional es la misma en los dos escenarios.
- [ ] Todos los cálculos llevan unidades y las hipótesis están escritas.
- [ ] Se distinguen los datos reales de los ficticios o didácticos.
- [ ] Se explica qué pasa si cambia la vida útil de la fuente.
- [ ] Se incluye accesibilidad y seguridad (despiece virtual).
- [ ] El texto usa lenguaje inclusivo y cita las fuentes (F1-F9).

FICHA 7 Evidencia individual: la mochila escolar

SESIÓN 7

Trabajo individual. Aplica el método a una mochila escolar. Todos los datos son ficticios y didácticos.

1 **Materiales de una mochila de 0,80 kg: tejido de poliéster 0,50 kg (5,5 kg CO_2e/kg), espuma 0,12 kg (4,0), cremalleras y hebillas 0,08 kg (3,0) e hilo y otros 0,10 kg (3,0). Fabricación 1,2 kg CO_2e y transporte 0,4 kg CO_2e. Calcula la huella de los materiales y la de una mochila completa.**

2 **En 6 años, la cremallera rompe a los 2 años y se tira la mochila (35 €); hacen falta 3 mochilas (escenario A). Con un rediseño (cremallera sustituible, 42 €) se compra 1 mochila y se hacen 2 reparaciones de 8 € y 0,1 kg CO_2e cada una (escenario B). Calcula la huella (kg CO_2e) y el coste de cada escenario, y el ahorro en valor y en porcentaje.**

3 **Propón tres cambios de diseño para mejorar la reparabilidad y la accesibilidad (por ejemplo, para alguien con una sola mano) y justifica el material elegido con al menos una cifra.**

4 **Escribe en 60 palabras, con lenguaje inclusivo, la frase de defensa ante un comité. ¿Cuánto tiempo ocupa a 130 palabras por minuto?**

ANEXO 4

Plantilla del producto final

SdA 2 · Del producto al ciclo de vida

ALUMNADO

Nombre: **Curso/grupo:** **Fecha:**

Memoria del análisis y rediseño de ciclo de vida. Completadla en equipo a lo largo de las sesiones; es la base de la defensa ante el comité.

Producto y unidad funcional

Producto, usuarios y unidad funcional (horas, años) con energía, coste y CO_2e de uso.

Demanda, evolución y vida útil

Datos con porcentajes y previsión de fin de ciclo.

Ciclo de vida y huella por fases

Tabla de materiales, fabricación, transporte, uso y fin de vida, con kg de CO_2e y porcentajes.

Materiales elegidos

Matriz ponderada con totales y material elegido.

Problemas de reparación y desmontaje

Operaciones, herramientas, tiempo e índice de reparabilidad actuales.

Rediseño

Boceto con uniones, piezas modulares, marcado de materiales y accesibilidad.

Beneficios y límites

Ahorro en kg de CO_2e, € y tiempo; sensibilidad y límites de los datos.

Defensa ante el comité

Gancho, tres mensajes con cifras y petición, en lenguaje inclusivo.

ANEXO 5

Lista de cotejo

SdA 2 · Del producto al ciclo de vida

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Antes de entregar **Análisis y rediseño de ciclo de vida**, comprueba cada punto y marca la casilla. Si alguno falla, todavía estás a tiempo de mejorarlo.

Contenido del producto

- [ ] La unidad funcional está definida (horas de uso y años) y es la misma en los dos escenarios comparados.
- [ ] Los cálculos de energía, coste y emisiones llevan unidades y los resultados son correctos.
- [ ] El análisis de demanda y evolución incluye porcentajes, cuotas o variaciones calculados con datos.
- [ ] La huella por fases está completa y la matriz de materiales está bien calculada con las escalas indicadas.
- [ ] El rediseño tiene uniones y piezas pensadas para desmontar, con una reducción cuantificada de tiempo y herramientas y un índice de reparabilidad.
- [ ] Se incluye un análisis de sensibilidad y se explican los límites de los datos (reales, ficticios y didácticos).
- [ ] No se ha abierto ningún aparato energizado: el despiece es virtual y se han respetado las normas del taller.
- [ ] Se han considerado accesibilidad (requisitos con medidas) y sostenibilidad (reparar, reutilizar, reciclar, efecto rebote).
- [ ] Las fuentes están citadas y el pitch cabe en 3 minutos con lenguaje inclusivo.

Calidad y rigor

- [ ] He usado el vocabulario técnico, la simbología normalizada y las unidades correctas.
- [ ] He justificado las decisiones con requisitos, pruebas, datos o esquemas, y he indicado sus límites.
- [ ] He respetado las normas de seguridad, privacidad y uso responsable de la situación.
- [ ] He citado las fuentes y respetado las licencias de imágenes, código o modelos utilizados.
- [ ] He revisado la presentación y he incorporado las mejoras de la coevaluación o de las pruebas.

Lo que más me ha costado

Firma del equipo / fecha de entrega

ANEXO 6

Rúbrica imprimible

SdA 2 · Del producto al ciclo de vida

ALUMNADO · DOCENTE

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Rúbrica para valorar **Análisis y rediseño de ciclo de vida**. Marca el nivel alcanzado en cada indicador.

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial	Nivel
Necesidad y diseño	Define la unidad funcional y los requisitos con cifras, analiza demanda y evolución con datos, compara tres o más materiales o variantes con una matriz bien calculada y justifica un rediseño que responde a las causas reales de la avería y a la accesibilidad.	Define la unidad funcional y los requisitos principales y justifica el rediseño con la matriz y algún dato del análisis.	La unidad funcional es imprecisa o la elección de materiales y rediseño se apoya en opiniones o con errores de cálculo.	No relaciona el rediseño con el análisis del ciclo de vida ni con una necesidad concreta.	
Funcionamiento / evidencia	Compara dos escenarios con la misma unidad funcional, con huella (kg de CO_2e), coste (€), tiempo de desmontaje e índice de reparabilidad correctos, aplica un análisis de sensibilidad e interpreta los límites de los datos (ficticios u orientativos).	Compara los escenarios con cifras casi siempre correctas y obtiene una conclusión coherente.	La comparación es parcial, mezcla unidades funcionales distintas o tiene errores que cambian la conclusión.	No hay comparación cuantitativa ni evidencia de que el rediseño mejora algo.	
Documentación técnica	Dossier con despiece, tabla de ciclo de vida, matriz, cálculos con unidades, hipótesis explícitas y fuentes citadas; otra persona podría repetir los cálculos y llegar a los mismos resultados.	Documentación suficiente con algún cálculo o hipótesis sin explicar.	Faltan cálculos, unidades o fuentes, o hay ambigüedades que impiden seguir el proceso.	Documentación insuficiente para comprender el análisis.	
Seguridad, ética y sostenibilidad	No manipula equipos energizados, trabaja con despieces virtuales, integra accesibilidad y reparabilidad desde el diseño, discute el efecto rebote y los límites éticos (obsolescencia, residuos) y usa lenguaje inclusivo.	Cumple las normas de seguridad y considera sostenibilidad y accesibilidad con ejemplos concretos.	Necesita recordatorios de seguridad o trata la sostenibilidad y la accesibilidad de forma superficial.	Manipula equipos con riesgo o ignora los impactos y a parte de las personas usuarias.	
Iteración y cooperación	Revisa los cálculos y las hipótesis tras el análisis de sensibilidad, mejora el rediseño con datos, cumple su rol y da feedback asertivo y concreto a otros equipos.	Revisa el trabajo y mejora algún aspecto con datos; coopera adecuadamente.	La revisión es superficial o la cooperación es irregular.	No revisa el trabajo o dificulta el del equipo.	

Observaciones del docente

Valoración global

ANEXO 7

Autoevaluación y coevaluación

SdA 2 · Del producto al ciclo de vida

ALUMNADO

Nombre: _____ Curso/grupo: _____ Fecha: _____

Parte 1 · Autoevaluación

Afirmación	Aún no	Con ayuda	Bien	Muy bien
Sé comparar dos diseños con la misma unidad funcional y calcular su huella de carbono y su coste.	○	○	○	○
Sé elegir un material con una matriz ponderada y justificar una decisión de reparar frente a sustituir.	○	○	○	○
He cumplido mi rol y mis tareas dentro del equipo.	○	○	○	○
He escuchado y tenido en cuenta las ideas de los demás.	○	○	○	○
He usado datos, pruebas o evidencias para justificar mis decisiones.	○	○	○	○
He revisado y mejorado mi trabajo a partir de la retroalimentación.	○	○	○	○

Dos aprendizajes que he logrado

_____

_____

_____

Una dificultad que he tenido

_____

_____

_____

Una mejora que haré la próxima vez

_____

_____

Parte 2 · Coevaluación de otro equipo

Equipo evaluado: _____

Fortaleza 1

_____

_____

Fortaleza 2

_____

_____

Propuesta de mejora

_____

_____

ANEXO 8

Refuerzo

SdA 2 · Del producto al ciclo de vida

ALUMNADO

Nombre: **Curso/grupo:** **Fecha:**

Aquí tienes el producto común, la lámpara, con las fichas de cálculo ya preparadas y parcialmente resueltas para que practiques el método paso a paso.

Ficha resuelta de la lámpara

Unidad funcional: 3960 h de uso en 6 años. **Energía:** 8 W × 3960 h = 31,68 kWh. **Coste de uso:** 31,68 × 0,27 = 8,55 €. **Emisiones de uso:** 31,68 × 0,10 = 3,17 kg CO_2e.

Una lámpara: materiales 7,728 + fabricación 2,0 + transporte 0,5 = **10,228 kg CO_2e**.

Escenario A: 2 lámparas + uso = 2 × 10,228 + 3,168 = 23,624 kg CO_2e.

Plantilla del escenario B por pasos

1. Aluminio del brazo: 0,216 kg × 0,6 = ___ kg CO_2e (antes 2,592).
2. Materiales del rediseño: 7,728 − 2,592 + ___ = ___ kg CO_2e.
3. Una lámpara del rediseño: materiales + 2,0 + 0,5 = ___ kg CO_2e.
4. Fuente de repuesto: 0,030 kg × 40 + 0,05 = ___ kg CO_2e.
5. Total B: lámpara + repuesto + uso (3,168) = ___ kg CO_2e.

1 **Completa la plantilla del escenario B con los pasos del apoyo.**

Paso	Resultado (kg CO_2e)
1. Aluminio reciclado del brazo	
2. Materiales del rediseño	
3. Una lámpara rediseñada	
4. Fuente de repuesto	
5. Total del escenario B	

2 **Calcula el ahorro de B respecto a A en kg de CO_2e y en porcentaje (A = 23,624 kg CO_2e).**

3 **Marca si cada afirmación es verdadera o falsa y corrige las falsas.**

	V	F
La fabricación y los materiales suponen más del 80 % de la huella de una lámpara de 3 años.	☐	☐
Reparar la fuente por 6 € es mejor que comprar una lámpara de 29 € según la regla del 50 %.	☐	☐
Se pueden abrir las lámparas del aula para ver la fuente de alimentación.	☐	☐

ANEXO 9

Ampliación

SdA 2 · Del producto al ciclo de vida

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Modelo de servicio y efecto rebote

En lugar de vender lámparas, el centro contrata un **servicio de iluminación**: una empresa ficticia mantiene la propiedad, repara y reutiliza las lámparas durante 12 años. Evalúa si el servicio mejora el rediseño y si el **efecto rebote** puede reducir el ahorro.

Pasos

1. Calcula la huella anual de los escenarios A y B (huella total / 6 años).
2. Calcula la huella de la lámpara rediseñada en el servicio durante 12 años: 1 lámpara, 1 fuente de repuesto, uso de 12 años (63,36 kWh a 0,10 kg CO_2e/kWh) y 0,5 kg CO_2e de limpieza y reacondicionamiento. Divide entre 12.
3. Efecto rebote 1: las personas usuarias aumentan el uso de 3 a 4,5 h/día. Calcula los kWh y los kg CO_2e extra al año y qué porcentaje del ahorro anual de B frente a A se pierde.
4. Efecto rebote 2: el ahorro económico (13,00 € en 6 años) se gasta en otro consumo con 0,5 kg CO_2e por euro (valor didáctico). Calcula qué porcentaje del ahorro anual de CO_2e se pierde.
5. Escribe una conclusión con dos medidas para reducir el efecto rebote.

1 **Resultados del análisis.**

Cálculo	Resultado
Huella anual A (kg CO_2e/año)	
Huella anual B (kg CO_2e/año)	
Ahorro anual de B (kg CO_2e/año)	
Huella anual del servicio a 12 años	
Pérdida por rebote 1 (%)	
Pérdida por rebote 2 (%)	

Entrega

Ficha con la tabla de resultados, los cálculos y una conclusión con dos medidas contra el efecto rebote.

ANEXO 10

Guía docente y soluciones

SdA 2 · Del producto al ciclo de vida

DOCENTE

Ficha 1

1. Diagnóstico: desde la extracción de materias primas hasta el fin de vida; comparar productos o diseños que prestan el mismo servicio; se conserva el producto y se evita fabricar uno nuevo; el ahorro se reduce porque aumenta su uso o consumo.
2. Lámpara: 5·3 + 5·3 + 5·2 + 4·2 = 15 + 15 + 10 + 8 = 48. Mochila: 15 + 15 + 2 + 6 = 38. Auriculares: 15 + 6 + 2 + 10 = 33. Se elige la lámpara (48 de 50): hay datos en el dossier y el despiece virtual es seguro.
3. Energía: 8 W × 3960 h = 31 680 Wh = 31,68 kWh. Coste: 31,68 × 0,27 = 8,55 €. Emisiones: 31,68 × 0,10 = 3,17 kg CO_2e.
4. Reto modelo: «¿Cómo podríamos rediseñar la lámpara para que se repare en menos de 3 minutos y no se tire?». Requisitos modelo: 1) desmontaje en 300 s o menos con una sola herramienta (se cronometra en el despiece); 2) coste de la lámpara de 30 € o menos (presupuesto); 3) huella de 6 años menor de 15 kg CO_2e (hoja de cálculo).

Ficha 2

1. Porcentajes sobre 108: 8,3 %, 19,4 %, 30,6 %, 26,9 % y 14,8 %. Menos de 3 años: 63 / 108 = 58,3 %. Causas entre las 63: fuente o interruptor 38 → 60,3 %; mecánica 14 → 22,2 %; gusto u otros 11 → 17,5 %. Más de la mitad se tira antes de 3 años, y la causa principal es una avería de la fuente que no se puede reparar: la hipótesis de 3 años es razonable.
2. Cuota LED: 2016, 120 / (120 + 380) = 24,0 %; 2025, 650 / (650 + 25) = 96,3 %. 650 / 120 = 5,4 veces; aumento del 441,7 %. Implica que la mayoría de las lámparas que se tirarán dentro de unos años serán LED con electrónica incorporada, es decir, más residuos electrónicos.
3. Halógena: 35 W × 3960 h = 138,6 kWh; LED: 31,68 kWh. Ahorro: 106,92 kWh, un 77,1 %. Como el uso emite menos, la fabricación y los materiales pesan más en el total.
4. Ejemplos: persona mayor con artrosis: pulsador de 25 mm de diámetro o más y fuerza de accionamiento de 5 N o menos; silla de ruedas: interruptor a una altura accesible de 90 cm a 120 cm o mando táctil de gran tamaño, y brazo con regulación a una mano; baja visión: interruptor con contraste alto y luz con difusor para evitar deslumbramientos. Valorar cifras concretas y respeto.

Ficha 3

1. Acero 1,000 (12,9 %); aluminio 2,592 (33,5 %); ABS 0,456 (5,9 %); electrónica 3,360 (43,5 %); cable 0,320 (4,1 %). Total 7,728 kg CO_2e.
2. Materiales 7,728 (65,4 %); fabricación 2,0 (16,9 %); transporte 0,5 (4,2 %); uso 1,584 (13,4 %); fin de vida 0 (0 %). Total 11,812 kg CO_2e. Mayor impacto: materiales (65,4 %).
3. Reducir con usar menos material en el brazo; reutilizar con otra persona que aprovecha una lámpara que funciona; reparar con sustituir la fuente; reciclar con separar aluminio y plástico.
4. Escenario A: 2 × 10,228 + 3,168 = 23,624 kg CO_2e. Coste: 2 × 24 + 8,55 = 56,55 €.

Ficha 4

1. Acero: 80 × 7,85 = 628 g; 0,628 × 2,0 = 1,256 kg CO_2e; 0,628 × 0,90 = 0,57 €. Aluminio primario: 216 g; 2,592 kg CO_2e; 0,56 €. Aluminio reciclado: 216 g; 0,130 kg CO_2e; 0,63 €. ABS: 84 g; 0,319 kg CO_2e; 0,18 €.
2. Acero: masa 2, huella 2 → 5·3 + 2·2 + 2·3 + 5·2 + 4·1 = 39. Aluminio primario: masa 4, huella 1 → 12 + 8 + 3 + 10 + 4 = 37. Aluminio reciclado: masa 4, huella 5 → 12 + 8 + 15 + 10 + 3 = 48. ABS: masa 5, huella 4 → 6 + 10 + 12 + 6 + 5 = 39. Se elige el aluminio reciclado (48 de 55).
3. 2,592 − 0,130 = 2,462 kg CO_2e por brazo, un 95,0 % menos. Límites: disponibilidad y trazabilidad del aluminio reciclado, un precio algo mayor (0,63 € frente a 0,56 € por pieza) y que el ahorro depende del dato didáctico del factor.
4. Material: aluminio reciclado o PP si no hace falta rigidez. Requisitos modelo: superficie del pulsador de 25 mm de diámetro o más; fuerza de accionamiento de 5 N o menos; contraste claro entre pulsador y base (color distinto). Aceptar otras cifras justificadas.

Ficha 5

1. Suma: 20 + 80 + 45 + 120 + 30 + 90 + 150 + 60 + 90 = 685 s; 9 operaciones; 6 herramientas distintas (uña, tri-wing, espátula, cúter, alicates y taladro; la espátula se repite). Reducción: (685 − 170) / 685 = 75,2 %.
2. Lámpara actual: solo cumple «plástico marcado con el tipo de material» → 1 de 8 (12,5 %). Rediseño del caso: 7 u 8 de 8 según se incluyan repuestos e instrucciones. Valorar la coherencia con el boceto.
3. 6 / 29 = 20,7 %, menos del 50 %: se repara. Sin repuesto, la lámpara actual no se puede reparar y se tira entera.
4. Boceto: tornillos de cruz PH1, conectores, fuente enchufable, piezas modulares, marcado >ABS< y pulsador accesible. Valorar que cada elección se justifique.

Ficha 6

1. Huella: ahorro 11,44 kg CO_2e (48,4 %). Coste: 13,00 € (23,0 %: 13 / 56,55). Desmontaje: 515 s (75,2 %). Índice de reparabilidad: A 1/8 y B según el rediseño (7 u 8).
2. Con 3 lámparas en A: 3 × 10,228 + 3,168 = 33,852 kg CO_2e. B con 2 repuestos: 7,766 + 2 × 1,25 + 3,168 = 13,434 kg CO_2e. Ahorro: 20,418 kg CO_2e (60,3 %). La conclusión se refuerza: cuanto antes falla la fuente, más conviene el rediseño.
3. Gráfico: barras apiladas con A (materiales 15,456; fabricación 4,0; transporte 1,0; uso 3,168) y B (materiales 5,266 + 1,2 de repuesto; fabricación 2,0; transporte 0,55; uso 3,168). Valorar leyenda, unidades y escala.
4. Revisión: todas las casillas marcadas antes de entregar el dossier.

Ficha 7

1. Materiales: 0,50 × 5,5 = 2,75; 0,12 × 4,0 = 0,48; 0,08 × 3,0 = 0,24; 0,10 × 3,0 = 0,30 → 3,77 kg CO_2e. Mochila completa: 3,77 + 1,2 + 0,4 = 5,37 kg CO_2e.
2. A: 3 × 5,37 = 16,11 kg CO_2e y 3 × 35 = 105 €. B: 5,37 + 2 × 0,1 = 5,57 kg CO_2e y 42 + 2 × 8 = 58 €. Ahorro: 10,54 kg CO_2e (65,4 %) y 47 € (44,8 %).
3. Respuesta abierta. Ejemplos: cremallera sustituible con puntadas accesibles; tejido reciclado con una huella menor, siempre con cifra; correas ajustables y cierre fácil de abrir con una mano para accesibilidad; etiqueta con las instrucciones de reparación.
4. Frase modelo (≈ 60 palabras): defiende con una cifra, un ahorro y una petición, en lenguaje inclusivo. A 130 palabras por minuto, 60 palabras ocupan 60 / 130 × 60 ≈ 27,7 s.

Refuerzo (Anexo 8)

1. 1) 0,216 × 0,6 = 0,130; 2) 7,728 − 2,592 + 0,130 = 5,266; 3) 5,266 + 2,0 + 0,5 = 7,766; 4) 0,030 × 40 + 0,05 = 1,25; 5) 7,766 + 1,25 + 3,168 = 12,184 kg CO_2e.
2. Ahorro: 23,624 − 12,184 = 11,44 kg CO_2e; 11,44 / 23,624 = 48,4 %.
3. Verdadero (los materiales y la fabricación suponen el 82,3 % en 3 años: 65,4 % + 16,9 %); verdadero (6 / 29 = 20,7 %, menos del 50 %); falso (nunca se abre un aparato conectado a la red: el despiece es virtual).

Ampliación (Anexo 9)

1. Huella anual A: 23,624 / 6 = 3,94 kg CO_2e/año; B: 12,184 / 6 = 2,03 kg CO_2e/año; ahorro: 1,91 kg CO_2e/año. Servicio a 12 años: 7,766 + 1,25 + 6,336 + 0,5 = 15,85 kg CO_2e, es decir, 1,32 kg CO_2e/año.
2. Rebote 1: 8 W × 1,5 h × 220 = 2,64 kWh al año → 0,264 kg CO_2e; 0,264 / 1,91 = 13,8 %. Rebote 2: 13,00 / 6 = 2,17 €/año × 0,5 = 1,08 kg CO_2e; 1,08 / 1,91 = 56,8 %. Medidas: temporizador o sensor de presencia y destinar el ahorro a otro servicio de bajo impacto, por ejemplo la reparación de otros equipos.

Notas para el docente: temporalización, seguridad y diferenciación

- Temporalización: S1 (producto y unidad funcional), S2 (demanda y usuario), S3 (ciclo de vida y huella), S4 (materiales), S5 (desmontaje y rediseño), S6 (dossier y sensibilidad) y S7 (defensas de 3 minutos + 2 de preguntas del comité y ficha individual). Conviene usar una hoja de cálculo compartida en S3 y S6.
- Seguridad: no se abre ningún aparato energizado ni con batería. El despiece es virtual. Con objetos sin electricidad (mochilas, carcasas), solo herramientas escolares y supervisión. Si el centro dispone de aparatos fuera de servicio, solo el personal técnico decide qué mostrar.
- Diferenciación: el Anexo 8 ofrece la lámpara con fichas ya resueltas parcialmente; el Anexo 9 plantea un modelo de servicio con efecto rebote. Los roles rotan (coordinación, documentación, material y seguridad, pruebas, comunicación).
- Datos: dejar claro qué cifras son reales (residuos electrónicos, electricidad, directiva) y cuáles didácticas (factores de huella, precios, fallos). El factor de 0,10 kg CO_2e/kWh es una estimación derivada de la cuota sin emisiones; si se dispone de un factor oficial actualizado, se puede sustituir y recalcular.

Errores frecuentes

- Comparar productos con distinta unidad funcional (una lámpara de 3 años frente a una de 6 años) sin ajustar el periodo.
- Olvidar el cambio de unidades (g a kg, W a kW, Wh a kWh) al calcular masa y energía.
- Atribuir al uso la mayor parte de la huella de una lámpara LED, sin mirar materiales y fabricación.
- Elegir un plástico por masa y huella sin considerar la rigidez necesaria.
- Proponer desmontar un aparato real conectado a la red o con batería.
- Confundir reciclar con reparar o reutilizar, o ignorar el efecto rebote en las conclusiones.

Criterios para valorar respuestas abiertas

- Aceptar otros productos sin batería ni red siempre que se comparen con la misma unidad funcional y los datos estén justificados.
- En la matriz, admitir pesos distintos si son coherentes con los requisitos y el cálculo es correcto.
- Valorar más la trazabilidad de los cálculos y las hipótesis que el resultado exacto, dado que muchos factores son didácticos.
- En la ficha 7 y en la defensa, aceptar rediseños distintos con cifras, accesibilidad y lenguaje inclusivo.

03

SITUACIÓN DE APRENDIZAJE

Del CAD a la fabricación

PREGUNTA GUÍA

¿Qué decisiones de diseño hacen que una pieza pueda fabricarse de forma segura y precisa?

CURSO 4.º ESO	**SESIONES** 7 sesiones	**BLOQUES DE SABERES** A
COMPETENCIAS ESPECÍFICAS CE2, CE3, CE5	**PRODUCTO FINAL** Pieza CAD 3D + plan de fabricación	**CRITERIOS DE EVALUACIÓN** 2.2, 5.1, 3.1

Contexto, reto y producto

En el IES Sierra Dorada (centro ficticio), el Aula de Apoyo cuenta con varias tabletas para leer libros digitales, pero se apoyan sobre la mesa de cualquier manera: se resbalan, se caen y obligan a sostenerlas con la mano. Un compañero con movilidad reducida en las manos y una profesora de apoyo piden al Fab Lab del centro (aula de fabricación digital, ficticia) un **soporte de lectura** estable, barato y que se pueda reproducir, para que la biblioteca encargue una pequeña serie de 20 unidades. Nadie quiere «un objeto bonito en 3D», sino una pieza que **encaje de verdad con una tableta de 9 mm de grosor**.

En esta situación, el alumnado de 4.º recorre el camino completo **del CAD a la fabricación**. Primero **analiza qué geometrías se pueden fabricar** con cada proceso; **modela en 3D** una pieza base con operaciones paramétricas y la documenta con un **plano acotado** en el sistema europeo; introduce **tolerancias y ajustes** (juego, apriete y compensación del ancho de corte); **elige el proceso** con una matriz ponderada (manual, impresión 3D FDM o corte láser laminado); simula el **laminado** y la fabricación con cálculos de masa, tiempo y coste; **inspecciona** las piezas con calibre y decide si están dentro de tolerancia; y reúne todo en un **dossier de fabricación** que otra persona pueda reproducir. Las máquinas las opera solo el docente.

Reto

Modelar en CAD 3D una pieza que encaje con una tableta de 9 mm, acotarla, fijar sus tolerancias, elegir y justificar un proceso de fabricación, simular o fabricar la pieza y demostrar con medidas si cumple, entregando un dossier de fabricación completo.

Producto final

Pieza CAD 3D + plan de fabricación.

Enfoque: Proyecto / análisis / simulación / prototipado

Vinculación curricular

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS MOVILIZADAS (SÍNTESIS)

- **CE2** Aplicar con seguridad técnicas y conocimientos interdisciplinares, analizando el ciclo de vida de los productos, para fabricar soluciones accesibles y sostenibles.
- **CE3** Expresar, comunicar y difundir ideas y soluciones tecnológicas con la terminología y los recursos adecuados, en una dinámica de mejora continua.
- **CE5** Aprovechar y configurar las herramientas digitales aplicando conocimientos interdisciplinares para resolver tareas de forma eficiente.

Criterios de evaluación seleccionados (redacción oficial del RD 217/2022)

2.2 Fabricar productos y soluciones tecnológicas, aplicando herramientas de diseño asistido, técnicas de elaboración manual, mecánica y digital y utilizando los materiales y recursos mecánicos, eléctricos, electrónicos y digitales adecuados.

5.1 Resolver tareas propuestas de manera eficiente, mediante el uso y configuración de diferentes aplicaciones y herramientas digitales, aplicando conocimientos interdisciplinares con autonomía.

3.1 Intercambiar información y fomentar el trabajo en equipo de manera asertiva, empleando las herramientas digitales adecuadas junto con el vocabulario técnico, símbolos y esquemas de sistemas tecnológicos apropiados.

Saberes básicos oficiales seleccionados (transcripción del RD 217/2022)

Código	Saber básico
A7	Herramientas de diseño asistido por computador en tres dimensiones en la representación o fabricación de piezas aplicadas a proyectos.
A8	Técnicas de fabricación manual y mecánica. Aplicaciones prácticas.
A9	Técnicas de fabricación digital. Impresión en tres dimensiones y corte. Aplicaciones prácticas.
A10	Presentación y difusión del proyecto. Elementos, técnicas y herramientas. Comunicación efectiva: entonación, expresión, gestión del tiempo, adaptación del discurso y uso de un lenguaje inclusivo, libre de estereotipos sexistas.

Concreción didáctica en esta situación

- Diseño asistido por ordenador en 3D (A7): boceto acotado y paramétrico, extrusión, corte, agujeros y redondeos; volumen de un sólido; vistas diédricas en el sistema europeo (alzado, planta, perfil), secciones, escalas y acotación en mm.
- Técnicas de fabricación manual y mecánica (A8): trazado, corte con sierra de marquetería, limado y taladrado como alternativa; precisión típica (± 1 mm), tiempo, seguridad y límites frente a las técnicas digitales.
- Fabricación digital (A9): impresión 3D FDM (laminador, altura de capa, perímetros, relleno, G-code) y corte láser (DXF, ancho de corte, velocidad); cálculo de masa, tiempo y coste; operación solo por personal docente.
- Tolerancias y ajustes sencillos: tolerancia ± , límites superior e inferior, ajuste con juego, indeterminado y con apriete; holguras recomendadas y compensación del ancho de corte.
- Presentación y difusión (A10): el dossier de fabricación y su explicación oral con vocabulario técnico, símbolos y esquemas, y lenguaje inclusivo, con uso de herramientas digitales en equipo.

Objetivos didácticos

- Analizar si una geometría es fabricable con impresión 3D, corte láser o técnicas manuales aplicando reglas de diseño (espesor mínimo, voladizos, agujeros, ancho de corte).
- Modelar una pieza en CAD 3D con operaciones paramétricas (boceto acotado, extrusión, corte, agujeros y redondeos) y representarla con alzado, planta, perfil y sección acotados a escala.
- Calcular tolerancias y ajustes (límites, juego máximo y mínimo, apriete) y compensar el ancho de corte o la contracción para que las piezas encajen.
- Elegir un proceso de fabricación con una matriz ponderada y estimar masa, tiempo y coste a partir del volumen, la densidad y los parámetros del laminador o del corte.
- Inspeccionar dimensionalmente una serie de piezas con calibre, calcular media y rango, decidir la conformidad y documentar el proceso en un dossier de fabricación.

Metodología

Aprendizaje basado en retos

La tarea parte de una necesidad, problema, sistema o decisión técnica con un producto verificable.

Iteración

Se planifica, construye/configura/simula, prueba, registra el fallo y se mejora.

Pensamiento técnico

Las decisiones se justifican mediante requisitos, esquemas, datos, pruebas, criterios de seguridad y limitaciones.

Trabajo cooperativo

Roles rotatorios: coordinación, documentación, material/seguridad, pruebas y comunicación.

Competencia digital

Las herramientas digitales se usan cuando aportan diseño, simulación, programación, documentación o colaboración, no como mero adorno.

Secuencia de sesiones y actividades

Cada sesión genera una **evidencia** que se recoge en la ficha correspondiente del Anexo 3. Los datos, esquemas, especificaciones y ejemplos de trabajo están en el dossier técnico del Anexo 2.

1

SESIÓN 1

Analizamos geometrías fabricables con reglas de diseño para impresión, corte y trabajo manual

Evidencia: Ficha 1: diagnóstico, clasificación de elementos fabricables (F5), volumen y masa de la pieza base y reto con requisitos y tolerancias.

Ficha: Anexo 3 · ficha 1

2

SESIÓN 2

Modelamos la pieza base en CAD con operaciones paramétricas y vistas acotadas

Evidencia: Ficha 2: árbol de operaciones, volumen por operaciones, cotas a escala 1:2 y vistas dibujadas con el plano F2.

Ficha: Anexo 3 · ficha 2

3

SESIÓN 3

Introducimos tolerancias y encajes: juego, apriete y compensación del ancho de corte

Evidencia: Ficha 3: límites y juego de la ranura con la tableta, clasificación de ajustes (F6) y compensación del ancho de corte.

Ficha: Anexo 3 · ficha 3

4

SESIÓN 4

Elegimos el proceso de fabricación con una matriz ponderada y un plan de operaciones

Evidencia: Ficha 4: capacidad de cada proceso frente a la tolerancia (F4), matriz calculada, hoja de proceso y riesgos.

Ficha: Anexo 3 · ficha 4

5

SESIÓN 5

Simulamos laminado y corte o realizamos la pieza con el docente: masa, tiempo y coste

Evidencia: Ficha 5: cálculo de masa, tiempo y coste de impresión, longitud y tiempo de corte, lectura de G-code y parámetros del laminador.

Ficha: Anexo 3 · ficha 5

6

SESIÓN 6

Inspección dimensional y revisión: medidas, media, rango y conformidad

Evidencia: Ficha 6: tabla de inspección de seis piezas (F8), decisión de conformidad, elección del instrumento y corrección del CAD.

Ficha: Anexo 3 · ficha 6

7

SESIÓN 7

Dossier de fabricación y evidencia individual con una caja de tapa deslizante

Evidencia: Producto final (Anexo 4) y Ficha 7: ajuste de la tapa, elección de proceso y estimación de masa, tiempo y coste de la caja.

Ficha: Anexo 3 · ficha 7

Evaluación

La evaluación combina evidencia del proceso, producto o configuración final, documentación técnica, pruebas/validación, trabajo seguro y una tarea individual de transferencia. El acabado visual no sustituye la funcionalidad, el razonamiento ni la trazabilidad de las decisiones.

Criterios, evidencias e instrumentos

Criterio	Evidencia principal	Instrumento
2.2	Fabricación o simulación de la pieza aplicando herramientas de diseño asistido y técnicas digitales y manuales: modelo CAD paramétrico, tolerancias calculadas, proceso elegido con matriz y masa, tiempo y coste estimados.	Fichas 2 a 5 y plantilla (Anexo 4) / lista de cotejo y rúbrica
5.1	Uso y configuración eficiente de aplicaciones digitales (CAD, laminador y hoja de cálculo): parámetros justificados, archivos exportados, inspección registrada y correcciones de diseño a partir de los datos.	Fichas 5 y 6 y archivos del equipo / observación sistemática y rúbrica
3.1	Intercambio de información técnica en equipo con plano acotado, vistas, símbolos y vocabulario correcto (cota, tolerancia, ajuste, kerf, G-code), dossier compartido y feedback asertivo entre compañeros.	Fichas 1 y 7 y dossier de fabricación / lista de cotejo y rúbrica

Rúbrica del producto final

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial
Necesidad y diseño	Define requisitos con cifras y tolerancias, modela una pieza paramétrica que encaja con la tableta, elige el proceso con una matriz bien calculada y compara al menos tres alternativas justificando la geometría con las reglas de fabricación.	Define requisitos y tolerancias principales, modela la pieza y elige el proceso con la matriz con justificación suficiente.	Los requisitos son imprecisos, la pieza no incorpora tolerancias o la matriz tiene errores de cálculo.	No relaciona la pieza con la necesidad ni con requisitos de fabricación.

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial
Funcionamiento / evidencia	La pieza o su simulación cumple las cotas: la inspección de varias piezas muestra la conformidad (media, rango y % dentro de tolerancia), se interpretan las desviaciones y se corrige el CAD con datos.	La pieza o su simulación cumple la función principal y se aportan medidas de varias piezas frente a la tolerancia.	La pieza solo cumple en parte o la inspección es incompleta o sin comparar con los límites.	No hay pieza comprobable ni medidas.
Documentación técnica	Plano en sistema europeo con alzado, planta, perfil y sección acotados en mm y a escala, tolerancias, proceso, parámetros y cálculos con unidades; otro equipo podría fabricar la pieza solo con el dossier.	Plano y dossier suficientes, con alguna cota, unidad o parámetro sin indicar.	Faltan vistas, cotas o parámetros, o hay errores que impiden fabricar.	Documentación insuficiente para fabricar o comprender la pieza.
Seguridad, ética y sostenibilidad	Respeta que las máquinas las opera el docente, usa EPI y orden, minimiza material (relleno, orientación, desperdicio de tablero), calcula la huella en masa y energía y cita licencias de modelos y archivos.	Cumple las normas de seguridad y considera el material y la energía con algún dato.	Necesita recordatorios de seguridad o ignora el consumo de material y de energía.	Incumple normas de seguridad en el taller o con las máquinas, o usa archivos sin licencia.
Iteración y cooperación	Corrige el diseño tras la inspección (compensación, holgura, parámetros) con datos y repite el cálculo; los roles rotan y el equipo da feedback asertivo y concreto a otros equipos.	Hace al menos una corrección a partir de las medidas y coopera adecuadamente.	La corrección es superficial o la cooperación es irregular.	No revisa el diseño tras medir o dificulta el trabajo del equipo.

Recursos y seguridad

Recursos y materiales

- Por equipo (4-5 personas): ordenador con CAD 3D de uso libre (FreeCAD, Tinkercad o similar) y laminador gratuito para simular la impresión, hoja de cálculo, papel milimetrado y plantillas del Anexo 3 y del Anexo 4.
- Instrumentos de medida: calibre pie de rey (preferible digital, resolución 0,01 mm) y regla metálica; una pieza docente impresa en PLA (base del soporte) y dos o tres variantes impresas con distinta holgura para medir y probar el encaje con una tableta o un bloque de 9 mm.
- Fabricación digital opcional, siempre operada por el docente: impresora 3D FDM (boquilla de 0,4 mm, PLA) y, si el centro dispone de ella, cortadora láser con cabina cerrada y extracción. Alternativa manual: tablero de contrachapado de 3 mm, sierra de marquetería y lima, con supervisión.

Seguridad, privacidad y uso responsable

Las máquinas de fabricación digital las opera únicamente el docente o personal formado. La boquilla de la impresora trabaja a unos 200 °C y la cama a unos 60 °C: no se toca nada hasta que se enfríe, y la cortadora láser funciona con cabina cerrada y extracción de humos. El alumnado solo trabaja con CAD y laminador en pantalla, mide piezas ya fabricadas y, si hace una variante manual, usa herramientas escolares con supervisión directa, gafas de protección y recogida de virutas y restos.

Interdisciplinariedad: Matemáticas (volúmenes, escalas, proporciones, media y rango) y Educación Plástica, Visual y Audiovisual (vistas, sistema europeo, acotación y comunicación técnica).

Atención a la diversidad (DUA), refuerzo y ampliación

Representación

Modelos, esquemas, fotografías, simulaciones, tutoriales breves, ejemplos resueltos y vocabulario técnico visual.

Acción y expresión

Memoria, maqueta, prototipo, simulación, código, plano o presentación cuando sea compatible con el criterio evaluado.

Implicación

Retos cercanos, elección acotada, roles de equipo y pruebas con propósito realista.

Apoyo / refuerzo

Anexo 8

Pieza base y parámetros recomendados.

Ampliación

Anexo 9

Optimizar material/tiempo de fabricación manteniendo resistencia funcional.

ANEXO 1

Lanzamiento del reto

SdA 3 · Del CAD a la fabricación

ALUMNADO

En la mesa del Aula de Apoyo, una tableta se resbala cada vez que alguien pasa la página. El Fab Lab os pide un soporte que encaje con una tableta de 9 mm: ni 8 mm, que se cae, ni 10 mm, que no entra. Tres décimas de milímetro lo cambian todo. Durante siete sesiones daréis forma a la pieza en 3D, la acotaréis como una ingeniera o un ingeniero, decidiréis cómo fabricarla, calcularéis cuánto material, tiempo y dinero cuesta y, cuando la pieza real llegue, la mediréis con un calibre para saber si cumple. Tampoco se aprueba un diseño «a ojo»: el dossier de fabricación lo decidirá.

> *«¿Qué decisiones de diseño hacen que una pieza pueda fabricarse de forma segura y precisa?»*

Vuestro reto

Modelar en CAD 3D una pieza que encaje con una tableta de 9 mm, acotarla, fijar sus tolerancias, elegir y justificar un proceso de fabricación, simular o fabricar la pieza y demostrar con medidas si cumple, entregando un dossier de fabricación completo.

Lo que vais a producir

Pieza CAD 3D + plan de fabricación.

Seguridad. Las máquinas de fabricación digital las opera únicamente el docente o personal formado.

Hoja de ruta · 7 sesiones

1. Analizamos qué se puede fabricar y con qué proceso.
2. Modelamos la pieza base y dibujamos sus vistas acotadas.
3. Introducimos tolerancias y calculamos los ajustes.
4. Elegimos el proceso con una matriz ponderada.
5. Simulamos el laminado y el corte, y calculamos masa, tiempo y coste.
6. Medimos las piezas y decidimos si cumplen.
7. Entregamos el dossier de fabricación y resolvemos, cada persona, un caso nuevo.

Al terminar seré capaz de…

- Analizar si una geometría es fabricable con impresión 3D, corte láser o técnicas manuales aplicando reglas de diseño (espesor mínimo, voladizos, agujeros, ancho de corte).
- Modelar una pieza en CAD 3D con operaciones paramétricas (boceto acotado, extrusión, corte, agujeros y redondeos) y representarla con alzado, planta, perfil y sección acotados a escala.
- Calcular tolerancias y ajustes (límites, juego máximo y mínimo, apriete) y compensar el ancho de corte o la contracción para que las piezas encajen.
- Elegir un proceso de fabricación con una matriz ponderada y estimar masa, tiempo y coste a partir del volumen, la densidad y los parámetros del laminador o del corte.
- Inspeccionar dimensionalmente una serie de piezas con calibre, calcular media y rango, decidir la conformidad y documentar el proceso en un dossier de fabricación.

¿Cómo me evaluarán?

Con la rúbrica del producto final (Anexo 6), la lista de cotejo (Anexo 5) y una reflexión personal (Anexo 7). ¡Revisadlas antes de empezar!

ANEXO 2

Dossier técnico

SdA 3 · Del CAD a la fabricación

ALUMNADO

Todo lo necesario para pasar del CAD a la fabricación sin buscar datos fuera: el encargo y la pieza, el plano acotado en el sistema europeo, el flujo digital desde el modelo hasta la pieza, los procesos comparados, las reglas de diseño y holguras, el esquema de ajustes, un caso resuelto con todos los cálculos, la inspección de seis piezas, el protocolo de fabricación supervisada e inspección y un glosario.

F1 El encargo del Fab Lab: soporte de lectura para tabletas

ESTUDIO DE CASO

Encargo. El Fab Lab del IES Sierra Dorada necesita un **soporte de lectura** para tabletas de **9,0 ± 0,1 mm de grosor** y 0,5 kg de masa. La pieza base es un bloque con una ranura central donde se coloca la tableta. Se fabricarán 20 unidades para la biblioteca.

Requisitos. R1: ranura de **9,4 ± 0,2 mm** (juego mínimo de 0,1 mm y máximo de 0,8 mm con la tableta); R2: base de **120 × 45 × 30 mm** con ranura de 100 mm de largo y 21 mm de profundidad; R3: dos agujeros ciegos de Ø 6,3 mm y 6 mm de profundidad en la cara inferior para unos pasadores de Ø 6,0 mm; R4: soportar 2 kg sin deformarse; R5: coste de 2 € o menos por unidad; R6: fabricación en menos de 3 h.

Datos de materiales (valores típicos, redondeados):

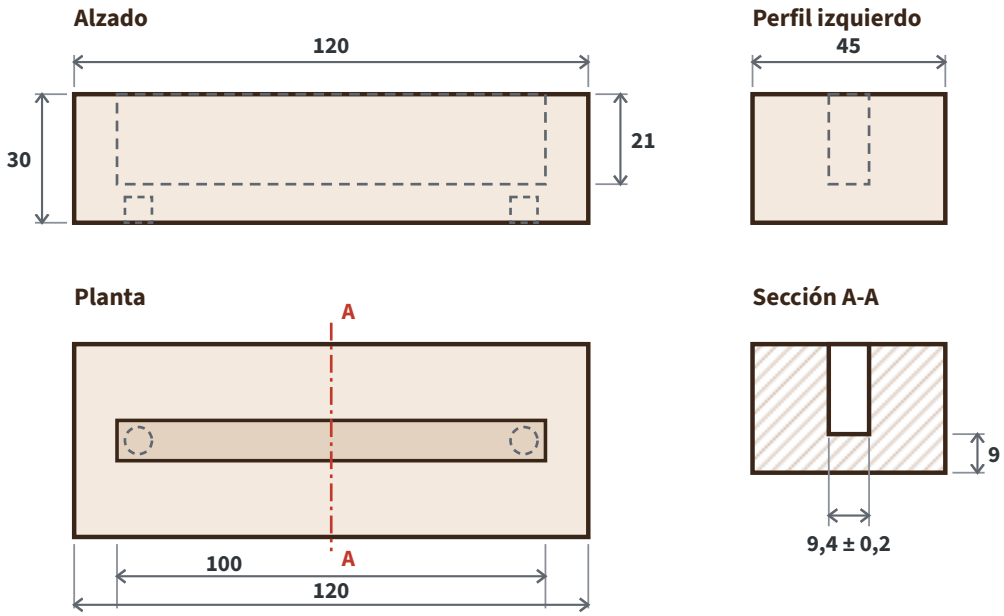
- **PLA:** densidad **1,24 g/cm³** (hojas técnicas de PLA de uso general), precio 20 €/kg (0,020 €/g), impresión a unos 200 °C con cama a unos 60 °C.
- **Contrachapado de 3 mm:** densidad aproximada 0,60 g/cm³ (varía según la especie) y precio de 12 €/m².
- **Electricidad:** 0,27 €/kWh (precio medio doméstico en España, Eurostat, primer semestre de 2026).
- **Impresora FDM:** consumo medio de 120 W durante la impresión y caudal efectivo de unos **5 mm³/s** (valor didáctico para estimar el tiempo).
- **Cortadora láser:** ancho de corte (**kerf**) de 0,15 mm y velocidad de 10 mm/s en contrachapado de 3 mm (valores didácticos).

Fuente: Encargo, centro y personas ficticios. Datos de material (PLA y contrachapado), precios y velocidades: valores típicos y didácticos redondeados; en tu taller deben confirmarse con las hojas técnicas del material y de la máquina.

¿Por qué la ranura no mide exactamente 9,0 mm? ¿Qué pasa si mide 8,8 mm o 9,8 mm?

F2 Plano acotado de la pieza base (sistema europeo, escala 1:2)

ESQUEMA



2 agujeros ciegos Ø 6,3 × 6 en la cara inferior, a 15 mm de cada extremo (líneas discontinuas)

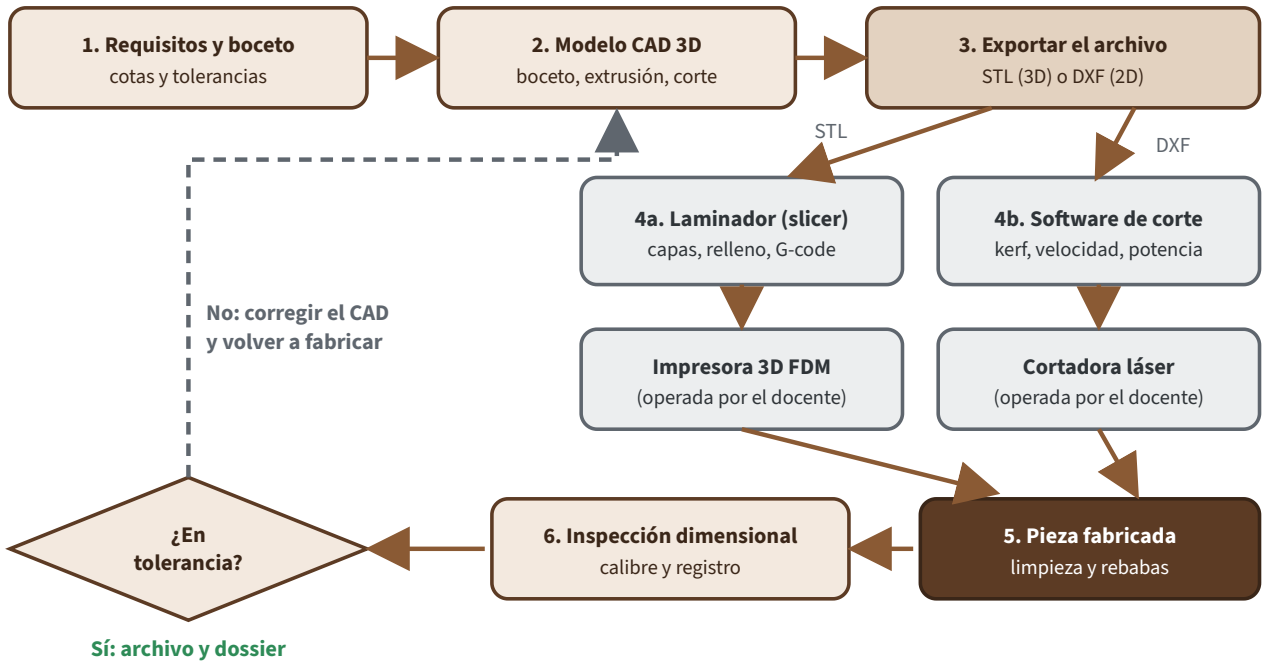
Soporte de tableta (base)	
Material: PLA	Escala 1:2
Cotas en mm	Tol. general ± 0,2

Lectura del plano. El **alzado** muestra 120 × 30 mm; las líneas discontinuas indican la ranura y los agujeros, que quedan ocultos. La **planta** muestra la ranura de 100 × 9,4 mm y los agujeros de la cara inferior. La **sección A-A** corta la pieza por el plano marcado y deja ver que la ranura tiene 21 mm de profundidad, es decir, que la base mide 9 mm. A escala 1:2, cada medida del dibujo es la mitad de la real.

Fuente: Plano de elaboración propia de una pieza ficticia. Vistas en sistema europeo: la planta se dibuja debajo del alzado y el perfil izquierdo, a la derecha del alzado.

F3 Del modelo a la pieza: flujo digital de fabricación

ESQUEMA



Dos caminos. El archivo **STL** describe la superficie 3D y lo lee el **laminador**, que corta el modelo en capas y genera el **G-code**; el archivo **DXF** describe contornos 2D y lo lee el software de corte, que añade la compensación del **kerf**. En ambos casos, la inspección decide si la pieza sirve o si hay que corregir el CAD.

Fuente: Esquema de elaboración propia. Las máquinas las opera el docente. El G-code es el archivo de instrucciones que lee la máquina; por ejemplo, `G1 X10 Y10 E0.5 F1800` *indica un movimiento lineal a las coordenadas X = 10 mm e Y = 10 mm, extruyendo 0,5 mm de filamento a 1800 mm/min.*

F4 Procesos de fabricación comparados para la pieza base

DATOS

Proceso	Precisión típica	Tiempo de fabricación (≈)	Coste de material (≈)	Seguridad y operación	Mejor uso
Manual: sierra de marquetería, lima y cola	± 1 mm	2,5 h de trabajo del alumnado	0,70 €	Herramientas escolares con supervisión directa y gafas	Prototipos y piezas simples
Impresión 3D FDM (PLA), pieza monobloque	± 0,2 mm	2,4 h de impresión sin supervisión continua	1,06 €	La opera el docente; boquilla a unos 200 °C y cama a unos 60 °C	Formas 3D con ranuras y agujeros
Corte láser de contrachapado de 3 mm y laminado de 10 capas	± 0,1 mm	8 min de corte y unos 30 min de encolado, más secado	0,74 €	La opera el docente; cabina cerrada y extracción de humos	Piezas planas, laminadas y plantillas

Dato clave. La ranura exige una tolerancia de ± 0,2 mm: la impresión FDM la cumple justo, el corte láser con margen y el trabajo manual no la cumple. Por eso la elección de proceso se justifica con **tolerancias**, además de con tiempo y coste.

Fuente: Tabla de elaboración propia con valores típicos y didácticos para esta pieza; deben contrastarse con la máquina y el material reales del taller.

F5 Reglas de diseño para fabricar y holguras recomendadas

DATOS

Regla	Impresión FDM	Corte láser (contrachapado de 3 mm)	Manual
Tolerancia dimensional típica	± 0,2 mm	± 0,1 mm	± 1 mm
Espesor mínimo de pared o detalle	1,2 mm (3 perímetros de 0,4 mm)	2 mm	3 mm
Diámetro mínimo de agujero	Ø 2 mm (salen algo más pequeños)	Igual o mayor que el espesor del tablero (3 mm)	Ø 3 mm con taladro
Voladizo sin soportes	Hasta 45° respecto de la vertical	No aplica	No aplica
Compensación habitual	Agujeros: + 0,1 a + 0,2 mm	Kerf de 0,1 a 0,2 mm: las ranuras salen más anchas y las piezas, más pequeñas	Dejar material para limar
Holgura recomendada para un encaje deslizante	0,3 mm	0,05 a 0,1 mm	0,5 mm

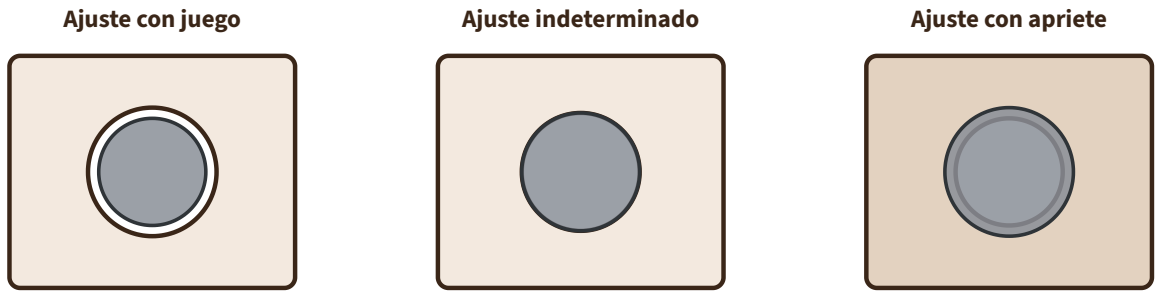
Cómo se usan. Un elemento es fabricable si cumple la regla del proceso elegido. Si no la cumple, se rediseña (más espesor, otro ángulo, otra orientación) o se cambia de proceso.

Ajustes. Con una holgura de 0,3 mm, un eje de Ø 6,0 mm entra en un agujero de Ø 6,3 mm. En el corte láser, para obtener una ranura de 9,4 mm hay que trazar 9,4 − 0,15 = 9,25 mm, y para obtener una pieza exterior de 120 mm hay que trazar 120 + 0,15 = 120,15 mm.

Fuente: Tabla de elaboración propia con valores orientativos habituales (impresión FDM con boquilla de 0,4 mm y altura de capa de 0,2 mm, láser sobre contrachapado de 3 mm). Siempre se calibra con una pieza de prueba.

F6 Ajustes entre un eje y un agujero

ESQUEMA



Ajuste con juego
(agujero / eje)
Ø 6,3 ± 0,2 / Ø 6,0 ± 0,1
juego de 0,0 a 0,6 mm
el eje siempre entra: encaje deslizante

Ajuste indeterminado
(agujero / eje)
Ø 6,0 ± 0,1 / Ø 6,0 ± 0,1
de −0,2 a +0,2 mm
puede haber juego o apriete según las piezas

Ajuste con apriete
(agujero / eje)
Ø 5,8 ± 0,05 / Ø 6,0 ± 0,05
apriete de 0,10 a 0,30 mm
hay que forzar el eje: encaje a presión

Dibujo exagerado, no está a escala. Juego = cota del agujero − cota del eje.

Cómo se clasifican. Se calcula el **juego mínimo** (cota mínima del agujero − cota máxima del eje) y el **juego máximo** (cota máxima del agujero − cota mínima del eje). Si el mínimo es mayor o igual que 0, hay **ajuste con juego**; si el máximo es menor o igual que 0, hay **ajuste con apriete**; en los demás casos, el ajuste es **indeterminado**.

Fuente: Esquema de elaboración propia. Valores didácticos y exagerados en el dibujo.

F7 Caso resuelto: la pieza base paso a paso

ESTUDIO DE CASO

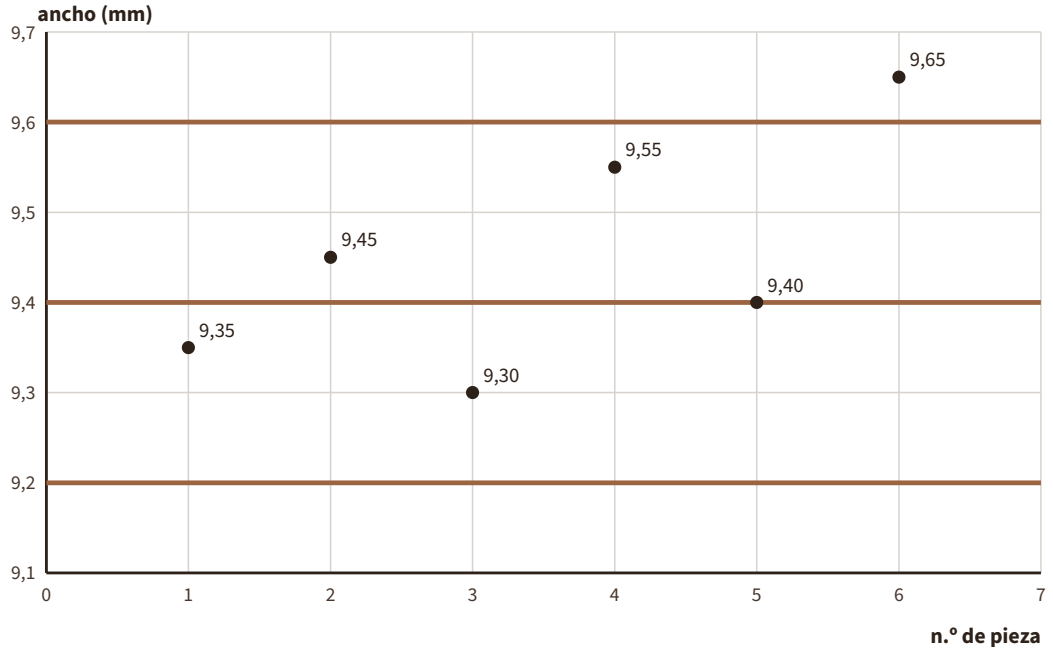
1. **Modelo CAD.** Árbol de operaciones: boceto rectangular de 120 × 45 mm → extrusión de 30 mm → boceto de la ranura (100 × 9,4 mm, centrada) → corte de 21 mm → dos agujeros ciegos Ø 6,3 × 6 mm en la cara inferior → redondeo de las aristas verticales.
2. **Volumen.** Bloque: 120 × 45 × 30 = 162 000 mm^3. Ranura: 9,4 × 100 × 21 = 19 740 mm^3. Pieza: 162 000 − 19 740 = **142 260 mm^3 = 142,26 cm^3**.
3. **Masa maciza en PLA.** 142,26 cm^3 × 1,24 g/cm^3 = 176,4 g. Con relleno del 20 % y 3 perímetros, el volumen realmente impreso es de aproximadamente el 30 % (valor didáctico): 142 260 × 0,30 = 42 678 mm^3, es decir, **52,9 g**.
4. **Tiempo.** 42 678 mm^3 / 5 mm^3/s = 8 536 s = **2,37 h** (2 h 22 min). Cumple R6 (menos de 3 h).
5. **Coste.** Material: 52,92 g × 0,020 €/g = 1,06 €. Electricidad: 0,12 kW × 2,37 h = 0,28 kWh × 0,27 €/kWh = 0,08 €. Total: **1,14 €**, por debajo de los 2 € de R5.
6. **Tolerancia y juego.** Ranura: 9,4 ± 0,2 → de 9,2 a 9,6 mm. Tableta: 9,0 ± 0,1 → de 8,9 a 9,1 mm. Juego mínimo: 9,2 − 9,1 = **0,1 mm**; juego máximo: 9,6 − 8,9 = **0,7 mm**; ambos entran en lo exigido (entre 0,1 y 0,8 mm).
7. **Proceso.** Matriz ponderada (precisión ×3, coste ×2, tiempo ×2, seguridad ×3, repetibilidad con el CAD ×2; máximo 60): FDM = 4·3 + 4·2 + 3·2 + 4·3 + 5·2 = 48; láser laminado = 5·3 + 3·2 + 3·2 + 3·3 + 3·2 = 42; manual = 2·3 + 5·2 + 1·2 + 3·3 + 2·2 = 31. Se elige la **impresión FDM monobloque**.
8. **Inspección (F8).** Seis piezas con calibre: 9,35; 9,45; 9,30; 9,55; 9,40 y 9,65 mm. Media: 9,45 mm; rango: 0,35 mm; solo la pieza 6 (9,65) supera el límite de 9,6: **5 de 6 conformes (83,3 %)**. Como la media está 0,05 mm por encima del nominal (9,4), se compensa con una ranura de 9,35 mm en el CAD y se reimprime la pieza 6.
9. **Alternativa láser.** Con kerf de 0,15 mm: ranura trazada a 9,25 mm y contorno a 120,15 × 45,15 mm. Longitud de corte: 10 capas × 330 mm + 7 capas con ranura × 218,8 mm = 4 831,6 mm; a 10 mm/s son 483 s (8,1 min). Área de tablero: 47 420 mm^2 con un 30 % de desperdicio: 0,0616 m^2 × 12 €/m^2 = **0,74 €**.

Fuente: Cálculos de elaboración propia con los datos de F1, F2, F4 y F5 (valores didácticos). Volumen: se desprecian los dos agujeros ciegos (0,3 % del volumen).

¿Por qué se corrige la ranura del CAD con la media (9,45) y no con el valor de la pieza 6? ¿Qué pasaría con el juego mínimo si la media subiera a 9,6 mm?

F8 Inspección de seis piezas: ancho de la ranura

GRÁFICO



Fuente: Datos ficticios de una inspección con calibre digital de 0,01 mm, creados para este cuaderno. Las líneas horizontales marcan el límite inferior (9,2 mm), el nominal (9,4 mm) y el límite superior (9,6 mm).

¿Qué pieza queda fuera de tolerancia? Calcula la media y el rango. ¿Los puntos se reparten alrededor del nominal o están sesgados hacia arriba?

F9 Protocolo: fabricación digital supervisada e inspección dimensional

PROTOCOLO

Material y herramientas: archivo CAD del equipo, laminador instalado en el ordenador, hoja de registro, calibre pie de rey (preferible digital) y regla metálica. La impresión y el corte las realiza el docente.

Equipo de protección y riesgos: riesgo de quemaduras (boquilla a unos 200 °C y cama a unos 60 °C), de cortes (cantos vivos y soportes) y de humos y fuego en el corte láser. El alumnado **no opera la impresora ni la cortadora láser**, no abre la cabina y no toca la pieza hasta que el docente la retire. Pelo recogido, mangas sin colgar y mesa despejada.

Procedimiento:

1. Comprueba en el CAD las cotas y tolerancias frente a los requisitos y exporta el archivo (STL para impresión; DXF para corte).
2. Abre el STL en el **laminador** y anota: altura de capa 0,2 mm, 3 perímetros, relleno del 20 %, orientación con la cara de mayor superficie sobre la cama y soportes si hay voladizos de más de 45°. Anota la masa y el tiempo que calcula.
3. Entrega el archivo y los parámetros al docente. **Espera a que la pieza se enfríe** y a que el docente la retire.
4. Retira rebabas con una lima suave o papel de lija, sin cambiar las cotas.
5. **Mide** cada cota crítica tres veces con el calibre (cierra suavemente, sin forzar), anota los valores y calcula la media.
6. Compara con los límites de tolerancia y marca cada pieza como conforme o no conforme. Calcula el porcentaje de piezas conformes.
7. Si no se cumple, corrige el CAD con la desviación media (una cosa cada vez) y repite el ciclo.

Cierre y residuos: recoge restos de filamento y soportes y entrégalos al docente según las indicaciones del centro; deja el calibre guardado en su caja y las piezas etiquetadas con el número y la fecha.

Resultado esperable: hoja de inspección con las medidas de cada pieza, la media, el rango, el porcentaje de conformidad y la decisión de corrección con los datos.

Fuente: Protocolo de elaboración propia. Las normas del centro y las indicaciones del docente prevalecen. Los parámetros de la máquina los fija el docente.

F10 Glosario de fabricación y metrología

GLOSARIO

CAD	Diseño asistido por ordenador: software para modelar piezas y generar planos.
Modelado paramétrico	Modelado en el que las cotas son parámetros que se pueden cambiar y actualizan el resto del modelo.
Cota	Medida indicada en un plano, en este cuaderno en milímetros.
Tolerancia	Variación admisible de una cota alrededor de su valor nominal (por ejemplo, 9,4 ± 0,2 mm).
Ajuste	Relación entre las medidas de un eje y de un agujero que encajan; puede ser con juego, indeterminado o con apriete.
Kerf	Ancho del material que elimina el corte, por ejemplo con láser (0,15 mm).
STL	Formato de archivo que describe la superficie de un modelo 3D con triángulos.
Laminador (slicer)	Programa que corta el modelo 3D en capas y genera el G-code.
G-code	Lenguaje de instrucciones de movimiento que lee la impresora o la fresadora.
Relleno	Porcentaje del interior de una pieza impresa que se rellena con una estructura.
Rango	Diferencia entre el mayor y el menor de los valores medidos.
Conformidad	Cumplimiento de una cota dentro de sus límites de tolerancia.

Fuente: Glosario de elaboración propia.

ANEXO 3

Fichas del alumnado

SdA 3 · Del CAD a la fabricación

ALUMNADO

FICHA 1 Analizamos geometrías fabricables

SESIÓN 1

Nombre: _____ **Curso/grupo:** _____ **Fecha:** _____

Primero, el diagnóstico individual. Después, en equipo, usa el encargo (F1), las reglas de diseño (F5) y los procesos comparados (F4).

1 **Diagnóstico. Marca la respuesta correcta.**

Una tolerancia de ± 0,2 mm significa que…

◯ la pieza pesa 0,2 g más ◯ la cota real puede variar 0,2 mm por encima o por debajo del valor nominal

◯ la pieza debe medir exactamente el valor nominal

En FDM, un voladizo de más de 45° suele necesitar…

◯ soportes ◯ menos temperatura ◯ más relleno

En el sistema europeo, la planta se dibuja…

◯ encima del alzado ◯ a la derecha del alzado ◯ debajo del alzado

El G-code es…

◯ el archivo de instrucciones de movimiento que ejecuta la máquina ◯ un material de impresión

◯ una imagen en 3D de la pieza

2 **Con F5, clasifica cada elemento de diseño como fabricable (F) o no fabricable (N) en impresión FDM con boquilla de 0,4 mm y explica la regla.**

Elemento	F o N	Regla de F5 que lo justifica
Pared de 0,6 mm de espesor		
Agujero de Ø 1 mm		
Voladizo a 60° sin soportes		
Pared de 2 mm de espesor		
Agujero ciego de Ø 6,3 mm		
Esquina con radio de 2 mm		

3 **Con los datos de F1 y F7, calcula el volumen de la pieza base (bloque menos ranura), la masa si fuera maciza en PLA y la masa impresa con un relleno efectivo del 30 %. ¿Por qué no se imprime maciza?**

4 **Escribid el reto del equipo y tres requisitos medibles de la pieza (cota, tolerancia, coste o tiempo), cada uno con cómo se comprobará.**

N.º	Requisito (con cifra, unidad y tolerancia)	Cómo se comprueba
1		
2		
3		

FICHA 2 Modelamos la pieza base

SESIÓN 2

Usa el plano (F2) y el árbol de operaciones del caso (F7). Si hay ordenador, modela la pieza en el CAD mientras completas la ficha.

1 **Relaciona cada operación del CAD con su función.**

1	Boceto acotado	a	Perfil 2D con cotas y restricciones
2	Extrusión	b	Convierte un perfil 2D en un volumen 3D
3	Corte (vaciado)	c	Elimina material para hacer la ranura
4	Redondeo	d	Suaviza una arista para evitar cantos vivos

2 **Completa el volumen por operaciones (en mm^3) y calcula el porcentaje de material que elimina la ranura.**

Operación	Cálculo	Volumen (mm^3)
Extrusión del bloque	120 × 45 × 30	
Corte de la ranura	9,4 × 100 × 21	
Pieza resultante	bloque − ranura	

3 **Escala 1:2. Calcula la medida de cada cota en el dibujo y dibuja a escala 1:2 el alzado, la planta y el perfil izquierdo (con las líneas discontinuas de las partes ocultas).**

Cota real (mm)	En el dibujo 1:2 (mm)
120	
45	
30	
100	
21	
9,4	

4 **Modelado paramétrico. La ranura debe ser el espesor máximo de la tableta más 0,4 mm de holgura. Calcula la ranura para tabletas de 8,0 mm y de 10,5 mm y explica qué parámetros cambiarías en el CAD.**

FICHA 3 **Tolerancias y ajustes** SESIÓN 3

Usa las reglas y holguras (F5), el esquema de ajustes (F6) y el caso resuelto (F7).

1 **Ranura 9,4 ± 0,2 mm y tableta 9,0 ± 0,1 mm. Calcula los límites de cada cota y el juego mínimo y máximo. ¿Cumple lo exigido (entre 0,1 y 0,8 mm)?**

Magnitud	Cálculo	Resultado (mm)
Límites de la ranura		
Límites de la tableta		
Juego mínimo (ranura mín. − tableta máx.)		
Juego máximo (ranura máx. − tableta mín.)		

2 **Clasifica cada ajuste (con juego, indeterminado o con apriete) calculando el juego mínimo y máximo (juego = agujero − eje).**

Agujero	Eje	Juego mín.	Juego máx.	Tipo de ajuste
Ø 6,3 ± 0,2	Ø 6,0 ± 0,1			
Ø 6,0 ± 0,1	Ø 6,0 ± 0,1			
Ø 5,8 ± 0,05	Ø 6,0 ± 0,05			

3 **Compensación del ancho de corte. Con kerf de 0,15 mm, calcula a qué ancho hay que trazar la ranura de 9,4 mm y a qué medidas hay que trazar el contorno de 120 × 45 mm en el DXF.**

4 **Si el prototipo FDM sale con una ranura media de 9,25 mm, ¿cuántas décimas de milímetro hay que ajustar en el CAD y en qué sentido? ¿Cumple la tolerancia sin corregir?**

FICHA 4

Elegimos el proceso de fabricación

SESIÓN 4

Usa los procesos comparados (F4), las reglas de F5 y la matriz del caso (F7).

1 **Capacidad. La ranura exige ± 0,2 mm. Con las precisiones típicas de F4, indica qué procesos la cumplen y cuáles no, y razona.**

Proceso	Precisión típica	¿Cumple ± 0,2 mm? (sí/no)	Razón
Manual			
Impresión FDM			
Corte láser laminado			

2 **Matriz ponderada. Pesos: precisión ×3, coste ×2, tiempo ×2, seguridad ×3, repetibilidad con el CAD ×2 (máximo 60). Calcula los totales y elige.**

Proceso	Precisión (×3)	Coste (×2)	Tiempo (×2)	Seguridad (×3)	Repetibilidad (×2)	Total
Manual	2	5	1	3	2	
Impresión FDM	4	4	3	4	5	
Corte láser laminado	5	3	3	3	3	

3 **Hoja de proceso. Ordena y completa las operaciones de la fabricación elegida, con la herramienta o la máquina y quién la hace.**

N.º	Operación	Máquina o herramienta	Quién la realiza
1			
2			
3			
4			
5			

4 **Riesgos. Para el proceso elegido, escribe tres riesgos y su medida de prevención.**

FICHA 5 Simulamos laminado y corte

SESIÓN 5

Usa los datos de F1, el caso resuelto (F7) y el protocolo (F9). Si hay impresora, el docente fabrica la pieza; si no, se simula en el laminador.

1 **Impresión FDM. Con relleno efectivo del 30 %, calcula el volumen impreso (mm^3), la masa (g), el tiempo (h y min), el coste del material (0,020 €/g) y el de la electricidad (120 W, 0,27 €/kWh).**

Magnitud	Cálculo	Resultado
Volumen impreso (mm^3)		
Masa (g)		
Tiempo (s, h y min)		
Coste del material (€)		
Electricidad (kWh y €)		
Coste total (€)		

2 **Corte láser. La pieza laminada tiene 10 capas de 3 mm: cada capa lleva un contorno de 120 × 45 mm y las 7 superiores, una ranura de 100 × 9,4 mm. Calcula la longitud total de corte y el tiempo a 10 mm/s.**

3 **Lee estas líneas de G-code y explica qué hace cada una: «G1 X10 Y10 E0.5 F1800», «G1 X60 Y10 E2.4 F1800» y «G1 Z0.4 F600». ¿Qué mide la letra F y en qué unidad?**

4 **Parámetros del laminador. Completa y justifica cada valor para la pieza base.**

Parámetro	Valor elegido	Razón
Altura de capa		
N.º de perímetros		
Relleno (%)		
Orientación en la cama		
Soportes (sí/no)		

FICHA 6 Inspección dimensional y revisión

SESIÓN 6

Usa la inspección del caso (F7, F8) y el protocolo (F9).

1 **Seis piezas impresas dan estos anchos de ranura (mm): 9,35; 9,45; 9,30; 9,55; 9,40; 9,65. Tolerancia 9,4 ± 0,2 mm. Calcula la media, el rango, qué piezas son conformes y el porcentaje de conformidad.**

Pieza	Ancho (mm)	Desviación respecto de 9,4 (mm)	¿Conforme? (sí/no)
1	9,35		
2	9,45		
3	9,30		
4	9,55		
5	9,40		
6	9,65		

2 **Decisión. La media está desviada de 9,4 mm. ¿Cuánto hay que corregir en el CAD y en qué sentido? ¿Qué harías con la pieza no conforme?**

3 **Instrumento. Aplica la regla «la resolución del instrumento debe ser al menos 10 veces menor que la banda de tolerancia» (banda total = 0,4 mm). ¿Sirve una regla de 1 mm? ¿Y un calibre de 0,05 mm y uno de 0,01 mm?**

4 **Revisad vuestro dossier.**

- [ ] El plano tiene alzado, planta, perfil y sección con cotas en mm y escala.
- [ ] Las tolerancias y los ajustes están calculados con límites y juegos.
- [ ] La elección del proceso se justifica con la matriz y la tolerancia.
- [ ] Los cálculos de masa, tiempo y coste llevan unidades.
- [ ] La inspección compara cada pieza con los límites y se explica la corrección.
- [ ] Se citan las fuentes y las licencias de los archivos y se usa lenguaje inclusivo.

FICHA 7

Evidencia individual: la caja con tapa deslizante

SESIÓN 7

Trabajo individual. Aplica el método a una caja para guardar cargadores con una tapa de contrachapado de 3 mm que desliza por unas guías.

1 **La tapa mide 3,0 ± 0,1 mm de grosor y las guías de la caja tienen una ranura de 3,4 ± 0,1 mm. Calcula los límites, el juego mínimo y el máximo y clasifica el ajuste.**

2 **La caja (100 × 60 × 40 mm, paredes de 2 mm y sin tapa) se imprime en PLA. Calcula su volumen (caja exterior − hueco interior de 96 × 56 × 38 mm), la masa (1,24 g/cm³), el tiempo a 5 mm³/s y el coste del material (0,020 €/g). Considera la pared maciza.**

3 **La ranura exige ± 0,1 mm. Con F4 y F5, ¿qué proceso elegirías para la ranura y por qué? Propón una compensación o una estrategia de verificación.**

4 **Dibuja un boceto acotado de la caja y de la guía (alzado y sección) y escribe en una frase, con lenguaje inclusivo, cómo explicarías a una persona usuaria que la tapa debe deslizar sin forzarla.**

ANEXO 4

Plantilla del producto final

SdA 3 · Del CAD a la fabricación

ALUMNADO

Nombre: **Curso/grupo:** **Fecha:**

Dossier de fabricación de la pieza. Completadlo en equipo a lo largo de las sesiones; es la base de la presentación final.

Requisitos y tolerancias

Cotas críticas con su tolerancia, función y coste objetivo.

Proceso elegido

Matriz ponderada con totales y justificación con la tolerancia.

Modelo CAD y árbol de operaciones

Captura o dibujo del modelo y la lista de operaciones, con el volumen.

Plano acotado

Alzado, planta, perfil y sección con cotas en mm y escala.

Parámetros y riesgos

Altura de capa, perímetros, relleno, masa, tiempo y coste; riesgos y prevención.

Inspección y mejora

Medidas, media, rango, % de conformidad y corrección propuesta.

ANEXO 5

Lista de cotejo

SdA 3 · Del CAD a la fabricación

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Antes de entregar **Pieza CAD 3D + plan de fabricación**, comprueba cada punto y marca la casilla. Si alguno falla, todavía estás a tiempo de mejorarlo.

Contenido del producto

- [ ] El plano está en sistema europeo con alzado, planta, perfil y, si procede, sección, con cotas en mm y escala indicada.
- [ ] Las tolerancias están definidas y el juego mínimo y máximo del encaje se ha calculado y comprobado con los requisitos.
- [ ] El modelo CAD tiene operaciones paramétricas y su volumen coincide con el cálculo manual.
- [ ] La elección del proceso se justifica con una matriz bien calculada y con la tolerancia que puede cumplir cada proceso.
- [ ] Los cálculos de masa, tiempo y coste llevan unidades y los parámetros del laminador o del corte están justificados.
- [ ] La inspección incluye al menos cinco piezas o mediciones, con media, rango, porcentaje de conformidad y comparación con los límites.
- [ ] Se ha corregido el diseño a partir de las medidas y se explica el cambio.
- [ ] Las máquinas las ha operado el docente, se han respetado las normas de seguridad y se citan fuentes y licencias de archivos.
- [ ] El dossier está completo, usa vocabulario técnico y lenguaje inclusivo y se puede reproducir por otro equipo.

Calidad y rigor

- [ ] He usado el vocabulario técnico, la simbología normalizada y las unidades correctas.
- [ ] He justificado las decisiones con requisitos, pruebas, datos o esquemas, y he indicado sus límites.
- [ ] He respetado las normas de seguridad, privacidad y uso responsable de la situación.
- [ ] He citado las fuentes y respetado las licencias de imágenes, código o modelos utilizados.
- [ ] He revisado la presentación y he incorporado las mejoras de la coevaluación o de las pruebas.

Lo que más me ha costado

Firma del equipo / fecha de entrega

ANEXO 6

Rúbrica imprimible

SdA 3 · Del CAD a la fabricación

ALUMNADO · DOCENTE

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Rúbrica para valorar **Pieza CAD 3D + plan de fabricación**. Marca el nivel alcanzado en cada indicador.

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial	Nivel
Necesidad y diseño	Define requisitos con cifras y tolerancias, modela una pieza paramétrica que encaja con la tableta, elige el proceso con una matriz bien calculada y compara al menos tres alternativas justificando la geometría con las reglas de fabricación.	Define requisitos y tolerancias principales, modela la pieza y elige el proceso con la matriz con justificación suficiente.	Los requisitos son imprecisos, la pieza no incorpora tolerancias o la matriz tiene errores de cálculo.	No relaciona la pieza con la necesidad ni con requisitos de fabricación.	
Funcionamiento / evidencia	La pieza o su simulación cumple las cotas: la inspección de varias piezas muestra la conformidad (media, rango y % dentro de tolerancia), se interpretan las desviaciones y se corrige el CAD con datos.	La pieza o su simulación cumple la función principal y se aportan medidas de varias piezas frente a la tolerancia.	La pieza solo cumple en parte o la inspección es incompleta o sin comparar con los límites.	No hay pieza comprobable ni medidas.	
Documentación técnica	Plano en sistema europeo con alzado, planta, perfil y sección acotados en mm y a escala, tolerancias, proceso, parámetros y cálculos con unidades; otro equipo podría fabricar la pieza solo con el dossier.	Plano y dossier suficientes, con alguna cota, unidad o parámetro sin indicar.	Faltan vistas, cotas o parámetros, o hay errores que impiden fabricar.	Documentación insuficiente para fabricar o comprender la pieza.	
Seguridad, ética y sostenibilidad	Respeta que las máquinas las opera el docente, usa EPI y orden, minimiza material (relleno, orientación, desperdicio de tablero), calcula la huella en masa y energía y cita licencias de modelos y archivos.	Cumple las normas de seguridad y considera el material y la energía con algún dato.	Necesita recordatorios de seguridad o ignora el consumo de material y de energía.	Incumple normas de seguridad en el taller o con las máquinas, o usa archivos sin licencia.	
Iteración y cooperación	Corrige el diseño tras la inspección (compensación, holgura, parámetros) con datos y repite el cálculo; los roles rotan y el equipo da feedback asertivo y concreto a otros equipos.	Hace al menos una corrección a partir de las medidas y coopera adecuadamente.	La corrección es superficial o la cooperación es irregular.	No revisa el diseño tras medir o dificulta el trabajo del equipo.	

Observaciones del docente

Valoración global

ANEXO 7

Autoevaluación y coevaluación

SdA 3 · Del CAD a la fabricación

ALUMNADO

Nombre: _____ Curso/grupo: _____ Fecha: _____

Parte 1 · Autoevaluación

Afirmación	Aún no	Con ayuda	Bien	Muy bien
Sé acotar una pieza en el sistema europeo y calcular los límites y el juego de un ajuste.	○	○	○	○
Sé elegir un proceso con una matriz y estimar la masa, el tiempo y el coste de fabricar una pieza.	○	○	○	○
He cumplido mi rol y mis tareas dentro del equipo.	○	○	○	○
He escuchado y tenido en cuenta las ideas de los demás.	○	○	○	○
He usado datos, pruebas o evidencias para justificar mis decisiones.	○	○	○	○
He revisado y mejorado mi trabajo a partir de la retroalimentación.	○	○	○	○

Dos aprendizajes que he logrado

_____

_____

_____

Una dificultad que he tenido

_____

_____

_____

Una mejora que haré la próxima vez

_____

_____

Parte 2 · Coevaluación de otro equipo

Equipo evaluado: _____

Fortaleza 1

_____

_____

Fortaleza 2

_____

_____

Propuesta de mejora

_____

_____

ANEXO 8

Refuerzo

SdA 3 · Del CAD a la fabricación

ALUMNADO

Nombre: _____ **Curso/grupo:** _____ **Fecha:** _____

Aquí tienes la pieza base ya definida y los parámetros recomendados para que practiques los cálculos y la inspección paso a paso.

Pieza base y datos

Pieza: bloque de 120 × 45 × 30 mm con ranura de 100 × 9,4 × 21 mm. **Material:** PLA, densidad 1,24 g/cm³.

Parámetros recomendados:

- altura de capa 0,2 mm; boquilla 0,4 mm;
- 3 perímetros; relleno del 20 % (relleno efectivo del 30 % del volumen);
- cara de mayor superficie sobre la cama; sin soportes;
- caudal efectivo de 5 mm³/s.

Cálculos guiados

1. Volumen del bloque: 120 × 45 × 30 = ___ mm³.
2. Volumen de la ranura: 9,4 × 100 × 21 = ___ mm³.
3. Volumen de la pieza: ___ − ___ = ___ mm³.
4. Volumen impreso (30 %): ___ mm³ → masa: ___ cm³ × 1,24 = ___ g.
5. Tiempo: ___ mm³ / 5 mm³/s = ___ s = ___ h.

1 **Completa los cálculos guiados del apoyo.**

Paso	Resultado
1. Volumen del bloque (mm³)	
2. Volumen de la ranura (mm³)	
3. Volumen de la pieza (mm³)	
4. Masa impresa (g)	
5. Tiempo (h)	

2 **Ranura 9,4 ± 0,2 mm y tableta 9,0 ± 0,1 mm. Calcula el juego mínimo y el máximo. ¿Entra la tableta siempre?**

3 **Una pieza mide 9,65 mm en la ranura. ¿Está dentro de tolerancia (9,2 a 9,6 mm)? ¿Qué desviación tiene respecto del nominal?**

ANEXO 9

Ampliación

SdA 3 · Del CAD a la fabricación

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Optimizar material y tiempo sin perder resistencia

Reducir masa y tiempo de impresión es sostenible y barato, pero la pieza debe seguir soportando el uso. Optimiza la pieza base manteniendo la **resistencia funcional**: ranura de 9,4 mm con paredes suficientes y capacidad de soportar 2 kg (19,6 N) durante 60 s sin deformarse más de 0,5 mm.

Pasos

1. Propón dos vaciados rectangulares ciegos por la cara inferior, uno a cada lado de la ranura, de 80 × 12 × 15 mm cada uno (largo × ancho × profundidad). Comprueba que dejan al menos 1,2 mm de pared y calcula el volumen eliminado y el nuevo volumen de la pieza.
2. Calcula la masa y el tiempo con relleno efectivo del 30 % y con relleno del 10 % (relleno efectivo del 22 %, valor didáctico). Compara con la pieza base.
3. Comprueba las reglas de F5: cada lateral de la pieza mide (45 − 9,4) / 2 = 17,8 mm; un vaciado de 12 mm de ancho centrado deja (17,8 − 12) / 2 = 2,9 mm de pared a cada lado, mayor de 1,2 mm. Los vaciados cerrados hacia arriba obligan a imprimir puentes: valora si se necesitan soportes.
4. Diseña una prueba de carga con 2 kg (19,6 N) durante 60 s y escribe el criterio de aceptación (deformación máxima de 0,5 mm).
5. Concluye si el ahorro compensa la pérdida de resistencia y qué mantendrías.

1 **Resultados de la optimización.**

Variante	Volumen (mm^3)	Masa (g)	Tiempo (h)
Pieza base (relleno efectivo del 30 %)			
Con 2 vaciados (relleno efectivo del 30 %)			
Con 2 vaciados (relleno efectivo del 22 %)			

Entrega

Ficha con los cálculos, el criterio de la prueba de carga y la conclusión sobre qué variante se elegiría y por qué.

ANEXO 10

Guía docente y soluciones

SdA 3 · Del CAD a la fabricación

DOCENTE

Ficha 1

1. Diagnóstico: la cota real puede variar 0,2 mm por encima o por debajo del valor nominal; soportes; debajo del alzado; el archivo de instrucciones de movimiento que ejecuta la máquina.
2. Pared de 0,6 mm: N (mínimo 1,2 mm); agujero de Ø 1 mm: N (mínimo Ø 2 mm); voladizo a 60° sin soportes: N (máximo 45°); pared de 2 mm: F; agujero ciego Ø 6,3 mm: F; esquina con radio de 2 mm: F (no hay restricción en FDM).
3. Volumen: 120 × 45 × 30 = 162 000 mm^3; ranura: 19 740 mm^3; pieza: 142 260 mm^3 = 142,26 cm^3. Masa maciza: 142,26 × 1,24 = 176,4 g. Masa impresa con relleno efectivo del 30 %: 42 678 mm^3 = 42,68 cm^3 → 52,9 g. No se imprime maciza porque el coste, la masa y el tiempo serían más del triple (176,4 g frente a 52,9 g) sin necesidad.
4. Reto modelo: «¿Cómo podemos fabricar un soporte que encaje con una tableta de 9 mm de grosor con una holgura controlada?». Requisitos modelo: 1) ranura de 9,4 ± 0,2 mm (calibre); 2) coste de 2 € o menos (cálculo de masa y energía); 3) tiempo de impresión inferior a 3 h (laminador).

Ficha 2

1. Boceto acotado ↔ perfil 2D con cotas y restricciones; Extrusión ↔ convierte un perfil 2D en un volumen 3D; Corte ↔ elimina material para hacer la ranura; Redondeo ↔ suaviza una arista para evitar cantos vivos.
2. Bloque: 120 × 45 × 30 = 162 000 mm^3; ranura: 9,4 × 100 × 21 = 19 740 mm^3; pieza: 142 260 mm^3. La ranura elimina 19 740 / 162 000 = 12,2 %.
3. Escala 1:2: 60; 22,5; 15; 50; 10,5 y 4,7 mm. Vistas: valorar alzado 60 × 15 mm, planta 60 × 22,5 mm y perfil 22,5 × 15 mm, con discontinuas para la ranura en el alzado y el perfil y planta debajo del alzado.
4. Tableta de 8,0 mm: ranura = 8,0 + 0,4 = 8,4 mm; tableta de 10,5 mm: ranura = 10,9 mm. En el CAD se cambia solo el parámetro del ancho de la ranura (espesor máximo + holgura) y el modelo se actualiza.

Ficha 3

1. Ranura: 9,2 a 9,6 mm; tableta: 8,9 a 9,1 mm. Juego mínimo: 9,2 − 9,1 = 0,1 mm; juego máximo: 9,6 − 8,9 = 0,7 mm. Cumple (entre 0,1 y 0,8 mm): la tableta entra siempre y no baila más de 0,7 mm.
2. (a) Agujero 6,1-6,5 y eje 5,9-6,1: juego mínimo 0,0 y máximo 0,6 mm → ajuste con juego. (b) Agujero 5,9-6,1 y eje 5,9-6,1: juego de −0,2 a +0,2 mm → indeterminado. (c) Agujero 5,75-5,85 y eje 5,95-6,05: juego de −0,30 a −0,10 mm → con apriete.
3. Ranura trazada a 9,4 − 0,15 = 9,25 mm; contorno a 120 + 0,15 = 120,15 mm y 45 + 0,15 = 45,15 mm.
4. La media de 9,25 mm es 0,15 mm menor que el nominal (9,4 mm). Sigue dentro de tolerancia (9,2 a 9,6 mm), pero muy cerca del límite inferior: algunas piezas saldrán a 9,2 mm o menos. Se corrige con + 0,15 mm en el CAD (ranura de 9,55 mm) para que la media impresa quede en 9,4 mm, y se vuelve a medir.

Ficha 4

1. Manual (± 1 mm): no cumple, porque su variación es 5 veces mayor que la tolerancia. FDM (± 0,2 mm): sí, justo. Láser (± 0,1 mm): sí, con margen.
2. Manual: 2·3 + 5·2 + 1·2 + 3·3 + 2·2 = 6 + 10 + 2 + 9 + 4 = 31. FDM: 12 + 8 + 6 + 12 + 10 = 48. Láser: 15 + 6 + 6 + 9 + 6 = 42. Se elige FDM (48 de 60); la diferencia con el láser (6) es mayor que el 5 % del máximo (3).
3. Hoja de proceso modelo: 1) exportar STL (equipo); 2) laminar con parámetros (equipo); 3) imprimir (docente); 4) retirar rebabas con lima (equipo); 5) inspeccionar con calibre (equipo).
4. Riesgos: quemaduras por boquilla y cama (esperar a que se enfríe y no tocar); cortes en cantos y soportes (lima suave, supervisión); olores o humos si hay fallo (ventilación y que el docente supervise).

Ficha 5

1. Volumen impreso: 142 260 × 0,30 = 42 678 mm^3. Masa: 42,678 × 1,24 = 52,9 g. Tiempo: 42 678 / 5 = 8 536 s = 2,37 h = 2 h 22 min. Coste del material: 52,92 × 0,020 = 1,06 €. Electricidad: 0,12 kW × 2,37 h = 0,28 kWh; 0,28 × 0,27 = 0,08 €. Coste total: 1,14 €.
2. Longitud de corte: contornos: 10 × 2 × (120 + 45) = 3 300 mm; ranuras: 7 × 2 × (100 + 9,4) = 1 531,6 mm; total 4 831,6 mm. Tiempo: 4 831,6 / 10 = 483 s = 8,1 min.
3. G1 X10 Y10 E0.5 F1800: movimiento lineal a X = 10 mm e Y = 10 mm extruyendo 0,5 mm de filamento a 1800 mm/min; G1 X60 Y10 E2.4 F1800: recorre 50 mm en X y extruye 1,9 mm más; G1 Z0.4 F600: sube el eje Z a 0,4 mm (primera capa) a 600 mm/min. F es el avance (velocidad) en mm/min.
4. Parámetros modelo: altura de capa 0,2 mm (compromiso entre precisión y tiempo); 3 perímetros (pared de 1,2 mm); relleno del 20 % (resistencia suficiente con poco material); cara grande sobre la cama (adherencia y menos soportes); sin soportes (no hay voladizos de más de 45°).

Ficha 6

1. Desviaciones: −0,05; +0,05; −0,10; +0,15; 0,00 y +0,25 mm. Conformes: piezas 1 a 5 (9,2 ≤ valor ≤ 9,6); no conforme: pieza 6 (9,65 > 9,6). Media: (9,35 + 9,45 + 9,30 + 9,55 + 9,40 + 9,65) / 6 = 9,45 mm. Rango: 9,65 − 9,30 = 0,35 mm. Conformidad: 5 / 6 = 83,3 %.
2. La media está +0,05 mm por encima del nominal: se corrige restando 0,05 mm a la ranura del CAD (9,35 mm). La pieza 6 se reimprime y se vuelve a medir.
3. Resolución exigida: 0,4 / 10 = 0,04 mm. Una regla de 1 mm no sirve; un calibre de 0,05 mm queda algo por encima del límite (aceptable para el primer control, no para una inspección rigurosa); uno de 0,01 mm sí cumple.
4. Revisión: todas las casillas marcadas antes de entregar.

Ficha 7

1. Tapa: 2,9 a 3,1 mm; ranura: 3,3 a 3,5 mm. Juego mínimo: 3,3 − 3,1 = 0,2 mm; juego máximo: 3,5 − 2,9 = 0,6 mm. Ajuste con juego (el mínimo es positivo).
2. Volumen: 100 × 60 × 40 = 240 000 mm^3; hueco: 96 × 56 × 38 = 204 288 mm^3; material: 35 712 mm^3 = 35,71 cm^3. Masa: 35,71 × 1,24 = 44,3 g. Tiempo: 35 712 / 5 = 7 142 s = 1,98 h. Coste del material: 44,28 × 0,020 = 0,89 €.
3. Con ± 0,1 mm, la impresión FDM (± 0,2) no es suficiente por sí sola: conviene el corte láser (± 0,1 mm) para las guías de contrachapado, o imprimir con holgura de 0,3 mm y verificar con una pieza de prueba y calibre. Aceptar otras estrategias que justifiquen la tolerancia.
4. Boceto: valorar alzado y sección con cotas de 3,4 y 3,0 mm, la guía y la tapa; frase inclusiva modelo: «La tapa debe deslizar sin esfuerzo para que cualquier persona pueda abrirla con una mano».

Refuerzo (Anexo 8)

1. 1) 162 000; 2) 19 740; 3) 162 000 − 19 740 = 142 260 mm^3; 4) 42 678 mm^3 y 42,68 cm^3 × 1,24 = 52,9 g; 5) 42 678 / 5 = 8 536 s = 2,37 h.
2. Ranura de 9,2 a 9,6 y tableta de 8,9 a 9,1: juego mínimo 0,1 mm, máximo 0,7 mm; la tableta entra siempre.
3. 9,65 mm está fuera de tolerancia (máximo 9,6). Desviación: +0,25 mm respecto del nominal.

Ampliación (Anexo 9)

1. Vaciados: 2 × 80 × 12 × 15 = 28 800 mm^3; nuevo volumen: 142 260 − 28 800 = 113 460 mm^3. Con relleno efectivo del 30 %: 34 038 mm^3 → 42,2 g (en lugar de 52,9 g, un 20,2 % menos) y 6 808 s = 1,89 h. Con relleno del 22 %: 24 961 mm^3 → 31,0 g y 4 992 s = 1,39 h (frente a 2,37 h, un 41,5 % menos de tiempo y de masa).
2. Comprobaciones: paredes de 2,9 mm (mayores de 1,2 mm) y un techo de 15 mm sobre los vaciados; como se cierran hacia arriba, el laminador debe hacer puentes (sin soportes si el vano de 12 mm es corto). Los agujeros de los pasadores (Ø 6,3 en el eje central) no coinciden con los vaciados.
3. Prueba de carga: 2 kg → 19,6 N durante 60 s; criterio: deformación de la ranura menor de 0,5 mm medida con calibre; con la tableta de 0,5 kg (4,9 N), el coeficiente de seguridad es 4.

Notas para el docente: temporalización, seguridad y diferenciación

- Temporalización: S1 (geometrías fabricables), S2 (CAD y vistas), S3 (tolerancias), S4 (proceso), S5 (laminado y corte; el docente imprime la pieza el día anterior), S6 (inspección con calibre) y S7 (dossier y ficha individual). Para la S6 conviene tener impresas 6 piezas con variaciones de ranura (o usar los datos de F8).
- Seguridad: las máquinas las opera solo el docente. Se espera a que la pieza se enfríe, se usa ventilación en el aula y la cortadora láser solo con cabina cerrada y extracción. El alumnado mide con calibre y trabaja en pantalla; las variantes manuales, con herramientas escolares y supervisión.
- Diferenciación: el Anexo 8 ofrece la pieza con cálculos guiados; el Anexo 9 propone optimizar material y tiempo con una prueba de carga. Los roles rotan (coordinación, documentación, material y seguridad, pruebas, comunicación).
- Preparación: instalar el CAD y el laminador en los ordenadores, imprimir la pieza docente y dos variantes con holgura distinta y tener calibres (uno por equipo). Si no hay impresora, usar los datos de los dossiers y simular el laminado.

Errores frecuentes

- Cambiar de unidades (mm, cm y m) al calcular volúmenes, o mezclar mm^3 con cm^3 al obtener la masa.
- Acotar una pieza sin tolerancias, o aplicar el signo ± de la tolerancia a una sola cota sin pensar en el juego del ajuste.
- Confundir los ajustes con juego y con apriete, o calcular el juego restando al revés (eje − agujero).
- Olvidar el kerf en el corte láser o el redondeo hacia dentro de los agujeros en FDM.
- Calcular la masa con el volumen macizo sin tener en cuenta el relleno, o aplicar el 20 % del relleno como si fuera el volumen impreso.
- Medir una sola vez con el calibre forzándolo, y concluir con una sola pieza.

Criterios para valorar respuestas abiertas

- Aceptar otras piezas base del mismo nivel de complejidad si se acotan con tolerancias y se calcula un ajuste.
- En la matriz, admitir criterios y pesos distintos si son coherentes con los requisitos y el cálculo es correcto.
- Valorar más la trazabilidad (cálculos, medidas y correcciones) que el acabado de la pieza.
- En la ficha 7, aceptar procesos distintos siempre que la elección se justifique con la tolerancia y se calculen la masa, el tiempo y el coste.

04

SITUACIÓN DE APRENDIZAJE

El sistema nervioso electrónico

PREGUNTA GUÍA

¿Cómo combinamos electrónica analógica y digital para controlar una función?

CURSO 4.º ESO	**SESIONES** 7 sesiones	**BLOQUES DE SABERES** B · C
COMPETENCIAS ESPECÍFICAS CE2, CE4, CE5	**PRODUCTO FINAL** Circuito electrónico mixto simulado o físico	**CRITERIOS DE EVALUACIÓN** 2.2, 4.1, 5.1

Contexto, reto y producto

En el IES Vega Alta (centro ficticio), el Departamento de Biología cuida un huerto escolar con semilleros al aire libre. En una noche despejada de primavera se heló uno de ellos y se perdió el trabajo de un trimestre. Piden al Taller de Tecnología una **alarma de helada**: un circuito que encienda un LED y haga sonar un zumbador cuando **haga frío y sea de noche**, con un pulsador para silenciarla. Nadie quiere «un montaje que luzca», sino un circuito que **avise de verdad y que se pueda comprobar bloque a bloque**.

En esta situación, el alumnado de 4.º construye un **sistema nervioso electrónico**: unos sensores que hacen de sentidos (una NTC y una LDR), unos comparadores que acondicionan la señal analógica, unas puertas lógicas que deciden y una etapa con transistor que mueve el LED y el zumbador. Primero **repasa los componentes y su simbología**; calcula **divisores de tensión** y los umbrales de cada sensor; estudia los **niveles lógicos** y las **puertas**; **diseña** la cadena entrada-proceso-salida con la tabla de estados; **simula antes de montar**; **mide y depura por bloques** con el polímetro; y por último explica el circuito bloque a bloque. Todo funciona a **5 V** con la fuente escolar.

Reto

Diseñar, simular (y, si hay material, montar) un circuito electrónico mixto que combine sensores analógicos, comparadores, puertas lógicas y una etapa de salida con transistor para avisar de una helada nocturna, y demostrar con una tabla de estados y con medidas que cada bloque funciona.

Producto final

Circuito electrónico mixto simulado o físico.

Enfoque: Proyecto / análisis / simulación / prototipado

Vinculación curricular

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS MOVILIZADAS (SÍNTESIS)

- **CE2** Aplicar con seguridad técnicas y conocimientos interdisciplinares, analizando el ciclo de vida de los productos, para fabricar soluciones accesibles y sostenibles.
- **CE4** Desarrollar soluciones automatizadas e incorporar tecnologías emergentes para diseñar y construir sistemas de control programables y robóticos.
- **CE5** Aprovechar y configurar las herramientas digitales aplicando conocimientos interdisciplinares para resolver tareas de forma eficiente.

Criterios de evaluación seleccionados (redacción oficial del RD 217/2022)

2.2 Fabricar productos y soluciones tecnológicas, aplicando herramientas de diseño asistido, técnicas de elaboración manual, mecánica y digital y utilizando los materiales y recursos mecánicos, eléctricos, electrónicos y digitales adecuados.

4.1 Diseñar, construir, controlar o simular sistemas automáticos programables y robots que sean capaces de realizar tareas de forma autónoma, aplicando conocimientos de mecánica, electrónica, neumática y componentes de los sistemas de control, así como otros conocimientos interdisciplinares.

5.1 Resolver tareas propuestas de manera eficiente, mediante el uso y configuración de diferentes aplicaciones y herramientas digitales, aplicando conocimientos interdisciplinares con autonomía.

Saberes básicos oficiales seleccionados (transcripción del RD 217/2022)

Código	Saber básico
B1	Electrónica analógica. Componentes básicos, simbología, análisis y montaje físico y simulado de circuitos elementales.
B2	Electrónica digital básica.
C1	Componentes de sistemas de control programado: controladores, sensores y actuadores.

Concreción didáctica en esta situación

- Electrónica analógica (B1): ley de Ohm y potencia; divisor de tensión con resistencia fija y sensor (NTC y LDR); LED con resistencia en serie; transistor NPN como interruptor (corriente de base, saturación); simulación y montaje de circuitos elementales con simbología normalizada.
- Electrónica digital básica (B2): señales analógica y digital; niveles lógicos y zona indefinida; puertas NOT, AND, OR, NAND, NOR y XOR; tabla de verdad, ecuación lógica y circuito; interfaz analógico-digital con un comparador.
- Componentes de sistemas de control (C1): sensores, acondicionamiento, controlador y actuadores en una cadena entrada-proceso-salida; extensión opcional con un controlador programable (lectura analógica, umbral e histéresis).
- Fabricación y simulación (2.2 y 4.1): montaje en protoboard con baja tensión, lista de componentes, prueba por bloques y registro de medidas; el simulador sirve para comprobar antes de conectar.
- Competencia digital (5.1): uso del simulador de circuitos y de la hoja de cálculo para calcular umbrales y comparar tensiones esperadas y medidas, y documentación del circuito para que otra persona lo reproduzca.

Objetivos didácticos

- Reconocer los componentes del circuito (resistencia, NTC, LDR, LED, pulsador, transistor, comparador y puertas) y su simbología, y aplicar la ley de Ohm y el divisor de tensión.
- Diseñar una cadena entrada-proceso-salida: calcular el umbral de cada sensor, fijar la tensión de referencia del comparador y dimensionar la resistencia de base y la del LED.
- Distinguir señales analógicas y digitales, interpretar los niveles lógicos del circuito integrado y construir la tabla de verdad y la ecuación lógica de la función.
- Simular el circuito antes de montarlo y comparar las tensiones esperadas con las medidas en los puntos de prueba, anotando las diferencias.
- Diagnosticar averías por bloques con un polímetro, justificar la causa con medidas y explicar el circuito con vocabulario técnico y lenguaje inclusivo.

Metodología

Aprendizaje basado en retos

La tarea parte de una necesidad, problema, sistema o decisión técnica con un producto verificable.

Iteración

Se planifica, construye/configura/simula, prueba, registra el fallo y se mejora.

Pensamiento técnico

Las decisiones se justifican mediante requisitos, esquemas, datos, pruebas, criterios de seguridad y limitaciones.

Trabajo cooperativo

Roles rotatorios: coordinación, documentación, material/seguridad, pruebas y comunicación.

Competencia digital

Las herramientas digitales se usan cuando aportan diseño, simulación, programación, documentación o colaboración, no como mero adorno.

Secuencia de sesiones y actividades

Cada sesión genera una **evidencia** que se recoge en la ficha correspondiente del Anexo 3. Los datos, esquemas, especificaciones y ejemplos de trabajo están en el dossier técnico del Anexo 2.

1

SESIÓN 1

Repasamos los componentes: símbolos, ley de Ohm y el LED con su resistencia

Evidencia: Ficha 1: diagnóstico, relación de componentes (F3 y F4), corriente del LED con tres resistencias y reto con requisitos medibles.

Ficha: Anexo 3 · ficha 1

2

SESIÓN 2

Electrónica analógica elemental: divisores de tensión con la NTC y la LDR

Evidencia: Ficha 2: tensiones del divisor (F5), gráfica de V_T frente a la temperatura (F6) y umbrales de los dos sensores.

Ficha: Anexo 3 · ficha 2

3

SESIÓN 3

Puertas y estados digitales: niveles lógicos, tabla de verdad y ecuación

Evidencia: Ficha 3: clasificación de niveles (F5), puertas (F8), tabla de verdad de la alarma y justificación del comparador.

Ficha: Anexo 3 · ficha 3

4

SESIÓN 4

Diseñamos el circuito de control: diagrama de bloques y etapa de salida

Evidencia: Ficha 4: diagrama de bloques (F2), corriente de colector, corriente de base, resistencia R10 y energía de la alarma (F7).

Ficha: Anexo 3 · ficha 4

5

SESIÓN 5

Simulamos antes de montar y, si hay kit, montamos por bloques

Evidencia: Ficha 5: tabla de estados esperados para cinco escenarios, registro de tensiones esperadas y medidas, y lista de comprobación previa (F9).

Ficha: Anexo 3 · ficha 5

6

SESIÓN 6

Medimos y depuramos: averías simuladas, tolerancias y ruido en el umbral

Evidencia: Ficha 6: diagnóstico de cuatro averías por bloques, efecto de la tolerancia de R2 y banda de ruido en el umbral.

Ficha: Anexo 3 · ficha 6

7

SESIÓN 7

Explicación técnica por bloques y evidencia individual con una luz de pasillo

Evidencia: Producto final (Anexo 4) y Ficha 7: tabla de verdad, umbral de luz, etapa de salida y explicación de un circuito nuevo.

Ficha: Anexo 3 · ficha 7

Evaluación

La evaluación combina evidencia del proceso, producto o configuración final, documentación técnica, pruebas/validación, trabajo seguro y una tarea individual de transferencia. El acabado visual no sustituye la funcionalidad, el razonamiento ni la trazabilidad de las decisiones.

Criterios, evidencias e instrumentos

Criterio	Evidencia principal	Instrumento
2.2	Fabricación o simulación del circuito con los recursos electrónicos adecuados: valores calculados (divisores, referencia, resistencia de base), montaje o simulación por bloques y selección de componentes justificada.	Fichas 2, 4 y 5 y plantilla (Anexo 4) / lista de cotejo y rúbrica
4.1	Diseño y simulación de un sistema automático de control con sensores, comparadores, puertas y actuador: diagrama de bloques, esquema con simbología, tabla de estados y comunicación técnica del circuito.	Fichas 3, 4 y 7 y esquema del equipo / observación sistemática, lista de cotejo y rúbrica
5.1	Uso eficiente del simulador y de la hoja de cálculo: umbrales y tensiones calculados y comparados con las medidas, registro de datos y, en la ampliación, un programa con umbral e histéresis.	Fichas 5 y 6 y archivos del equipo / observación sistemática y rúbrica

Rúbrica del producto final

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial
Necesidad y diseño	Define requisitos con cifras (umbral de temperatura, nivel de luz, corriente), diseña la cadena entrada-proceso-salida con valores calculados y compara al menos dos alternativas (por ejemplo, otra resistencia de base o la NTC conectada directamente a la puerta) justificando la elección.	Define los requisitos principales y diseña una cadena completa con valores calculados y justificación suficiente.	Los requisitos son imprecisos, faltan cálculos de algún bloque o la elección de valores no se justifica.	No relaciona el circuito con la necesidad de avisar de la helada.

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial
Funcionamiento / evidencia	El circuito o su simulación funciona en los cinco escenarios; la tabla de estados coincide con las medidas en los puntos de prueba, se explican las diferencias y se interpretan los márgenes (tolerancia, ruido).	El circuito o su simulación cumple la función principal y hay medidas de varios puntos de prueba frente a los valores esperados.	Funciona solo en parte o las medidas son incompletas o no se comparan con los valores esperados.	No hay circuito ni simulación comprobables ni medidas.
Documentación técnica	Diagrama de bloques, esquema con simbología normalizada y valores, tabla de verdad, ecuación y cálculos con unidades y vocabulario correctos; otro equipo podría montar el circuito solo con el dossier.	Esquema y tabla de estados suficientes, con algún valor, unidad o símbolo sin indicar.	Faltan bloques, valores o puntos de prueba, o hay errores que impiden reproducir el circuito.	Documentación insuficiente para entender o reproducir el circuito.
Seguridad, ética y sostenibilidad	Trabaja a 5 V y cablea con la fuente desconectada, protege el LED con resistencia, comprueba polaridades, calcula la potencia y la energía de la alarma y reutiliza o devuelve los componentes al kit.	Cumple las normas de baja tensión y considera la potencia o la energía con algún dato.	Necesita recordatorios de seguridad al cablear o no considera el consumo ni los componentes reutilizables.	Incumple normas de seguridad (tensión, polaridad, cableado con tensión) o manipula elementos de riesgo.
Iteración y cooperación	Depura por bloques con medidas, corrige el circuito o los valores a partir de los datos y repite la prueba; los roles rotan y el equipo da feedback asertivo y concreto a otros equipos.	Corrige al menos un fallo con ayuda de medidas y coopera adecuadamente.	La corrección es superficial o la cooperación es irregular.	No revisa el circuito tras un fallo o dificulta el trabajo del equipo.

Recursos y seguridad

Recursos y materiales

- Por equipo (4-5 personas): ordenador con un simulador de circuitos de uso libre, hoja de cálculo, calculadora científica y plantillas del Anexo 3 y del Anexo 4. Si el simulador no incluye el comparador LM393, se usa un amplificador operacional en modo comparador (sin realimentación) con las mismas conexiones.
- Kit escolar de baja tensión aprobado por el centro: protoboard, fuente de 5 V con limitación de corriente, NTC de 10 kΩ, LDR, pulsador, LED, zumbador activo de 5 V, circuitos integrados LM393, 74HC08 y 74HC04, transistor BC547, resistencias (330 Ω, 1 kΩ, 1,5 kΩ, 2,2 kΩ, 10 kΩ y 27 kΩ), cables y un polímetro.
- Opcional para la ampliación: controlador programable con entradas analógicas alimentado por USB (5 V) o simulador del mismo, y una bolsa cerrada con hielo para enfriar la NTC.

Seguridad, privacidad y uso responsable

Se trabaja siempre a baja tensión: fuente escolar de 5 V (nunca más de 12 V de corriente continua) y jamás con la red eléctrica de 230 V. Se cablea con la fuente desconectada, se comprueba la polaridad del LED, del zumbador y de los circuitos integrados, y todo LED lleva su resistencia en serie. No se abren ni se manipulan pilas o baterías, no se usan condensadores ni otros elementos de riesgo fuera del kit aprobado y no se suelda salvo supervisión directa del docente. La NTC se enfría solo con una bolsa cerrada con hielo y nunca se calienta con llama ni con un secador. Si algo se calienta, huele o falla, se desconecta la fuente y se avisa al docente.

Interdisciplinariedad: Física y Química (ley de Ohm, potencia, energía y divisor de tensión) y Matemáticas (proporcionalidad, función exponencial de la NTC, despeje de fórmulas y porcentajes).

Atención a la diversidad (DUA), refuerzo y ampliación

Representación

Modelos, esquemas, fotografías, simulaciones, tutoriales breves, ejemplos resueltos y vocabulario técnico visual.

Acción y expresión

Memoria, maqueta, prototipo, simulación, código, plano o presentación cuando sea compatible con el criterio evaluado.

Implicación

Retos cercanos, elección acotada, roles de equipo y pruebas con propósito realista.

Apoyo / refuerzo

Anexo 8

Circuito de referencia y tabla parcial.

Ampliación

Anexo 9

Integrar un sensor analógico con umbral digital mediante módulo seguro/simulación.

ANEXO 1

Lanzamiento del reto

SdA 4 · El sistema nervioso electrónico

ALUMNADO

Una noche despejada de primavera, el termómetro del patio marcó 1 °C a las cinco de la madrugada y el semillero de tomates del huerto no lo resistió. El Departamento de Biología os pide una alarma que avise cuando haga frío y sea de noche, y que se pueda silenciar. Pero un circuito que «parece que funciona» no sirve: tendréis que calcular a qué temperatura se activa, asegurar que las señales llegan a las puertas con un nivel que se entienda, medir cada bloque y, cuando algo falle, encontrar el fallo con el polímetro. Durante siete sesiones construiréis el sistema nervioso de la alarma: sentidos, nervios, cerebro y músculos.

> *¿Cómo combinamos electrónica analógica y digital para controlar una función?*

Vuestro reto

Diseñar, simular (y, si hay material, montar) un circuito electrónico mixto que combine sensores analógicos, comparadores, puertas lógicas y una etapa de salida con transistor para avisar de una helada nocturna, y demostrar con una tabla de estados y con medidas que cada bloque funciona.

Lo que vais a producir

Circuito electrónico mixto simulado o físico.

Seguridad. Se trabaja siempre a baja tensión: fuente escolar de 5 V (nunca más de 12 V de corriente continua) y jamás con la red eléctrica de 230 V.

Hoja de ruta · 7 sesiones

1. Repasamos los componentes y calculamos la corriente de un LED.
2. Calculamos los divisores de tensión de la NTC y de la LDR.
3. Estudiamos los niveles lógicos y la tabla de verdad de la alarma.
4. Diseñamos el circuito de control y su etapa de salida.
5. Simulamos antes de montar y comparamos tensiones esperadas y medidas.
6. Medimos, depuramos averías y analizamos las tolerancias.
7. Explicamos el circuito por bloques y resolvemos, cada persona, un caso nuevo.

Al terminar seré capaz de…

- ✓ Reconocer los componentes del circuito (resistencia, NTC, LDR, LED, pulsador, transistor, comparador y puertas) y su simbología, y aplicar la ley de Ohm y el divisor de tensión.
- ✓ Diseñar una cadena entrada-proceso-salida: calcular el umbral de cada sensor, fijar la tensión de referencia del comparador y dimensionar la resistencia de base y la del LED.
- ✓ Distinguir señales analógicas y digitales, interpretar los niveles lógicos del circuito integrado y construir la tabla de verdad y la ecuación lógica de la función.
- ✓ Simular el circuito antes de montarlo y comparar las tensiones esperadas con las medidas en los puntos de prueba, anotando las diferencias.
- ✓ Diagnosticar averías por bloques con un polímetro, justificar la causa con medidas y explicar el circuito con vocabulario técnico y lenguaje inclusivo.

¿Cómo me evaluarán?

Con la rúbrica del producto final (Anexo 6), la lista de cotejo (Anexo 5) y una reflexión personal (Anexo 7). ¡Revisadlas antes de empezar!

ANEXO 2

Dossier técnico

SdA 4 · El sistema nervioso electrónico

ALUMNADO

Todo lo necesario para diseñar y comprobar el circuito sin buscar datos fuera: el encargo y los requisitos, el diagrama de bloques, el esquema eléctrico completo, la lista de componentes, los datos de los sensores y de los niveles lógicos, la gráfica del divisor de la NTC, un caso resuelto con todos los cálculos, la tabla de puertas lógicas, el protocolo de montaje y medida con polímetro y un glosario.

F1 El encargo del huerto: una alarma de helada

ESTUDIO DE CASO

Encargo. El Departamento de Biología del IES Vega Alta necesita proteger los semilleros del huerto. Pide a Tecnología una **alarma de helada**: un LED y un zumbador que se activen cuando **haga frío y sea de noche**, con un pulsador para silenciarla.

Qué se sabe de las heladas. Se habla de **helada meteorológica** cuando la temperatura del aire a 1,5 m de altura desciende hasta 0 °C. Las **heladas de radiación** se producen en **noches despejadas**, porque sin nubes la temperatura baja más rápido durante la noche. Por eso la alarma debe avisar **antes** de llegar a 0 °C: el equipo fija el umbral en **4 °C** (valor didáctico).

Requisitos del circuito.

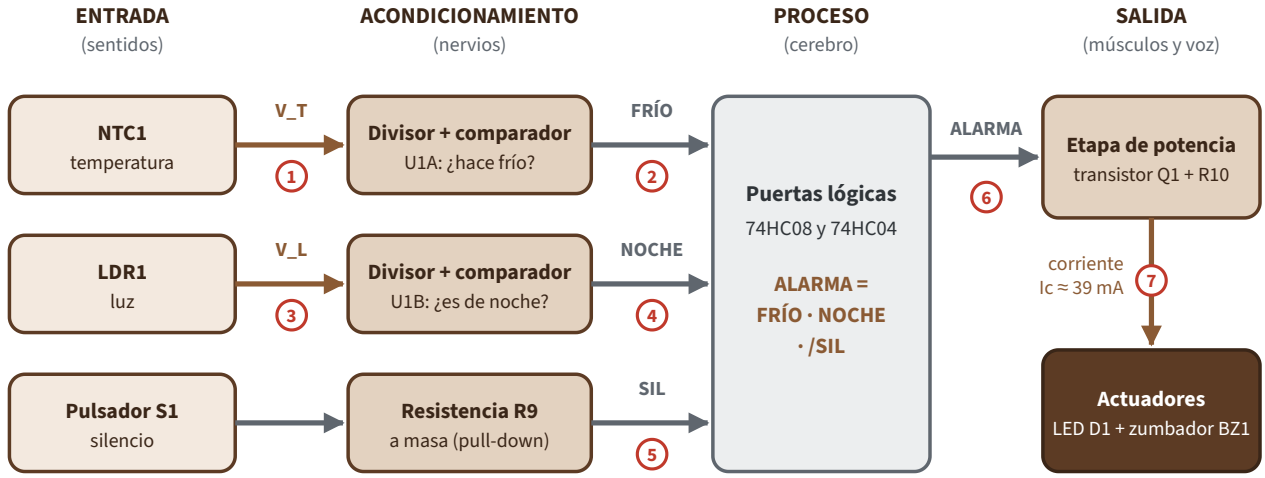
- R1: avisar cuando la temperatura sea menor de unos 4 °C (con un margen de ± 1 °C).
- R2: avisar solo de noche, es decir, con poca luz.
- R3: un pulsador debe silenciar la alarma mientras se mantiene pulsado.
- R4: alimentación de 5 V con la fuente escolar; nunca más de 12 V ni la red eléctrica.
- R5: las señales que llegan a las puertas lógicas deben ser niveles válidos (0 o 1), nunca zona indefinida.
- R6: la corriente de colector de la etapa de salida debe ser inferior a 100 mA, el máximo del transistor.
- R7: cada bloque debe poder comprobarse con el polímetro en un punto de prueba.

Fuente: Encargo, centro y personas ficticios. Definición de helada meteorológica (temperatura del aire a 1,5 m que desciende hasta 0 °C) recogida por el INIA, según Meteored, y ocurrencia de heladas de radiación en noches despejadas (Meteored y Maldita.es). El umbral de aviso de 4 °C es una decisión didáctica de este cuaderno, no un umbral agronómico oficial.

¿Por qué la alarma no se activa a 0 °C exactos? ¿Qué pasaría si sonara también de día y con calor?

F2 Diagrama de bloques: entrada, acondicionamiento, proceso y salida

ESQUEMA



señal analógica (tensión continua) o corriente de potencia

señal digital (nivel 0 o 1)

(n) punto de prueba TPn: se mide con el polímetro respecto de GND

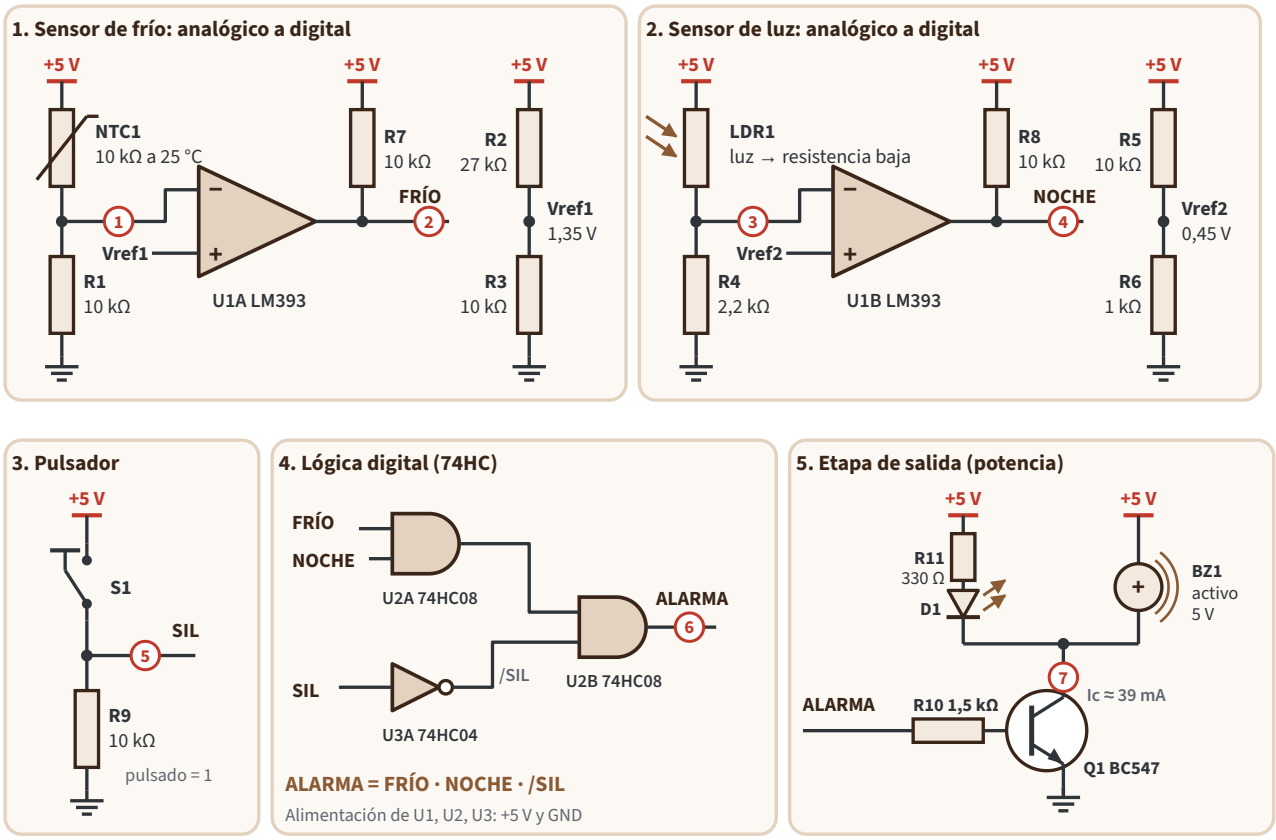
Cada bloque se prueba por separado, de izquierda a derecha, antes de unir el siguiente.

Lectura del diagrama. Los sensores (NTC y LDR) producen tensiones **analógicas** que varían de forma continua. Los comparadores las convierten en niveles **digitales** (FRÍO y NOCHE). Las puertas lógicas combinan las señales digitales y deciden ALARMA. La etapa de potencia, con un transistor, da la corriente que necesitan el LED y el zumbador, que una puerta lógica no puede dar sola.

Fuente: Esquema de elaboración propia. Los siete puntos de prueba (TP1 a TP7) son los que se miden con el polímetro.

F3 Esquema eléctrico completo de la alarma de helada

ESQUEMA



Las etiquetas con el mismo nombre (FRÍO, NOCHE, SIL, ALARMA, Vref) están conectadas entre sí.
(n) = punto de prueba TPn para medir con el polímetro respecto de GND.
U1 (LM393) tiene salida en colector abierto: sin R7 y R8 hacia +5 V no puede dar nivel alto.
Cada comparador da 1 si la tensión de su entrada + es mayor que la de su entrada −.

Cómo se lee. Cada columna de resistencias es un divisor de tensión. En el bloque 1, la NTC y R1 dan la tensión V_T (punto de prueba 1) y R2 y R3 fijan la referencia Vref1. El comparador U1A pone FRÍO a nivel alto cuando V_T es menor que Vref1. El bloque 2 hace lo mismo con la luz. Las puertas del bloque 4 calculan ALARMA = FRÍO · NOCHE · /SIL y el transistor Q1 del bloque 5 enciende el LED D1 y el zumbador BZ1.

Fuente: Esquema de elaboración propia con símbolos normalizados (resistencias IEC en rectángulo). Valores calculados en F7. LM393: doble comparador de uso general; 74HC08 y 74HC04: puertas AND y NOT de la familia 74HC.

F4 Lista de componentes del circuito

DATOS

Ref.	Componente	Valor	Función en el circuito
NTC1	Termistor NTC	10 kΩ a 25 °C (β = 3950 K)	Sensor de temperatura: su resistencia baja al calentarse
LDR1	Resistencia dependiente de la luz	2 kΩ de día, 150 kΩ de noche	Sensor de luz: su resistencia baja al aumentar la luz
R1	Resistencia	10 kΩ	Divisor de la NTC (abajo)
R2 y R3	Resistencias	27 kΩ y 10 kΩ	Referencia Vref1 = 1,35 V
R4	Resistencia	2,2 kΩ	Divisor de la LDR (abajo)
R5 y R6	Resistencias	10 kΩ y 1 kΩ	Referencia Vref2 = 0,45 V
R7 y R8	Resistencias	10 kΩ	Resistencias de arriba (pull-up) de las salidas de U1
R9	Resistencia	10 kΩ	Resistencia a masa (pull-down) del pulsador
R10	Resistencia	1,5 kΩ	Limita la corriente de base de Q1
R11	Resistencia	330 Ω	Limita la corriente del LED
U1	LM393, doble comparador	5 V	Convierte tensiones analógicas en niveles digitales
U2 y U3	74HC08 (4 puertas AND) y 74HC04 (6 puertas NOT)	5 V	Lógica de decisión
Q1	Transistor NPN BC547	Ic máx. 100 mA	Interruptor que activa LED y zumbador
D1 y BZ1	LED rojo de 5 mm y zumbador activo	2,0 V; 30 mA a 5 V	Salida luminosa y sonora
S1	Pulsador normalmente abierto	—	Silencia la alarma mientras se pulsa

Dato clave. Una resistencia comercial de la serie E12 tiene valores como 10, 12, 15, 18, 22, 27, 33, 39, 47, 56, 68 y 82 (por cada década). Por eso el diseño elige 27 kΩ y 10 kΩ en lugar de valores «exactos».

Fuente: Tabla de elaboración propia con valores de la serie E12 (resistencias de ± 5 %). Los datos del BC547 (corriente máxima de colector de 100 mA, tensión de saturación máxima de 0,6 V a 100 mA) y del LM393 proceden de sus hojas técnicas; los de la LDR y el zumbador son didácticos.

F5 Datos de los sensores y niveles lógicos

DATOS

Sensor y condición	Resistencia del sensor	Tensión del divisor
NTC1 a −5 °C	44,0 kΩ	V_T = 0,93 V
NTC1 a 0 °C	33,6 kΩ	V_T = 1,15 V
NTC1 a 4,2 °C (umbral)	27,0 kΩ	V_T = 1,35 V
NTC1 a 10 °C	20,2 kΩ	V_T = 1,66 V
NTC1 a 15 °C	15,8 kΩ	V_T = 1,94 V
NTC1 a 25 °C	10,0 kΩ	V_T = 2,50 V
NTC1 a 35 °C	6,5 kΩ	V_T = 3,03 V
LDR1 de día	2 kΩ	V_L = 2,62 V
LDR1 al atardecer	8 kΩ	V_L = 1,08 V
LDR1 en el umbral de noche	22 kΩ	V_L = 0,45 V
LDR1 de noche	150 kΩ	V_L = 0,07 V

Divisores. Con la NTC arriba y R1 = 10 kΩ abajo: V_T = 5 · 10 / (10 + R_NTC) (resistencias en kΩ). Con la LDR arriba y R4 = 2,2 kΩ abajo: V_L = 5 · 2,2 / (2,2 + R_LDR).

Niveles lógicos con 5 V. Una puerta 74HC lee **1** si la entrada es de **3,5 V o más** y **0** si es de **1,5 V o menos**. Entre 1,5 V y 3,5 V el nivel es **indefinido**: no se puede saber qué leerá la puerta. La salida del LM393 en nivel bajo es de unos 0,25 V y, con R7 o R8 a +5 V, en nivel alto es de 5 V.

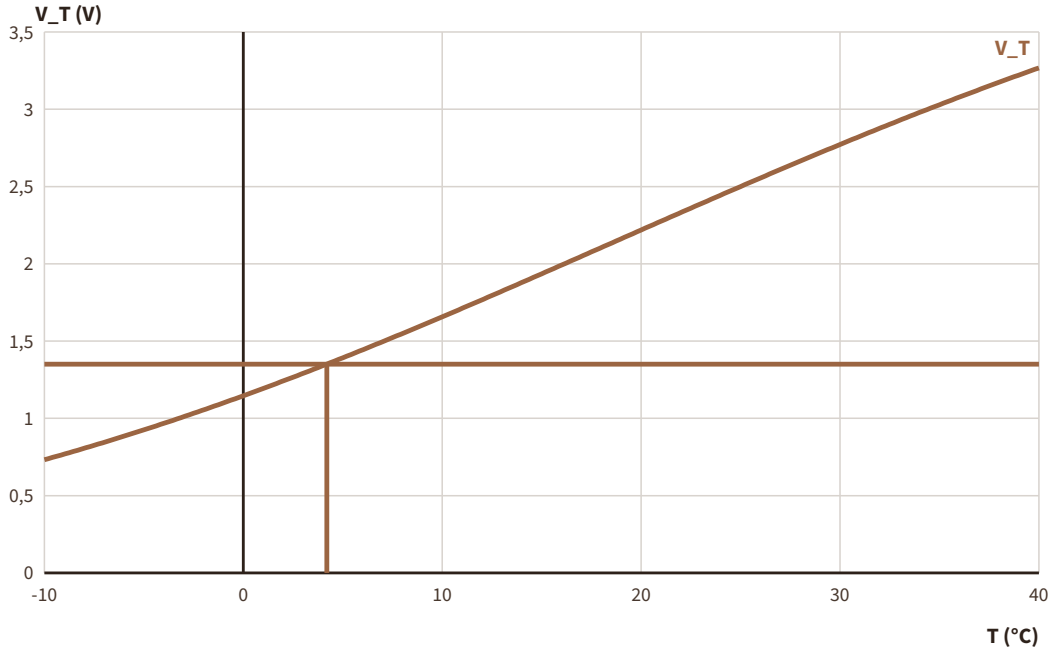
Hoja de cálculo. La temperatura a partir de la resistencia R de la NTC (en kΩ) es T = 1 / (1/298,15 + ln(R/10) / 3950) − 273,15, en °C.

Entradas del LM393. Sus entradas deben estar entre 0 V y (alimentación − 1,5 V), es decir, entre 0 V y 3,5 V con 5 V; el diseño las mantiene por debajo de 3,1 V.

Fuente: Valores de la NTC calculados con el modelo β (R = 10 kΩ · exp[3950 · (1/T − 1/298,15)], T en kelvin; ± 1 % o más en componentes reales). Valores de la LDR didácticos. Niveles del 74HC08 a 4,5 V (VIH ≥ 3,15 V; VIL ≤ 1,35 V) de la hoja técnica del fabricante; a 5 V se toma el 70 % y el 30 % de la alimentación. LM393: tensión de salida en nivel bajo de 0,25 V típica (0,4 V máxima) con 4 mA, según su hoja técnica.

F6 Tensión del divisor de la NTC según la temperatura

GRÁFICO



Fuente: Curva calculada con el modelo β de F5 (NTC de 10 kΩ y R1 = 10 kΩ, alimentación de 5 V). La recta horizontal marca Vref1 = 1,35 V y la vertical, el umbral de 4,2 °C.

La tensión V_T sube con la temperatura. ¿A qué temperatura coinciden V_T y Vref1? ¿Qué nivel (0 o 1) da el comparador a la izquierda y a la derecha de ese punto?

F7 Caso resuelto: diseño de la alarma paso a paso

ESTUDIO DE CASO

1. **Umbral de frío.** Para 4,2 °C, la NTC vale 27,0 kΩ. Con R1 = 10 kΩ: V_T = 5 · 10 / (10 + 27,0) = **1,35 V**. Esta es la tensión de referencia que necesitamos.
2. **Referencia 1.** Con R2 = 27 kΩ y R3 = 10 kΩ: Vref1 = 5 · 10 / (27 + 10) = **1,351 V**. Corresponde a una NTC de 27 kΩ, es decir, a **4,2 °C**.
3. **Comparador U1A.** Con V_T en la entrada − y Vref1 en la entrada +: si V_T < Vref1 (hace menos de 4,2 °C), la salida es 1 (FRÍO = 1). A 25 °C, V_T = 2,50 V y FRÍO = 0.
4. **Umbral de noche.** Con R4 = 2,2 kΩ y Vref2 = 5 · 1 / (10 + 1) = **0,4545 V** (R5 = 10 kΩ y R6 = 1 kΩ), la LDR en el umbral vale R_LDR = 2,2 · (5 / 0,4545 − 1) = **22 kΩ**. De día (2 kΩ): V_L = 2,62 V y NOCHE = 0; de noche (150 kΩ): V_L = 0,07 V y NOCHE = 1.
5. **Niveles.** Con R7 y R8, la salida del comparador está a 5 V (nivel 1) o a unos 0,25 V (nivel 0): niveles válidos para la puerta (≥ 3,5 V o ≤ 1,5 V). Si la NTC se conectase directamente a una puerta, a 25 °C llegarían 2,50 V, en la **zona indefinida**.
6. **Lógica.** ALARMA = FRÍO · NOCHE · /SIL. Solo vale 1 en la fila FRÍO = 1, NOCHE = 1 y SIL = 0 (**1 de 8 combinaciones, el 12,5 %**).
7. **Etapa de salida.** Corriente del LED: (5 − 2,0) / 330 = 9,09 mA. Con el zumbador (30 mA): **Ic = 39,09 mA**, menor que los 100 mA del BC547. Con VOH = 4,4 V de la puerta y VBE = 0,7 V: Ib = (4,4 − 0,7) / 1,5 = **2,47 mA** (por debajo de los 4 mA que garantiza la puerta). β forzada = Ic / Ib = **15,8**, entre 10 y 20: el transistor satura.
8. **Potencia y energía.** P = 5 V · 39,09 mA = **0,195 W**. Si la alarma suena 10 min: E = 0,195 W · 1/6 h = **0,0326 Wh** (117 J).
9. **Margen y tolerancia.** La pendiente cerca del umbral es de unos 0,05 V/°C: un ruido de ± 0,02 V equivale a **± 0,4 °C**, así que la alarma podría «parpadear» en esa banda. Con R2 de ± 5 %, el umbral oscila entre 3,3 °C (R2 = 28,35 kΩ) y 5,2 °C (R2 = 25,65 kΩ).

Fuente: Cálculos de elaboración propia con los datos de F3, F4 y F5 (valores didácticos de la LDR, del LED, del zumbador y de la salida de la puerta). Se desprecian la tensión de saturación del transistor y las corrientes de entrada de las puertas.

¿Por qué no se conecta la salida del comparador directamente al LED y al zumbador? ¿Qué cambiaría en el umbral si R1 fuera de 12 kΩ?

F8 Puertas lógicas básicas

DATOS

Puerta	Ecuación	Salida para AB = 00, 01, 10, 11	Regla	Circuito integrado
NOT (inversor)	S = /A	1, 1, 0, 0 (según A)	La salida es lo contrario de la entrada	74HC04
AND	S = A · B	0, 0, 0, 1	Vale 1 solo si todas las entradas valen 1	74HC08
OR	S = A + B	0, 1, 1, 1	Vale 0 solo si todas las entradas valen 0	74HC32
NAND	S = /(A · B)	1, 1, 1, 0	AND seguida de NOT	74HC00
NOR	S = /(A + B)	1, 0, 0, 0	OR seguida de NOT	74HC02
XOR	S = A ⊕ B	0, 1, 1, 0	Vale 1 si las entradas son distintas	74HC86

Dato clave. En la fila NOT, la salida se lista para A = 0, 0, 1, 1 (es decir, 1, 1, 0, 0), porque la puerta NOT solo tiene una entrada. Con tres entradas, la puerta AND se construye con dos puertas AND de dos entradas en cascada, como en el circuito (U2A y U2B).

Fuente: Tabla de elaboración propia. Los circuitos integrados 74HC04, 74HC08, 74HC32, 74HC00, 74HC02 y 74HC86 son puertas habituales de la familia 74HC.

F9 Protocolo: simular, montar y medir un circuito por bloques

PROTOCOLO

Material y herramientas: esquema de F3, lista de componentes de F4, simulador de circuitos, protoboard, fuente escolar de 5 V con limitación de corriente, polímetro, cables y componentes del kit aprobado.

Equipo de protección y riesgos: riesgo de cortocircuito, de calentamiento de resistencias o transistores y de polaridad invertida (LED, zumbador y circuitos integrados). Cablea siempre con la **fuente desconectada**, comprueba la polaridad y no uses pilas, baterías ni condensadores fuera del kit. Para enfriar la NTC, solo una bolsa cerrada con hielo; nunca la calientes con llama ni secador.

Procedimiento:

1. **Simula** el circuito completo y comprueba la tabla de estados de la ficha 5. No montes nada hasta que coincida.
2. Cablea el **bloque 1** (NTC, R1, R2, R3, U1A y R7) con la fuente desconectada. Conecta la fuente y mide TP1 (V_T) y la tensión de referencia Vref1. Después, enfría la NTC con la bolsa de hielo y comprueba que TP2 (FRÍO) pasa de 0 a 5 V.
3. Desconecta la fuente y cablea el **bloque 2** (LDR, R4, R5, R6, U1B y R8). Mide TP3 (V_L) con la LDR iluminada y tapada, y TP4 (NOCHE).
4. Cablea el **pulsador** (S1 y R9) y mide TP5 (SIL) pulsado y sin pulsar.
5. Cablea las **puertas** (U2A, U2B y U3A) y comprueba la tabla de verdad con tres cables de prueba. Mide TP6 (ALARMA).
6. Cablea la **etapa de salida** (R10, Q1, R11, D1 y BZ1). Mide TP7 (colector) con ALARMA a 0 (unos 5 V) y a 1 (unos 0,1 a 0,2 V).
7. Prueba los cinco escenarios de la ficha 5 y anota las medidas. Si algo falla, **depura por bloques**: mide la entrada y la salida del bloque sospechoso y compara con el valor esperado.

Cierre y residuos: desconecta la fuente, desmonta, ordena los componentes en el kit y entrega al docente los que estén dañados.

Resultado esperable: tabla de estados con tensiones esperadas y medidas, diferencia entre ambas y, si hubo fallo, el bloque, la causa y la corrección con la medida que lo demuestra.

Fuente: Protocolo de elaboración propia. Las normas del centro y las indicaciones del docente prevalecen. Todo funciona a 5 V; no se conecta ningún elemento a la red eléctrica.

F10 Glosario de electrónica analógica y digital

GLOSARIO

Señal analógica	Magnitud eléctrica que varía de forma continua, por ejemplo una tensión de 0 a 5 V.
Señal digital	Señal que solo toma dos niveles: 0 (nivel bajo) y 1 (nivel alto).
Divisor de tensión	Dos resistencias en serie que reparten la tensión de alimentación; V = Vcc · R_abajo / (R_arriba + R_abajo).
NTC	Termistor de coeficiente de temperatura negativo: su resistencia disminuye al aumentar la temperatura.
LDR	Resistencia que depende de la luz: disminuye al aumentar la iluminación.
Comparador	Circuito con dos entradas que da nivel 1 si la tensión de la entrada + es mayor que la de la entrada −.
Pull-up y pull-down	Resistencia que lleva una línea a +5 V (pull-up) o a masa (pull-down) cuando nada más la fuerza.
Nivel lógico	Rango de tensión que una puerta interpreta como 0 o 1; entre ambos hay una zona indefinida.
Puerta lógica	Circuito digital que calcula una función de sus entradas (AND, OR, NOT…).
Tabla de verdad	Tabla con la salida de un circuito digital para cada combinación de entradas.
Saturación	Estado de un transistor que actúa como interruptor cerrado, con una tensión colector-emisor muy pequeña.
Punto de prueba	Nudo del circuito marcado para medir su tensión respecto de masa con el polímetro.

Fuente: Glosario de elaboración propia.

ANEXO 3

Fichas del alumnado

SdA 4 · El sistema nervioso electrónico

ALUMNADO

FICHA 1 Repasamos los componentes

SESIÓN 1

Nombre: _____ **Curso/grupo:** _____ **Fecha:** _____

Primero, el diagnóstico individual. Después, en equipo, usa el esquema (F3), la lista de componentes (F4) y el encargo (F1).

1 **Diagnóstico. Marca la respuesta correcta.**

Una señal analógica es aquella que…

◯ solo puede valer 0 o 1 ◯ solo existe en circuitos con pilas

◯ varía de forma continua entre un mínimo y un máximo, por ejemplo de 0 a 5 V

La ley de Ohm dice que…

◯ V = I / R ◯ I = V · R ◯ V = I · R

Al aumentar la temperatura, la resistencia de una NTC…

◯ disminuye ◯ no cambia ◯ aumenta

Un LED sin resistencia en serie…

◯ puede recibir demasiada corriente y quemarse ◯ luce más y dura más ◯ se limita solo por su propio diseño

2 **Relaciona cada componente con su función.**

1	Resistencia	a	Interruptor que conduce solo mientras se pulsa
2	NTC	b	Interruptor controlado por una pequeña corriente de base
3	LDR	c	Su resistencia baja cuando aumenta la temperatura
4	Transistor NPN	d	Su resistencia baja cuando aumenta la luz
5	Pulsador	e	Limita la corriente

3 **Corriente del LED. Con una alimentación de 5 V y un LED que cae 2,0 V, calcula I = (5 − 2,0) / R para tres resistencias. Un LED de 5 mm soporta unos 20 mA.**

R en serie (Ω)	Cálculo	I (mA)	¿Supera 20 mA? (sí/no)
330			
470			
100			

4 **Escribid el reto del equipo y tres requisitos medibles del circuito (con cifra, unidad y cómo se comprobará), usando F1.**

N.º	Requisito con cifra y unidad	Cómo se comprueba
1		
2		
3		

FICHA 2 Electrónica analógica: los divisores de tensión

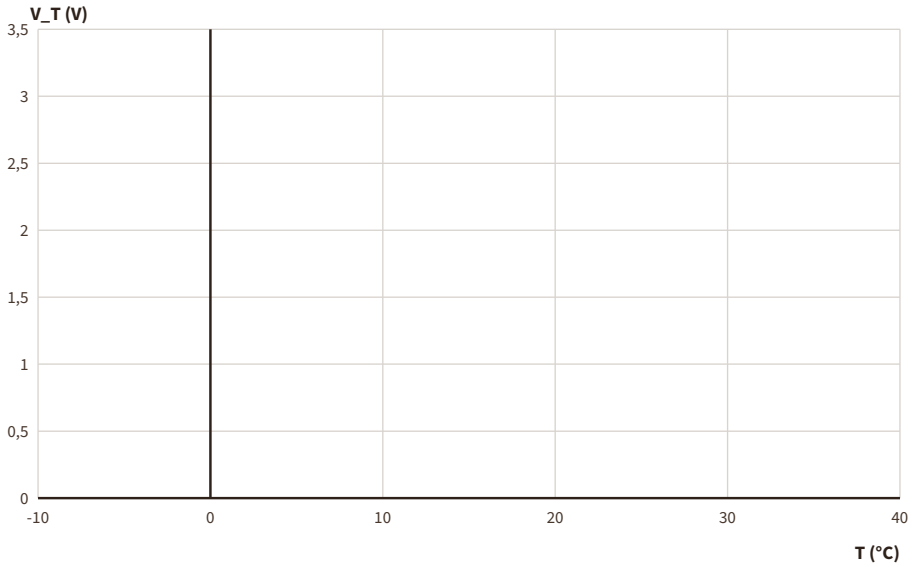
SESIÓN 2

Usa los datos de los sensores (F5), la gráfica (F6) y el caso resuelto (F7). Trabaja con resistencias en kΩ.

1 **Divisor de la NTC (R1 = 10 kΩ abajo, 5 V). Calcula V_T = 5 · 10 / (10 + R_NTC) para cada temperatura.**

T (°C)	R_NTC (kΩ)	Cálculo	V_T (V)
−5	44,0		
4,2	27,0		
15	15,8		
25	10,0		
35	6,5		

2 **Representa en la gráfica los cinco puntos (T, V_T) de la tabla, traza la curva y la recta Vref1 = 1,35 V y lee la temperatura del umbral.**



3 **Referencia. Calcula Vref1 con R2 = 27 kΩ (arriba) y R3 = 10 kΩ (abajo) y explica qué nivel da el comparador cuando V_T es menor que Vref1.**

4 **Divisor de la LDR (R4 = 2,2 kΩ abajo). Calcula V_L = 5 · 2,2 / (2,2 + R_LDR), compara con Vref2 = 0,45 V y completa NOCHE (1 si V_L es menor que Vref2).**

Condición	R_LDR (kΩ)	V_L (V)	NOCHE (0 o 1)
De día	2		
Al atardecer	8		
De noche	150		

FICHA 3 Estados digitales y puertas lógicas

SESIÓN 3

Usa los niveles lógicos y las tablas de F5 y F8, y el esquema (F3).

1 **Niveles lógicos con 5 V (0 hasta 1,5 V; 1 desde 3,5 V). Clasifica cada tensión como 0, 1 o indefinido.**

Tensión (V)	Nivel (0, 1 o indefinido)
0,25	
1,00	
2,00	
2,62	
3,50	
4,40	

2 **Verdadero o falso.**

	V	F
Una puerta AND da 1 solo si todas sus entradas valen 1.	☐	☐
Una puerta NOT da 1 cuando su entrada vale 1.	☐	☐
Con 2,5 V en su entrada, una puerta 74HC alimentada a 5 V da un nivel 1 seguro.	☐	☐
La salida de un comparador con colector abierto necesita una resistencia a +5 V para dar nivel alto.	☐	☐
Una puerta OR da 0 solo si todas sus entradas valen 0.	☐	☐

3 **Tabla de verdad de la alarma: ALARMA = FRÍO · NOCHE · /SIL. Completa las tres columnas que faltan.**

FRÍO	NOCHE	SIL	/SIL	FRÍO · NOCHE	ALARMA
0	0	0			
0	0	1			
0	1	0			
0	1	1			
1	0	0			
1	0	1			
1	1	0			
1	1	1			

4 **Si conectásemos la NTC directamente a una puerta (sin comparador), ¿qué tensión llegaría a 25 °C y qué nivel tendría? ¿Por qué es mala idea?**

FICHA 4 Diseñamos el circuito de control

SESIÓN 4

Usa el diagrama de bloques (F2), el esquema (F3) y el caso resuelto (F7). Datos: LED de 2,0 V, zumbador de 30 mA, salida de la puerta de 4,4 V y VBE de 0,7 V.

1 **Dibuja el diagrama de bloques entrada-proceso-salida de la alarma y escribe en cada bloque su función y la señal que entra y sale (analógica o digital).**

2 **Etapa de salida con R10 = 1,5 kΩ y R11 = 330 Ω. Completa los cálculos.**

Magnitud	Cálculo	Resultado
Corriente del LED (mA)		
Corriente de colector Ic = LED + zumbador (mA)		
Corriente de base Ib = (4,4 − 0,7) / R10 (mA)		
β forzada = Ic / Ib		
Potencia P = 5 V · Ic (W)		

3 **Elección de R10. La regla práctica pide una β forzada entre 10 y 20, y la puerta solo garantiza 4 mA. Completa y decide.**

R10 (kΩ)	Ib (mA)	β forzada	¿Es adecuada? Razona
0,47			
1,5			
10			

4 **Energía. Si la alarma suena 10 min, calcula la energía en Wh y en julios (1 Wh = 3 600 J).**

FICHA 5 Simulamos antes de montar

SESIÓN 5

Usa el protocolo (F9), las tablas de F5 y el esquema (F3). La NTC vale 10,0 kΩ a 25 °C, 30,3 kΩ a 2 °C y 15,8 kΩ a 15 °C. La LDR vale 2 kΩ de día y 150 kΩ de noche.

1 **Tabla de estados esperados. Calcula V_T y V_L y completa los niveles digitales y ALARMA en cada escenario.**

Escenario	V_T (V)	V_L (V)	FRÍO	NOCHE	SIL	ALARMA
Día cálido: 25 °C, sin pulsar						
Día frío: 2 °C, sin pulsar						
Noche cálida: 15 °C, sin pulsar						
Noche fría: 2 °C, sin pulsar						
Noche fría: 2 °C, S1 pulsado						

2 **Registro del escenario «noche fría» (simulado o medido). Anota las medidas y comprueba si coinciden con lo esperado (± 10 %).**

Punto de prueba	Esperado (V)	Medido (V)	¿Coincide?
TP1 V_T	1,24		
TP2 FRÍO	≈ 5		
TP3 V_L	0,07		
TP4 NOCHE	≈ 5		
TP5 SIL	0		
TP6 ALARMA	≈ 4,4		
TP7 colector de Q1	≈ 0,1		

3 **Antes de dar tensión. Marca lo que has comprobado.**

- ☐ He cableado con la fuente desconectada.
- ☐ He comprobado la polaridad del LED, del zumbador y de los circuitos integrados.
- ☐ U1, U2 y U3 tienen conectados +5 V y masa.
- ☐ El LED lleva su resistencia en serie.
- ☐ La fuente está a 5 V y con limitación de corriente.

FICHA 6 Medimos y depuramos

SESIÓN 6

Usa el protocolo (F9), el esquema (F3) y el caso resuelto (F7). Depura por bloques: mide la entrada y la salida de cada uno.

1 **Averías simuladas. Para cada síntoma y medidas, indica el bloque con el fallo, la causa probable y qué harías.**

Síntoma y medidas	Bloque con el fallo	Causa probable	Qué harías
1) Suena siempre, de día y con calor. TP1 = 0,00 V; TP2 = 5,0 V.			
2) Con hielo en la NTC y a oscuras no suena. TP1 = 1,00 V; TP2 = 5,0 V; TP3 = 0,07 V; TP4 = 0,0 V.			
3) Suena débil, el LED casi no luce y Q1 se calienta. R10 vale 15 kΩ; TP6 = 4,4 V; TP7 = 2,1 V.			
4) Pulsar S1 no silencia la alarma. TP5 = 0,0 V con S1 pulsado.			

2 **Avería 3. Calcula Ib con R10 = 15 kΩ y la β forzada con Ic = 39 mA. ¿Por qué Q1 no satura?**

3 **Tolerancia. R2 tiene un ± 5 % (25,65 kΩ a 28,35 kΩ). Calcula Vref1 = 5 · 10 / (R2 + 10) y la temperatura de umbral (la NTC del umbral vale R2 kΩ; usa la fórmula de F5).**

R2 (kΩ)	Vref1 (V)	Temperatura de umbral (°C)
25,65		
27,0		
28,35		

4 **Ruido. Cerca del umbral, V_T oscila ± 0,02 V y la pendiente es de 0,05 V/°C. ¿A cuántos °C equivale? ¿Qué le pasa a la alarma? ¿Cómo se evitaría?**

FICHA 7 Evidencia individual: la luz de pasillo

SESIÓN 7

Trabajo individual. Una luz de pasillo se enciende si hay **presencia (P) o se pulsa un botón (B)** y además es de **noche (N)**: L = (P + B) · N. P viene de un módulo de presencia con salida digital.

1 **Completa la tabla de verdad de L = (P + B) · N.**

P	B	N	P + B	L
0	0	0		
0	0	1		
0	1	0		
0	1	1		
1	0	0		
1	0	1		
1	1	0		
1	1	1		

2 **Umbral de luz. Con R4 = 2,2 kΩ (LDR arriba), quieres NOCHE cuando R_LDR sea de 40 kΩ o más. Calcula V_L en ese umbral, R5 con R6 = 1 kΩ (serie E12) y el umbral real que resulta.**

3 **Salida. La tira de LED de 5 V consume 60 mA. Calcula Ib para β forzada de 10 y 20, elige R10 (serie E12) y comprueba que Ib es menor de 4 mA. ¿Serviría un BC547 si la carga fuera de 150 mA?**

4 **Dibuja el diagrama de bloques y escribe cómo explicarías cada bloque a una persona sin conocimientos de electrónica, con lenguaje inclusivo.**

ANEXO 4

Plantilla del producto final

SdA 4 · El sistema nervioso electrónico

ALUMNADO

Nombre: **Curso/grupo:** **Fecha:**

Dossier del circuito. Completadlo en equipo a lo largo de las sesiones; es la base de la explicación final por bloques.

Diagrama de bloques

Entrada, acondicionamiento, proceso y salida, con el tipo de señal y los puntos de prueba.

Esquema eléctrico con valores

Símbolos normalizados, valores de los componentes y puntos de prueba.

Tabla de estados y ecuación

Tabla de verdad, ecuación lógica y los cinco escenarios.

Simulación y montaje

Capturas o fotos, orden de montaje por bloques y cambios.

Medidas esperadas y medidas reales

Puntos de prueba, tensión esperada, medida y diferencia.

Fallo detectado y mejora

Bloque, causa, medida que lo demuestra y corrección.

ANEXO 5

Lista de cotejo

SdA 4 · El sistema nervioso electrónico

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Antes de entregar **Circuito electrónico mixto simulado o físico**, comprueba cada punto y marca la casilla. Si alguno falla, todavía estás a tiempo de mejorarlo.

Contenido del producto

- [ ] El diagrama de bloques muestra entrada, acondicionamiento, proceso y salida, y distingue las señales analógicas de las digitales.
- [ ] El esquema usa simbología normalizada, indica los valores de todos los componentes y marca los puntos de prueba.
- [ ] Los divisores de tensión y la tensión de referencia están calculados con unidades y el umbral de temperatura coincide con el requisito.
- [ ] La tabla de verdad y la ecuación lógica son correctas y las señales que llegan a las puertas son niveles válidos.
- [ ] La etapa de salida está dimensionada (corriente de colector, corriente de base y R10) y respeta el máximo del transistor.
- [ ] El circuito se ha simulado antes de montarlo y se han comparado tensiones esperadas y medidas en los puntos de prueba.
- [ ] Se ha depurado al menos un fallo por bloques con medidas y se explica la causa y la corrección.
- [ ] Se ha trabajado a baja tensión, con la fuente desconectada al cablear, con resistencia en el LED y sin manipular pilas o baterías.
- [ ] La explicación por bloques es clara, usa vocabulario técnico y lenguaje inclusivo, y otra persona podría reproducir el circuito.

Calidad y rigor

- [ ] He usado el vocabulario técnico, la simbología normalizada y las unidades correctas.
- [ ] He justificado las decisiones con requisitos, pruebas, datos o esquemas, y he indicado sus límites.
- [ ] He respetado las normas de seguridad, privacidad y uso responsable de la situación.
- [ ] He citado las fuentes y respetado las licencias de imágenes, código o modelos utilizados.
- [ ] He revisado la presentación y he incorporado las mejoras de la coevaluación o de las pruebas.

Lo que más me ha costado

Firma del equipo / fecha de entrega

ANEXO 6

Rúbrica imprimible

SdA 4 · El sistema nervioso electrónico

ALUMNADO · DOCENTE

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Rúbrica para valorar **Circuito electrónico mixto simulado o físico**. Marca el nivel alcanzado en cada indicador.

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial	Nivel
Necesidad y diseño	Define requisitos con cifras (umbral de temperatura, nivel de luz, corriente), diseña la cadena entrada-proceso-salida con valores calculados y compara al menos dos alternativas (por ejemplo, otra resistencia de base o la NTC conectada directamente a la puerta) justificando la elección.	Define los requisitos principales y diseña una cadena completa con valores calculados y justificación suficiente.	Los requisitos son imprecisos, faltan cálculos de algún bloque o la elección de valores no se justifica.	No relaciona el circuito con la necesidad de avisar de la helada.	
Funcionamiento / evidencia	El circuito o su simulación funciona en los cinco escenarios; la tabla de estados coincide con las medidas en los puntos de prueba, se explican las diferencias y se interpretan los márgenes (tolerancia, ruido).	El circuito o su simulación cumple la función principal y hay medidas de varios puntos de prueba frente a los valores esperados.	Funciona solo en parte o las medidas son incompletas o no se comparan con los valores esperados.	No hay circuito ni simulación comprobables ni medidas.	
Documentación técnica	Diagrama de bloques, esquema con simbología normalizada y valores, tabla de verdad, ecuación y cálculos con unidades y vocabulario correctos; otro equipo podría montar el circuito solo con el dossier.	Esquema y tabla de estados suficientes, con algún valor, unidad o símbolo sin indicar.	Faltan bloques, valores o puntos de prueba, o hay errores que impiden reproducir el circuito.	Documentación insuficiente para entender o reproducir el circuito.	
Seguridad, ética y sostenibilidad	Trabaja a 5 V y cablea con la fuente desconectada, protege el LED con resistencia, comprueba polaridades, calcula la potencia y la energía de la alarma y reutiliza o devuelve los componentes al kit.	Cumple las normas de baja tensión y considera la potencia o la energía con algún dato.	Necesita recordatorios de seguridad al cablear o no considera el consumo ni los componentes reutilizables.	Incumple normas de seguridad (tensión, polaridad, cableado con tensión) o manipula elementos de riesgo.	
Iteración y cooperación	Depura por bloques con medidas, corrige el circuito o los valores a partir de los datos y repite la prueba; los roles rotan y el equipo da feedback asertivo y concreto a otros equipos.	Corrige al menos un fallo con ayuda de medidas y coopera adecuadamente.	La corrección es superficial o la cooperación es irregular.	No revisa el circuito tras un fallo o dificulta el trabajo del equipo.	

Observaciones del docente

Valoración global

ANEXO 7

Autoevaluación y coevaluación

SdA 4 · El sistema nervioso electrónico

ALUMNADO

Nombre: _____ Curso/grupo: _____ Fecha: _____

Parte 1 · Autoevaluación

Afirmación	Aún no	Con ayuda	Bien	Muy bien
Sé calcular un divisor de tensión y la tensión de referencia de un comparador, y decir qué nivel lógico da.	○	○	○	○
Sé construir la tabla de verdad de una función lógica y dimensionar la etapa de salida con un transistor.	○	○	○	○
He cumplido mi rol y mis tareas dentro del equipo.	○	○	○	○
He escuchado y tenido en cuenta las ideas de los demás.	○	○	○	○
He usado datos, pruebas o evidencias para justificar mis decisiones.	○	○	○	○
He revisado y mejorado mi trabajo a partir de la retroalimentación.	○	○	○	○

Dos aprendizajes que he logrado

_____

_____

_____

Una dificultad que he tenido

_____

_____

_____

Una mejora que haré la próxima vez

_____

_____

Parte 2 · Coevaluación de otro equipo

Equipo evaluado: _____

Fortaleza 1

_____

_____

Fortaleza 2

_____

_____

Propuesta de mejora

_____

_____

ANEXO 8

Refuerzo

SdA 4 · El sistema nervioso electrónico

ALUMNADO

Nombre: _____ **Curso/grupo:** _____ **Fecha:** _____

Aquí tienes el circuito de referencia y una tabla de verdad parcial para que practiques paso a paso.

Circuito de referencia

Cadena: NTC y LDR (sensores) → comparadores (U1A y U1B) → puertas (U2A, U2B y U3A) → transistor Q1 → LED y zumbador.

Datos:

- divisor de la NTC: R1 = 10 kΩ, V_T = 5 · 10 / (10 + R_NTC);
- referencia 1: Vref1 = 1,35 V (4,2 °C); FRÍO = 1 si V_T < Vref1;
- LED: (5 − 2,0) / 330 = 9,09 mA;
- ALARMA = FRÍO · NOCHE · /SIL.

Cálculos guiados

1. V_T a 25 °C: 5 · 10 / (10 + 10) = ___ V → ¿es menor que 1,35 V? ___ → FRÍO = ___.
2. V_T a 0 °C (R_NTC = 33,6 kΩ): 5 · 10 / (10 + ___) = ___ V → ¿menor que 1,35 V? ___ → FRÍO = ___.
3. ALARMA vale 1 solo si FRÍO = ___, NOCHE = ___ y SIL = ___.

1 **Completa la tabla de verdad (las primeras filas ya están hechas).**

FRÍO	NOCHE	SIL	ALARMA
0	0	0	0
0	1	0	0
1	0	0	
1	1	0	
1	1	1	

2 **Calcula V_T a 0 °C (R_NTC = 33,6 kΩ) y di si FRÍO vale 0 o 1.**

3 **El LED lleva una resistencia de 470 Ω. Calcula su corriente con 5 V (caída del LED: 2,0 V).**

ANEXO 9

Ampliación

SdA 4 · El sistema nervioso electrónico

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Del comparador al programa: umbral digital con histéresis

Un controlador programable con entradas analógicas puede sustituir a los comparadores: convierte la tensión en un número (lectura = V / 5 · 1023) y el programa decide. Trabaja en simulación o con un módulo escolar alimentado por USB (5 V), sin conectar nada a la red. Añade **histéresis**: dos umbrales para que la alarma no parpadee.

Pasos

1. Convierte a lectura (0 a 1023) la tensión de umbral de frío (1,35 V), la de 6 °C (1,44 V) y la de noche (0,45 V). Explica en qué se parece y en qué se diferencia del comparador con Vref.
2. Calcula la banda de histéresis en °C entre el umbral de activación (4,2 °C) y el de desactivación (6 °C) y compárala con el ruido de ± 0,4 °C de F7.
3. Completa los huecos del programa con las lecturas que has calculado y con la condición de silencio.
4. Razona qué hace la variable frio si lecturaNtc oscila entre 280 y 290 con frio = true.
5. Prueba el programa en simulación y anota dos casos de prueba (valores de las lecturas y resultado esperado).

1 **Programa de la alarma con umbral e histéresis. Completa los huecos (___).**

ARDUINO (C++)

```
// NTC arriba y 10 kΩ abajo (A0); LDR arriba y 2,2 kΩ abajo (A1)
const int PIN_NTC = A0;
const int PIN_LDR = A1;
const int PIN_SIL = 2;        // pulsador con resistencia a masa
const int PIN_ALARMA = 8;     // hacia R10 y Q1

const int FRIO_ON = 276;      // lectura menor: hace frío (4,2 °C)
const int FRIO_OFF = ___;     // lectura mayor: deja de hacer frío (6 °C)
const int NOCHE_ON = ___;     // lectura de la LDR menor: es de noche

bool frio = false;

void setup() {
  pinMode(PIN_SIL, INPUT);
  pinMode(PIN_ALARMA, OUTPUT);
}

void loop() {
  int lecturaNtc = analogRead(PIN_NTC);
  int lecturaLdr = analogRead(PIN_LDR);
  if (lecturaNtc < FRIO_ON) {
    frio = true;
  } else if (lecturaNtc > FRIO_OFF) {
    frio = false;
  }
  bool noche = lecturaLdr < NOCHE_ON;
  bool silencio = digitalRead(PIN_SIL) == HIGH;
  digitalWrite(PIN_ALARMA, (frio && noche && ___) ? HIGH : LOW);
  delay(100);
}
```

2 **Lecturas esperadas.**

T (°C)	V_T (V)	Lectura = V_T / 5 · 1023
4,2	1,35	
6	1,44	
15	1,94	

Entrega

Hoja con las conversiones, el programa completado, la explicación de la histéresis y dos casos de prueba.

ANEXO 10

Guía docente y soluciones

SdA 4 · El sistema nervioso electrónico

DOCENTE

Ficha 1

1. Diagnóstico: varía de forma continua entre un mínimo y un máximo; V = I · R; disminuye; puede recibir demasiada corriente y quemarse.
2. Resistencia ↔ limita la corriente; NTC ↔ su resistencia baja cuando aumenta la temperatura; LDR ↔ su resistencia baja cuando aumenta la luz; Transistor NPN ↔ interruptor controlado por una pequeña corriente de base; Pulsador ↔ interruptor que conduce solo mientras se pulsa.
3. 330 Ω: 3 / 330 = 9,09 mA (no supera 20 mA); 470 Ω: 3 / 470 = 6,38 mA (no); 100 Ω: 3 / 100 = 30 mA (sí, supera 20 mA: el LED se dañaría).
4. Reto modelo: «¿Cómo avisamos de una helada nocturna en el huerto con un circuito electrónico de 5 V que podamos comprobar bloque a bloque?». Requisitos modelo: 1) umbral de aviso de 4 ± 1 °C (polímetro y bolsa de hielo); 2) solo con poca luz (LDR tapada y destapada); 3) corriente de colector menor de 100 mA (cálculo y medida).

Ficha 2

1. V_T: −5 °C → 5·10/(10 + 44,0) = 0,93 V; 4,2 °C → 5·10/37 = 1,35 V; 15 °C → 50/25,8 = 1,94 V; 25 °C → 2,50 V; 35 °C → 50/16,5 = 3,03 V.
2. Gráfica: curva creciente que pasa por los cinco puntos; la recta de 1,35 V corta la curva en unos 4,2 °C (valorar entre 4 y 4,5 °C).
3. Vref1 = 5 · 10 / (27 + 10) = 1,351 V. Cuando V_T < Vref1 la entrada + (Vref1) es mayor que la entrada − (V_T) y el comparador da nivel 1 (FRÍO = 1): hace menos de 4,2 °C.
4. LDR de día: 5·2,2/(2,2+2) = 2,62 V (NOCHE = 0); al atardecer (8 kΩ): 11/10,2 = 1,08 V (NOCHE = 0); de noche (150 kΩ): 11/152,2 = 0,07 V (NOCHE = 1, porque 0,07 < 0,45 V).

Ficha 3

1. 0,25 V: 0; 1,00 V: 0; 2,00 V: indefinido; 2,62 V: indefinido; 3,50 V: 1; 4,40 V: 1.
2. V; F; F (2,5 V está en la zona indefinida); V; V.
3. FRÍO · NOCHE = 1 solo en las filas 7 y 8; /SIL = 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0 en las filas 1 a 8; ALARMA = 0 en todas salvo en la fila 7 (FRÍO = 1, NOCHE = 1, SIL = 0), donde vale 1.
4. A 25 °C llegarían 2,50 V (o 2,62 V en la LDR de día), en la zona indefinida: la puerta podría leer 0 o 1 y la alarma sonaría o no sonaría al azar, con un umbral que no controlamos. El comparador fija el umbral con Vref y da niveles claros.

Ficha 4

1. Diagrama modelo: Entrada (NTC, LDR, pulsador; señales analógicas, el pulsador digital) → Acondicionamiento (divisor + comparador; analógica a digital) → Proceso (puertas lógicas; digital) → Salida (transistor + LED y zumbador; corriente). Valorar que cada bloque lleve función y señal.
2. I_LED = (5 − 2,0)/330 = 9,09 mA; Ic = 9,09 + 30 = 39,09 mA; Ib = (4,4 − 0,7)/1,5 = 2,47 mA; β forzada = 39,09/2,47 = 15,8; P = 5 · 0,03909 = 0,195 W.
3. 0,47 kΩ: Ib = 7,87 mA y β = 5,0 (satura, pero la puerta solo garantiza 4 mA: no es adecuada); 1,5 kΩ: Ib = 2,47 mA y β = 15,8 (adecuada: entre 10 y 20 y por debajo de 4 mA); 10 kΩ: Ib = 0,37 mA y β = 105,7 (no satura bien: Q1 trabajaría en la zona activa y se calentaría).
4. E = 0,195 W · (10/60) h = 0,0326 Wh; 0,0326 · 3 600 = 117 J.

Ficha 5

1. Día cálido: V_T = 2,50; V_L = 2,62; FRÍO 0; NOCHE 0; SIL 0; ALARMA 0. Día frío (2 °C, 30,3 kΩ): V_T = 50/40,3 = 1,24; V_L = 2,62; FRÍO 1; NOCHE 0; ALARMA 0. Noche cálida (15 °C): V_T = 1,94; V_L = 0,07; FRÍO 0; NOCHE 1; ALARMA 0. Noche fría: V_T = 1,24; V_L = 0,07; FRÍO 1; NOCHE 1; SIL 0; ALARMA 1. Noche fría con S1 pulsado: igual, pero SIL 1 y ALARMA 0.
2. Valores esperados: 1,24; ≈ 5; 0,07; ≈ 5; 0; ≈ 4,4; ≈ 0,1. Las medidas reales difieren por las tolerancias (resistencias del 5 %, NTC) y por la tensión real de la fuente; aceptar diferencias justificadas de hasta el 10 %. En TP2 y TP4 la medida puede ser algo menor de 5 V por la carga del polímetro.
3. Todas las casillas marcadas antes de dar tensión.

Ficha 6

1. 1) Sensor de frío: TP1 = 0 V indica que la NTC está en cortocircuito o el nudo está a masa; el comparador cree que hace mucho frío. Revisar el cableado de la NTC y de R1 y el nudo V_T. 2) Comparador U1B: V_L = 0,07 V es correcto, pero NOCHE vale 0 V; falta R8 (pull-up) y la salida en colector abierto no puede subir a 5 V; colocar R8 de 10 kΩ a +5 V. 3) Etapa de salida: R10 de 15 kΩ en lugar de 1,5 kΩ; Q1 no satura (TP7 = 2,1 V); sustituir por 1,5 kΩ. 4) Pulsador: TP5 = 0 V con S1 pulsado significa que S1 no lleva +5 V (está cableado a masa o sin alimentación); cablear S1 entre +5 V y el nudo SIL.
2. Ib = (4,4 − 0,7)/15 = 0,247 mA; β forzada = 39/0,247 = 158, muy mayor de 20 e incluso mayor que la hFE típica del transistor: Q1 no llega a saturar, trabaja en zona activa con una VCE alta (2,1 V) y disipa potencia.
3. R2 = 25,65 kΩ: Vref1 = 50/35,65 = 1,40 V y umbral de 5,2 °C; R2 = 27 kΩ: 1,35 V y 4,2 °C; R2 = 28,35 kΩ: 1,30 V y 3,3 °C. El umbral se mueve unos ± 1 °C con solo una resistencia; con todas las tolerancias, entre 2,3 y 6,2 °C.
4. 0,02 / 0,05 = ± 0,4 °C, es decir, una banda de 0,8 °C. Cuando la temperatura está en esa banda, FRÍO cambia varias veces por segundo y la alarma parpadea o chisporrotea. Se evita con histéresis (dos umbrales distintos para conectar y desconectar) o con un comparador con realimentación positiva.

Ficha 7

1. L = 1 en las filas con N = 1 y (P o B) = 1: filas 4 (0,1,1), 6 (1,0,1) y 8 (1,1,1); P + B = 0, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1 en las filas 1 a 8; L = 0, 0, 0, 1, 0, 1, 0, 1.
2. V_L = 5 · 2,2/(2,2 + 40) = 0,26 V. R5 = R6 · (5/0,26 − 1) = 1 · 18,2 = 18,2 kΩ → 18 kΩ (E12): Vref2 = 5/19 = 0,263 V y R_LDR = 2,2 · (5/0,263 − 1) = 39,6 kΩ, prácticamente 40 kΩ.
3. Ib = 6 mA (β = 10) y 3 mA (β = 20); R10 = 3,7/6 = 0,62 kΩ a 3,7/3 = 1,23 kΩ → 1 kΩ (E12): Ib = 3,7 mA (menor de 4 mA; β forzada = 16,2). Con 150 mA no serviría el BC547 (máximo 100 mA): hay que elegir un transistor de más corriente o repartir la carga.
4. Bloques: presencia y botón (entradas digitales) y LDR con comparador (analógica a digital) → puertas OR y AND (decisión) → transistor (potencia) → tira de LED. Frase inclusiva modelo: «Cada persona que cruce el pasillo de noche enciende la luz sin tocar nada, y quien prefiera pulsar el botón también puede hacerlo».

Refuerzo (Anexo 8)

1. 1) 2,50 V; no; FRÍO = 0. 2) 5·10/(10 + 33,6) = 1,15 V; sí; FRÍO = 1. 3) FRÍO = 1, NOCHE = 1 y SIL = 0.
2. Tabla: (1,0,0) → 0; (1,1,0) → 1; (1,1,1) → 0.
3. V_T a 0 °C = 50/43,6 = 1,15 V, menor que 1,35 V: FRÍO = 1.
4. I = (5 − 2,0) / 470 = 6,38 mA.

Ampliación (Anexo 9)

1. Lecturas: 1,35 V → 276; 1,44 V → 295; 0,45 V → 93. Para los huecos: FRIO_OFF = 295; NOCHE_ON = 93; condición: !silencio. El comparador fija el umbral con una tensión de referencia en el circuito; el programa lo fija con un número en el código, que se cambia sin tocar el montaje.
2. Banda: 6 − 4,2 = 1,8 °C. El ruido de ± 0,4 °C (banda de 0,8 °C) cabe dentro, por lo que no hay parpadeo.
3. Si frio = true y la lectura oscila entre 280 y 290, no vale menos de 276 (no se activa de nuevo) ni más de 295 (no se desactiva): frio se mantiene en true.
4. Casos de prueba modelo: lecturaNtc = 270, lecturaLdr = 50, SIL = 0 → alarma encendida; lecturaNtc = 300 → frio pasa a false y la alarma se apaga.
5. Tabla de lecturas: 4,2 °C → 1,35/5·1023 = 276; 6 °C → 1,44/5·1023 = 295; 15 °C → 1,94/5·1023 = 397.

Notas para el docente: temporalización, seguridad y diferenciación

- Temporalización: S1 (repaso), S2 (divisores), S3 (puertas), S4 (diseño), S5 (simulación; si hay kit, montaje por bloques), S6 (depuración) y S7 (explicación y ficha individual). Para la S6 conviene preparar uno o dos circuitos con averías reales (R10 equivocada, falta de pull-up, NTC cortocircuitada).
- Datos reales y didácticos: la definición de helada meteorológica, el modelo β de la NTC, los niveles del 74HC (VIH ≥ 3,15 V y VIL ≤ 1,35 V a 4,5 V), las características del LM393 y del BC547 proceden de fuentes técnicas; el umbral de 4 °C, la LDR, el zumbador de 30 mA, la caída del LED y la tensión de salida de la puerta (4,4 V) son valores didácticos. Conviene contrastarlos con las hojas técnicas del kit.
- Seguridad: 5 V con fuente limitada, cableado sin tensión, resistencia en el LED, sin manipular pilas ni baterías, sin condensadores fuera del kit y sin soldar salvo supervisión. La bolsa de hielo es la única forma de enfriar la NTC.
- Diferenciación: el Anexo 8 ofrece el circuito de referencia con una tabla parcial; el Anexo 9 sustituye los comparadores por un programa con histéresis. Los roles rotan (coordinación, documentación, material y seguridad, pruebas, comunicación).

Errores frecuentes

- Confundir la tensión de un divisor (V_T) con la tensión de alimentación, o poner la NTC y R1 en el orden contrario y obtener el umbral al revés.
- Conectar los sensores directamente a las puertas lógicas: la tensión cae en la zona indefinida y el resultado es aleatorio.
- Olvidar la resistencia de pull-up (R7 y R8) en las salidas en colector abierto del comparador.
- Conectar la entrada + y la entrada − del comparador al revés, con lo que la lógica queda invertida.
- Dimensionar la resistencia de base con una β forzada demasiado grande (el transistor no satura) o con una corriente de base mayor de la que da la puerta.
- Mezclar unidades (kΩ, Ω, mA y A) al aplicar la ley de Ohm o al calcular la potencia.

Criterios para valorar respuestas abiertas

- Aceptar otros valores de resistencias de la serie E12 si el umbral resultante está dentro de ± 1 °C y se calcula el nuevo umbral.
- Aceptar otras alarmas o funciones lógicas de la misma complejidad (dos sensores y un actuador) si hay diagrama de bloques, tabla de verdad y etapa de salida dimensionada.
- Valorar más la trazabilidad (cálculos, medidas esperadas y reales, depuración) que el acabado del montaje.
- En la ficha 7, aceptar otras resistencias razonables de la serie E12 si cumplen la regla de β forzada y los 4 mA, y valorar la explicación inclusiva.

05

SITUACIÓN DE APRENDIZAJE

Aire que mueve máquinas

PREGUNTA GUÍA

¿Cómo puede la presión del aire controlar movimiento de forma repetible?

CURSO 4.º ESO	**SESIONES** 7 sesiones	**BLOQUES DE SABERES** A · B
COMPETENCIAS ESPECÍFICAS CE2, CE3, CE4	**PRODUCTO FINAL** Circuito neumático funcional o simulado	**CRITERIOS DE EVALUACIÓN** 2.2, 4.1, 3.1

Contexto, reto y producto

En el IES Río Claro (centro ficticio), el Aula de Automatización prepara para la feria de ciencias una **maqueta de línea de empaquetado**: una cinta lleva cajas de 5 kg y, cuando una caja llega a la zona de salida, un **empujador** debe desplazarla 100 mm hacia un contenedor y volver a su posición, una caja cada 5 segundos, siempre igual. El profesor de Mantenimiento explica que en las fábricas esto lo hacen **cilindros neumáticos**: el aire comprimido empuja un émbolo de forma repetible, limpia y sin motores en la zona de trabajo. El reto es diseñarlo bien, no solo «que se mueva».

En esta situación, el alumnado de 4.º aprende a **leer y dibujar circuitos neumáticos** con simbología normalizada, distingue **generación, distribución, mando y actuador**, calcula **fuerza, volumen de aire, tiempo y energía**, elige el **diámetro del cilindro**, añade un **control conceptual** (sensores, controlador y electroválvula), diagnostica **fugas y errores** y compara la solución con una **alternativa eléctrica**. Todo se hace con **simulador** o con **equipo didáctico homologado** a baja presión, nunca con instalaciones improvisadas.

Reto

Diseñar, simular (y, si hay equipo homologado, montar) un circuito neumático que empuje una caja de 5 kg con un cilindro bien dimensionado, controle su velocidad, se pueda diagnosticar cuando falla y se compare con una alternativa eléctrica, entregando el esquema, los cálculos y la justificación.

Producto final

Circuito neumático funcional o simulado.

Enfoque: Proyecto / análisis / simulación / prototipado

Vinculación curricular

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS MOVILIZADAS (SÍNTESIS)

- **CE2** Aplicar con seguridad técnicas y conocimientos interdisciplinares, analizando el ciclo de vida de los productos, para fabricar soluciones accesibles y sostenibles.
- **CE3** Expresar, comunicar y difundir ideas y soluciones tecnológicas con la terminología y los recursos adecuados, en una dinámica de mejora continua.
- **CE4** Desarrollar soluciones automatizadas e incorporar tecnologías emergentes para diseñar y construir sistemas de control programables y robóticos.

Criterios de evaluación seleccionados (redacción oficial del RD 217/2022)

2.2 Fabricar productos y soluciones tecnológicas, aplicando herramientas de diseño asistido, técnicas de elaboración manual, mecánica y digital y utilizando los materiales y recursos mecánicos, eléctricos, electrónicos y digitales adecuados.

4.1 Diseñar, construir, controlar o simular sistemas automáticos programables y robots que sean capaces de realizar tareas de forma autónoma, aplicando conocimientos de mecánica, electrónica, neumática y componentes de los sistemas de control, así como otros conocimientos interdisciplinares.

3.1 Intercambiar información y fomentar el trabajo en equipo de manera asertiva, empleando las herramientas digitales adecuadas junto con el vocabulario técnico, símbolos y esquemas de sistemas tecnológicos apropiados.

Saberes básicos oficiales seleccionados (transcripción del RD 217/2022)

Código	Saber básico
B3	Neumática básica. Circuitos.
B4	Elementos mecánicos, electrónicos y neumáticos aplicados a la robótica. Montaje físico o simulado.
A10	Presentación y difusión del proyecto. Elementos, técnicas y herramientas. Comunicación efectiva: entonación, expresión, gestión del tiempo, adaptación del discurso y uso de un lenguaje inclusivo, libre de estereotipos sexistas.

Concreción didáctica en esta situación

- Neumática básica (B3): presión, unidades (bar, kPa y N/mm²), presión manométrica y absoluta; fuerza F = p · A; cilindros de simple y doble efecto; válvulas 3/2 y 5/2 y su numeración; reguladores de caudal; lectura y dibujo de circuitos con símbolos normalizados.
- Elementos neumáticos aplicados a la robótica y la automatización (B4): generación, preparación, distribución, mando y actuador; control conceptual con sensores de final de carrera, controlador y electroválvula; secuencia de movimientos; montaje físico o simulado.
- Cálculos de ingeniería sencillos: áreas del émbolo y anular, fuerza útil (rendimiento del 90 %), volumen de aire por ciclo, aire libre con la ley de Boyle, tiempo de carrera con un caudal dado, consumo de aire, energía y coste.
- Diagnóstico y seguridad: fugas, falta de presión, regulación incorrecta y errores de conexión; procedimientos seguros (despresurizar antes de desconectar, no apuntar el aire a personas, presión nominal del equipo).
- Presentación y difusión (A10): explicación del circuito y comparación con una alternativa eléctrica con vocabulario técnico, símbolos y lenguaje inclusivo, y con herramientas digitales de simulación y cálculo.

Objetivos didácticos

- Interpretar la simbología neumática básica (fuente de aire, unidad de mantenimiento, cilindros de simple y doble efecto, válvulas 3/2 y 5/2, reguladores de caudal y escape) y la numeración de las conexiones.
- Distinguir las etapas de generación, distribución, mando y actuador, y relacionar cada elemento del circuito con su función.
- Diseñar un circuito sencillo: calcular fuerza útil, elegir el diámetro del cilindro, estimar el volumen de aire, el tiempo de carrera y la velocidad, y dibujar el esquema.
- Simular una secuencia de movimiento y relacionar la neumática con la automatización mediante un control conceptual con sensores, controlador y electroválvula.
- Diagnosticar fugas y errores simulados, calcular su coste en aire y energía, y comparar la solución neumática con una eléctrica con criterios y una matriz ponderada.

Metodología

Aprendizaje basado en retos

La tarea parte de una necesidad, problema, sistema o decisión técnica con un producto verificable.

Iteración

Se planifica, construye/configura/simula, prueba, registra el fallo y se mejora.

Pensamiento técnico

Las decisiones se justifican mediante requisitos, esquemas, datos, pruebas, criterios de seguridad y limitaciones.

Trabajo cooperativo

Roles rotatorios: coordinación, documentación, material/seguridad, pruebas y comunicación.

Competencia digital

Las herramientas digitales se usan cuando aportan diseño, simulación, programación, documentación o colaboración, no como mero adorno.

Secuencia de sesiones y actividades

Cada sesión genera una **evidencia** que se recoge en la ficha correspondiente del Anexo 3. Los datos, esquemas, especificaciones y ejemplos de trabajo están en el dossier técnico del Anexo 2.

1

SESIÓN 1

Introducción a los componentes: etapas del sistema, presión y unidades

Evidencia: Ficha 1: diagnóstico, clasificación de elementos en generación, distribución, mando y actuador (F2), conversión de unidades y reto con requisitos medibles.

Ficha: Anexo 3 · ficha 1

2

SESIÓN 2

Lectura de esquemas: símbolos, numeración de conexiones y recorrido del aire

Evidencia: Ficha 2: relación de símbolos (F3), numeración de las conexiones, recorrido del aire en el circuito B de F4 y verdadero o falso.

Ficha: Anexo 3 · ficha 2

3

SESIÓN 3

Montaje o simulación de un cilindro de simple y de doble efecto

Evidencia: Ficha 3: áreas y fuerzas con $F = p \cdot A$ (F5), volumen de aire por ciclo, tabla de pruebas del simulador y comparación entre simple y doble efecto.

Ficha: Anexo 3 · ficha 3

4

SESIÓN 4

Diseño para una tarea: elegimos el cilindro y calculamos tiempo y aire

Evidencia: Ficha 4: fuerza necesaria, elección del diámetro con F5 y F6, tiempo de carrera y velocidad, y esquema del empujador.

Ficha: Anexo 3 · ficha 4

5

SESIÓN 5

Integración con control conceptual: sensores, controlador y electroválvula

Evidencia: Ficha 5: papel de cada elemento, pseudocódigo de la secuencia y consumo de aire y energía de un turno.

Ficha: Anexo 3 · ficha 5

6

SESIÓN 6

Diagnóstico de fugas y errores simulados

Evidencia: Ficha 6: diagnóstico de cuatro averías por bloques, coste de una fuga y lista de seguridad antes de desconectar.

Ficha: Anexo 3 · ficha 6

7

SESIÓN 7

Presentación y comparación con una alternativa eléctrica; evidencia individual con una prensa de etiquetas

Evidencia: Producto final (Anexo 4) y Ficha 7: mando bimanual didáctico (lógica AND), dimensionado de un cilindro y comparación con una solución eléctrica.

Ficha: Anexo 3 · ficha 7

Evaluación

La evaluación combina evidencia del proceso, producto o configuración final, documentación técnica, pruebas/validación, trabajo seguro y una tarea individual de transferencia. El acabado visual no sustituye la funcionalidad, el razonamiento ni la trazabilidad de las decisiones.

Criterios, evidencias e instrumentos

Criterio	Evidencia principal	Instrumento
2.2	Fabricación o simulación del circuito neumático con los recursos adecuados: elección razonada del cilindro y de la válvula, cálculos de fuerza, aire y tiempo, y selección de la solución frente a una alternativa eléctrica.	Fichas 3 y 4 y plantilla (Anexo 4) / lista de cotejo y rúbrica
4.1	Diseño, simulación y control conceptual de un sistema automático neumático: esquema normalizado, secuencia con sensores, controlador y electroválvula, y comunicación técnica de los cálculos.	Fichas 2, 5 y 7 y esquema del equipo / observación sistemática, lista de cotejo y rúbrica
3.1	Intercambio de información técnica en equipo con símbolos, esquemas y vocabulario correctos (presión, fuerza útil, caudal, escape), seguridad en el trabajo con aire a presión y presentación con feedback asertivo.	Fichas 1 y 6 y presentación / lista de cotejo y rúbrica

Rúbrica del producto final

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial
Necesidad y diseño	Define requisitos con cifras (carga, carrera, tiempo de ciclo, presión), calcula la fuerza útil, elige el cilindro entre varias opciones y compara la solución neumática con una eléctrica con una matriz y un requisito eliminatorio.	Define los requisitos principales, dimensiona el cilindro con cálculos y justifica la elección con suficiente claridad.	Los requisitos son imprecisos, faltan cálculos o la elección del cilindro no se justifica.	No relaciona el circuito con la tarea de empujar la caja.

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial
Funcionamiento / evidencia	El circuito o su simulación funciona (avance, retroceso y velocidad controlada); las pruebas se comparan con los cálculos, se diagnostican fallos con medidas y se interpretan los márgenes de fuerza y de tiempo.	El circuito o su simulación cumple la función principal y hay pruebas comparadas con los valores esperados.	Funciona solo en parte o las pruebas son incompletas.	No hay circuito ni simulación comprobables.
Documentación técnica	Esquema con símbolos y numeración normalizados, lista de componentes, secuencia y cálculos con unidades y vocabulario correctos; otro equipo podría montar el circuito solo con el dossier.	Esquema y cálculos suficientes, con algún símbolo, unidad o número de conexión sin indicar.	Faltan elementos del esquema o hay errores en los cálculos que impiden reproducir el circuito.	Documentación insuficiente para entender el circuito.
Seguridad, ética y sostenibilidad	Respeta la presión nominal y el procedimiento seguro (despresurizar, gafas, no apuntar el aire), calcula el aire y la energía consumidos, el coste de una fuga y propone reducir pérdidas.	Cumple las normas de seguridad y considera el consumo de aire o de energía con algún dato.	Necesita recordatorios de seguridad o no considera el consumo ni las fugas.	Incumple normas de seguridad (presión, desconexión con aire, recipientes improvisados).
Iteración y cooperación	Diagnostica y corrige errores del circuito con ayuda de las medidas, repite las pruebas, los roles rotan y el equipo da feedback asertivo y concreto a otros equipos.	Corrige al menos un fallo con ayuda de las medidas y coopera adecuadamente.	La corrección es superficial o la cooperación es irregular.	No revisa el circuito tras un fallo o dificulta el trabajo del equipo.

Recursos y seguridad

Recursos y materiales

- Por equipo (4-5 personas): ordenador con un simulador de circuitos neumáticos (o el del centro), hoja de cálculo, calculadora científica y plantillas del Anexo 3 y del Anexo 4.
- Equipo didáctico homologado y supervisado, si el centro lo tiene: compresor didáctico o red de aire a baja presión (regulada a 4 bar como máximo), unidad de mantenimiento con manómetro, cilindros de simple y doble efecto, válvulas 3/2 y 5/2, reguladores de caudal, tubo flexible y racores de conexión rápida. Lo conecta y regula el docente.
- Opcional sin compresor: maqueta con jeringuillas sin aguja y tubo flexible (aire empujado a mano, a presión muy baja) para entender la transmisión del movimiento.

Seguridad, privacidad y uso responsable

Solo se usan equipos didácticos homologados, dentro de su presión nominal (regulada a 4 bar como máximo en este cuaderno) y con el docente presente, o bien un simulador. Nunca se improvisan recipientes presurizados, ni se usan botellas, globos o depósitos caseros, ni se modifican compresores. El compresor lo opera solo el docente. Se usan gafas de protección, no se apunta el aire ni los tubos hacia personas, no se desconecta ningún tubo ni racor con presión (se despresuriza antes), se comprueba que los tubos están bien sujetos y el vástago del cilindro no se toca ni se frena con las manos durante el movimiento. Ante una fuga fuerte, un tubo suelto o un ruido anormal, se cierra el aire y se avisa al docente.

Interdisciplinariedad: Física y Química (presión, fuerza, volumen, ley de Boyle, potencia y energía) y Matemáticas (áreas, volúmenes, proporcionalidad y gráficas).

Atención a la diversidad (DUA), refuerzo y ampliación

Representación

Modelos, esquemas, fotografías, simulaciones, tutoriales breves, ejemplos resueltos y vocabulario técnico visual.

Acción y expresión

Memoria, maqueta, prototipo, simulación, código, plano o presentación cuando sea compatible con el criterio evaluado.

Implicación

Retos cercanos, elección acotada, roles de equipo y pruebas con propósito realista.

Apoyo / refuerzo

Anexo 8

Circuito con componentes ya dados.

Ampliación

Anexo 9

Diseñar secuencia con dos actuadores mediante simulación.

ANEXO 1

Lanzamiento del reto

SdA 5 · Aire que mueve máquinas

ALUMNADO

Una caja de 5 kg llega al final de la cinta de la maqueta de la feria de ciencias. Un empujador debe sacarla de un golpe limpio, volver atrás y repetirlo cada 5 segundos sin fallar. En una fábrica real lo haría el aire comprimido: un cilindro, una válvula y unos tubos. Vosotras y vosotros diseñaréis ese circuito: leeréis los símbolos, calcularéis la fuerza que necesita la caja y el aire que gasta cada movimiento, elegiréis el cilindro, añadiréis un control con sensores y diagnosticaréis fugas y errores. Al final compararéis la solución con una eléctrica, porque la mejor tecnología depende de lo que se necesita.

> *¿Cómo puede la presión del aire controlar movimiento de forma repetible?*

Vuestro reto

Diseñar, simular (y, si hay equipo homologado, montar) un circuito neumático que empuje una caja de 5 kg con un cilindro bien dimensionado, controle su velocidad, se pueda diagnosticar cuando falla y se compare con una alternativa eléctrica, entregando el esquema, los cálculos y la justificación.

Lo que vais a producir

Circuito neumático funcional o simulado.

Seguridad. Solo se usan equipos didácticos homologados, dentro de su presión nominal (regulada a 4 bar como máximo en este cuaderno) y con el docente presente, o bien un simulador.

Hoja de ruta · 7 sesiones

1. Conocemos las etapas del sistema neumático y las unidades de presión.
2. Leemos esquemas: símbolos, numeración y recorrido del aire.
3. Calculamos fuerzas y volúmenes de cilindros de simple y doble efecto.
4. Diseñamos el empujador: cilindro, tiempo y consumo de aire.
5. Añadimos un control conceptual con sensores y una electroválvula.
6. Diagnosticamos fugas y errores simulados.
7. Presentamos, comparamos con una solución eléctrica y resolvemos, cada persona, un caso nuevo.

Al terminar seré capaz de…

- Interpretar la simbología neumática básica (fuente de aire, unidad de mantenimiento, cilindros de simple y doble efecto, válvulas 3/2 y 5/2, reguladores de caudal y escape) y la numeración de las conexiones.
- Distinguir las etapas de generación, distribución, mando y actuador, y relacionar cada elemento del circuito con su función.
- Diseñar un circuito sencillo: calcular fuerza útil, elegir el diámetro del cilindro, estimar el volumen de aire, el tiempo de carrera y la velocidad, y dibujar el esquema.
- Simular una secuencia de movimiento y relacionar la neumática con la automatización mediante un control conceptual con sensores, controlador y electroválvula.
- Diagnosticar fugas y errores simulados, calcular su coste en aire y energía, y comparar la solución neumática con una eléctrica con criterios y una matriz ponderada.

¿Cómo me evaluarán?

Con la rúbrica del producto final (Anexo 6), la lista de cotejo (Anexo 5) y una reflexión personal (Anexo 7). ¡Revisadlas antes de empezar!

ANEXO 2

Dossier técnico

SdA 5 · Aire que mueve máquinas

ALUMNADO

Todo lo necesario para diseñar un circuito neumático sin buscar datos fuera: el encargo y los datos reales y didácticos, las etapas de un sistema neumático con su control, la hoja de símbolos normalizados, dos circuitos de referencia, la tabla de cilindros y sus fuerzas, la gráfica de fuerza frente a presión, un caso resuelto con todos los cálculos, la comparación con una solución eléctrica, el protocolo de simulación y montaje seguro y un glosario.

F1 El encargo: un empujador de cajas para la maqueta de la feria

ESTUDIO DE CASO

Encargo. El Aula de Automatización del IES Río Claro necesita un **empujador neumático** para una maqueta de línea de empaquetado. Una cinta lleva cajas de **5 kg**; cuando una llega a la salida, el empujador la desplaza **100 mm** hacia un contenedor y vuelve, una caja cada **5 s**. Las cajas deslizan sobre una chapa con un coeficiente de rozamiento de **0,4**.

Requisitos.

- R1: empujar la caja con una fuerza útil de al menos **el doble** de la necesaria (factor de seguridad de 2).
- R2: carrera de **100 mm**, con avance y retroceso controlados en velocidad.
- R3: tiempo de ciclo (avance y retroceso) de **3 s o menos**.
- R4: presión de trabajo del equipo didáctico de **4 bar** como máximo.
- R5: solo equipo didáctico homologado y supervisado, o simulador.
- R6: el circuito debe poder diagnosticarse con el manómetro y la inspección visual.
- R7: comparar la solución con una alternativa eléctrica antes de decidir.

Datos (reales y didácticos).

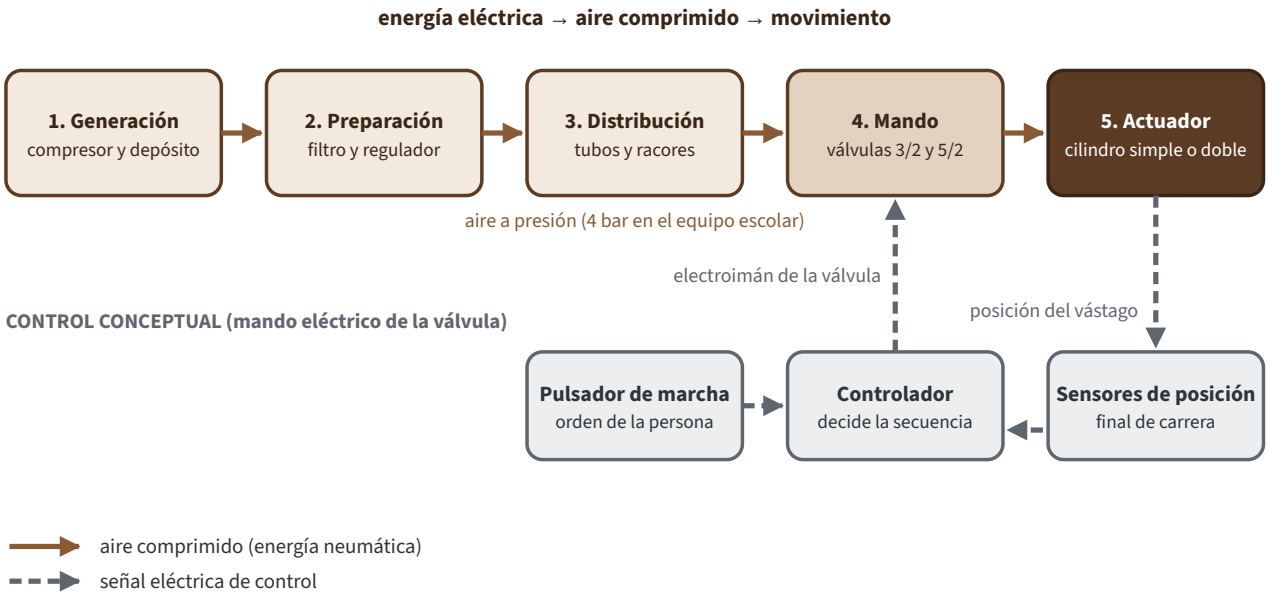
- **Presión:** 1 bar = 100 kPa = 0,1 MPa = 0,1 N/mm^2. Un manómetro marca la presión **manométrica** (respecto de la atmosférica); la presión absoluta es la manométrica más 1,013 bar.
- **Cilindros pequeños (ISO 6432):** diámetros de 8, 10, 12, 16, 20 y 25 mm, hasta 10 bar. Los vástagos y los muelles de este cuaderno son valores típicos didácticos.
- **Energía del aire:** unos 0,11 kWh por m^3 de aire en condiciones normales (valor medio del rango real de 0,1 a 0,12 kWh/m^3).
- **Electricidad:** 0,27 €/kWh (precio medio doméstico en España, primer semestre de 2026, según Eurostat).

Fuente: Encargo, centro y personas ficticios. Datos reales (Beko Technologies, hoja de datos sobre el coste del aire comprimido): las estaciones de compresores se dimensionan a 7 bar y consumen unos 0,1 a 0,12 kWh por m^3 de aire en condiciones normales, con un coste de entre 1,5 y 2 céntimos por m^3 en instalaciones eficientes. Los cilindros de la norma ISO 6432 tienen diámetros de 8 a 25 mm y una presión máxima de 10 bar. Los demás valores (4 bar, 90 % de rendimiento, caudal, muelle y datos eléctricos) son didácticos.

¿Por qué se pide una fuerza útil el doble que la necesaria? ¿Qué ocurriría si el empujador fuera mucho más fuerte de lo necesario?

F2 Etapas de un sistema neumático y su control conceptual

ESQUEMA



Generación y preparación se hacen en la red de aire; el diseño del circuito empieza en el mando.

Lectura del esquema. Un sistema neumático tiene cinco etapas: **generación** (el compresor comprime el aire), **preparación** (filtro y regulador de presión), **distribución** (tubos y racores), **mando** (las válvulas deciden hacia dónde va el aire) y **actuador** (el cilindro convierte el aire en movimiento). Con un **control conceptual**, un controlador recibe la orden y las señales de los sensores de posición y activa el electroimán de la válvula.

Fuente: Esquema de elaboración propia. Los sistemas reales pueden tener más elementos (depósito, secador, silenciadores); aquí se muestran los esenciales.

F3 Hoja de símbolos neumáticos normalizados

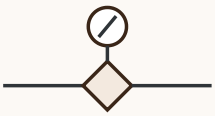
ESQUEMA

Fuente de aire a presión



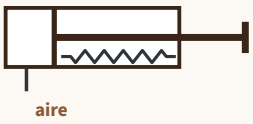
compresor y depósito
(generación)

Unidad de mantenimiento



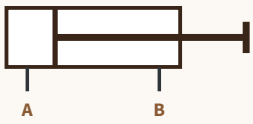
filtro y regulador con manómetro
(símbolo simplificado)

Cilindro de simple efecto



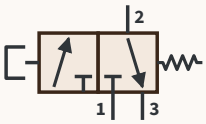
retorno por muelle
una sola conexión de aire

Cilindro de doble efecto



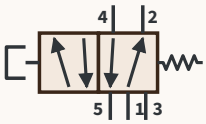
avanza y retrocede con aire
dos conexiones de aire

Válvula 3/2 con pulsador



3 vías y 2 posiciones
muelle de retorno

Válvula 5/2 con pulsador



5 vías y 2 posiciones
para cilindros de doble efecto

Regulador de caudal



unidireccional: frena el aire
solo en un sentido

Escape libre



el aire sale a la atmósfera
sin conexión de tubo

Conexiones: 1 alimentación; 2 y 4 trabajo (hacia el cilindro); 3 y 5 escape. Posición de reposo = cuadrado donde se dibujan las conexiones.

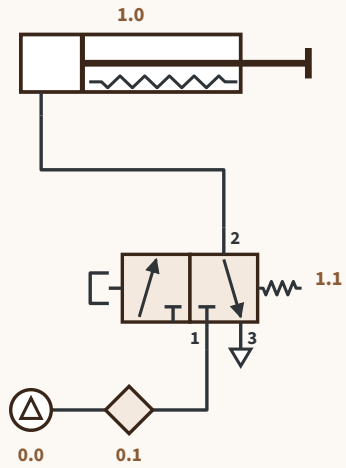
Cómo se lee una válvula. Cada **cuadrado** es una posición. Las conexiones de tubo se dibujan en el cuadrado de **reposo** (el de la derecha, con el muelle); el otro cuadrado muestra qué ocurre cuando se **acciona**. Una flecha indica el camino del aire y una «T», una conexión cerrada. El nombre «3/2» significa 3 conexiones y 2 posiciones; «5/2», 5 conexiones y 2 posiciones.

Fuente: Símbolos dibujados de forma simplificada según el criterio de la norma ISO 1219 (símbolos gráficos de la transmisión de fluidos) y la numeración de conexiones habitual de las válvulas (1 alimentación, 2 y 4 trabajo, 3 y 5 escape). Consultad la norma o el catálogo del equipo para los símbolos completos.

F4 Dos circuitos de referencia: simple efecto y doble efecto

ESQUEMA

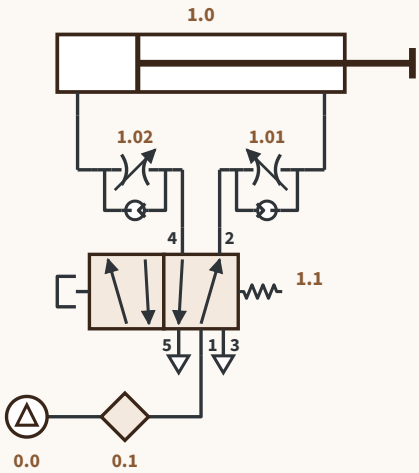
A. Cilindro de simple efecto con válvula 3/2



Reposo: el muelle mantiene el cilindro retraído (el aire del cilindro sale por 2 → 3).

Al pulsar (1 → 2): el aire empuja y el cilindro avanza.

B. Cilindro de doble efecto con válvula 5/2



Reposo (1 → 2 y 4 → 5): aire en el lado del vástago y cilindro retraído. Al pulsar (1 → 4 y 2 → 3): aire en la tapa y el cilindro avanza. 1.01 y 1.02 frenan el aire de escape y así controlan la velocidad.

Circuito B, el empujador. En reposo, la válvula 5/2 envía el aire (1 → 2) al lado del vástago, y el cilindro permanece retraído; la tapa descarga por 4 → 5. Al pulsar, el aire va a la tapa (1 → 4) y el vástago avanza empujando la caja; el lado del vástago descarga por 2 → 3. Los reguladores 1.01 y 1.02 **frenan el aire que sale** y así controlan la velocidad en cada sentido.

Fuente: Circuitos de elaboración propia con numeración habitual de elementos (0.0 fuente, 0.1 unidad de mantenimiento, 1.0 actuador, 1.1 válvula de mando, 1.01 y 1.02 reguladores de caudal). Las presiones y el funcionamiento de los reguladores son didácticos.

F5 Cilindros pequeños: áreas y fuerzas a 4 bar

DATOS

Ø émbolo (mm)	Ø vástago (mm)	Área del émbolo (mm²)	Fuerza teórica de avance (N)	Fuerza útil de avance (N)	Fuerza útil de retroceso (N)
8	4	50,3	20,1	18,1	13,6
10	4	78,5	31,4	28,3	23,8
12	6	113,1	45,2	40,7	30,5
16	6	201,1	80,4	72,4	62,2
20	8	314,2	125,7	113,1	95,0
25	10	490,9	196,3	176,7	148,4
32	12	804,2	321,7	289,5	248,8

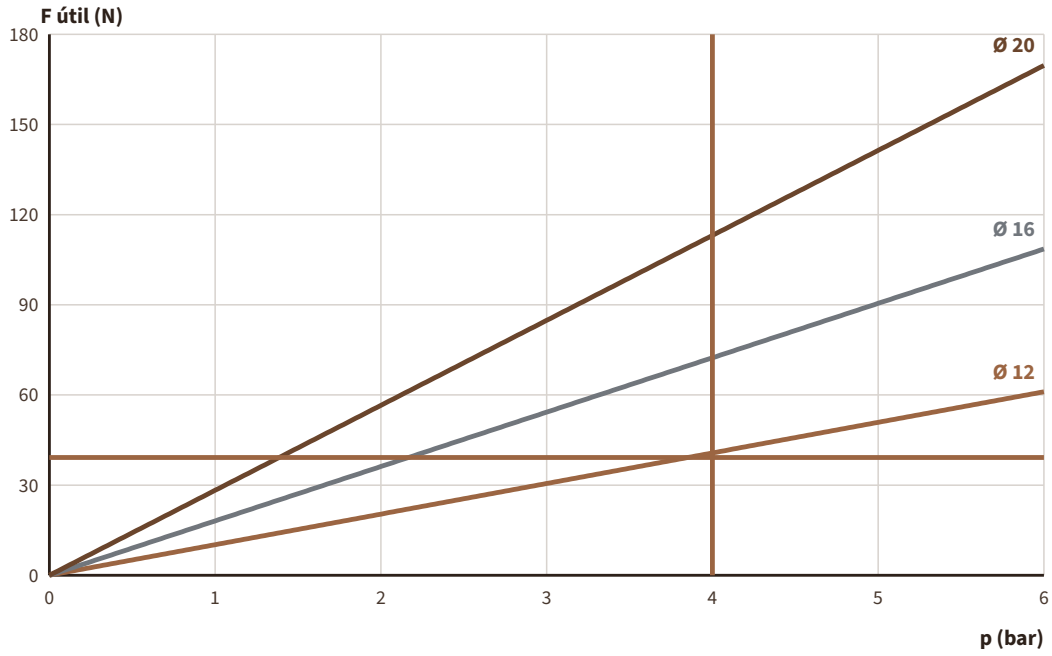
Fórmulas.

- Área del émbolo: $A = \pi \cdot D^2 / 4$; área anular (lado del vástago): $A' = \pi \cdot (D^2 - d^2) / 4$.
- Fuerza teórica: $F = p \cdot A$, con p en N/mm^2 (1 bar = 0,1 N/mm^2) y A en mm^2; fuerza útil = 0,9 · F.
- Volumen de una carrera: $V = A \cdot$ carrera (en el avance) o $A' \cdot$ carrera (en el retroceso).
- Aire libre (en condiciones normales): $V_{libre} = V \cdot (p + 1{,}013) / 1{,}013$ (ley de Boyle, con p manométrica en bar). A 4 bar, el factor es 4,95.
- Tiempo de carrera: $t = V_{libre} / Q$, con Q el caudal de aire libre que llega al cilindro.

Fuente: Tabla calculada con $F = p \cdot A$, p = 4 bar = 0,4 N/mm^2 y un rendimiento del 90 % (fuerza útil = 0,9 · fuerza teórica; valor orientativo). Diámetros de émbolo normalizados de 8 a 25 mm (ISO 6432) y 32 mm de una serie mayor; los diámetros de vástago son típicos didácticos.

F6 Fuerza útil de avance según la presión

GRÁFICO



Fuente: Rectas calculadas con F útil = 0,9 · p · A (A del émbolo, p en N/mm^2) para tres diámetros. La recta horizontal marca la fuerza necesaria para empujar la caja con factor de seguridad de 2 (39,2 N) y la vertical, la presión de trabajo de 4 bar.

¿Qué cilindros superan 39,2 N a 4 bar? ¿A qué presión mínima lo logra el de Ø 12? ¿Qué pasa con el de Ø 16 si la presión cae a 2 bar?

F7 Caso resuelto: el empujador paso a paso

ESTUDIO DE CASO

1. **Fuerza necesaria.** F = m · g · μ = 5 · 9,8 · 0,4 = **19,6 N**. Con factor de seguridad de 2: **39,2 N**.
2. **Cilindro.** A 4 bar, el de Ø 12 da 40,7 N útiles (cumple por muy poco) y el de Ø 16, **72,4 N** (factor 3,7). Se elige el **Ø 16** con vástago de 6 mm y carrera de 100 mm, porque deja margen si la presión baja o la caja roza más.
3. **Presión.** 4 bar = 0,4 N/mm^2. Con el regulador a 2 bar, el Ø 16 da solo 0,9 · 0,2 · 201,06 = 36,2 N, menor que 39,2 N: la caja no se movería con seguridad.
4. **Volumen de aire.** Avance: 201,06 · 100 = 20 106 mm^3 = **20,1 cm³**. Retroceso: (201,06 − 28,27) · 100 = 17 279 mm^3 = **17,3 cm³**. Con el factor de Boyle (5,013 / 1,013 = 4,95): 99,5 cm^3 en el avance y 85,5 cm^3 en el retroceso, es decir, **185,0 cm³ de aire libre por ciclo**.
5. **Tiempo.** Con Q = 5 L/min = 83,3 cm^3/s: avance 99,5 / 83,3 = **1,19 s** (velocidad media 100 / 1,19 = 84 mm/s); retroceso 85,5 / 83,3 = **1,03 s**. Ciclo: **2,22 s**, menor que 3 s (R3).
6. **Aire y energía de un turno.** Una caja cada 5 s son 12 ciclos/min: 12 · 185,0 = 2,22 L/min de aire libre. En 8 h: 2,22 · 60 · 8 = 1 066 L = **1,07 m³**. Con 0,11 kWh/m^3: **0,117 kWh**, que a 0,27 €/kWh son **0,032 €**.
7. **Una fuga.** Una fuga de 2 L/min durante 8 h pierde 0,96 m^3: **el 90 % de lo que gasta la propia máquina**. Se detecta por el silbido, por la caída del manómetro o con agua jabonosa en el equipo.
8. **Alternativa eléctrica.** Un actuador lineal de 12 V, 0,5 A y 20 mm/s tarda 100 / 20 = 5 s en avanzar y 5 s en retroceder: ciclo de **10 s**, que **no cumple R3**. Energía eléctrica por ciclo: 12 · 0,5 · 10 = 60 J. En la neumática, la energía de compresión por ciclo es 185,0 cm^3 · 0,11 kWh/m^3 = 73 J.
9. **Matriz ponderada** (pesos: tiempo de ciclo ×3, energía por ciclo ×2, coste de instalación ×2, ruido y mantenimiento ×1, seguridad y limpieza ×2; máximo 50): neumático = 5·3 + 3·2 + 2·2 + 2·1 + 4·2 = **35**; eléctrico = 2·3 + 4·2 + 5·2 + 4·1 + 5·2 = **38**. El eléctrico gana en la matriz, pero **no cumple el requisito R3**, que es eliminatorio: se elige la **solución neumática**.

Fuente: Cálculos de elaboración propia con los datos de F1, F5 y F6 (valores didácticos de rendimiento, caudal, energía y datos eléctricos). Se desprecian las pérdidas en los tubos y el tiempo de conmutación de las válvulas.

¿Por qué el requisito R3 se aplica antes de la matriz? ¿Cambiaría la decisión si la cinta pidiera una caja cada 30 s y un ciclo de 12 s?

F8 Comparación entre un actuador neumático y uno eléctrico

DATOS

Criterio	Cilindro neumático	Actuador eléctrico lineal (12 V)
Velocidad y tiempo de ciclo	Rápido: ciclo de 2,22 s en el caso F7	Más lento: ciclo de 10 s con 20 mm/s
Fuerza	Fácil de regular con la presión; se calcula con F = p · A	Depende del motor y del husillo; difícil de regular sin electrónica
Energía por ciclo (caso F7)	Unos 73 J (compresión del aire)	Unos 60 J (12 V, 0,5 A, 10 s)
Instalación	Necesita compresor, tubos, válvulas y mantenimiento del aire	Solo cable y fuente de alimentación
Ruido y mantenimiento	Ruido de escape y riesgo de fugas	Silencioso; desgaste del motor y de los engranajes
Seguridad y limpieza	Aire a presión: riesgo si se desconecta con presión; sin chispas	Baja tensión: riesgo bajo; calentamiento del motor
Control de la posición	Solo dos posiciones sin elementos adicionales	Posición intermedia posible con el control adecuado

Dato clave. La mejor solución depende del requisito: para ciclos rápidos y dos posiciones, la neumática; para movimientos lentos y posiciones intermedias, la eléctrica. Un requisito no cumplido (como el ciclo máximo de 3 s) descarta una opción aunque puntúe mejor en otros criterios.

Fuente: Tabla de elaboración propia con características generales y los valores didácticos del caso F7 (actuador eléctrico lineal de 12 V, 0,5 A y 20 mm/s). No sustituye a las fichas técnicas de los fabricantes.

F9 Protocolo: simular y montar un circuito neumático de forma segura

PROTOCOLO

Material y herramientas: esquema del circuito (F4), simulador neumático o equipo didáctico homologado (unidad de mantenimiento con manómetro, cilindros, válvulas, reguladores y tubo flexible), gafas de protección y hoja de registro.

Equipo de protección y riesgos: riesgo de proyección de un tubo suelto, de golpes del vástago, de ruido y de pillarse los dedos con el cilindro. Usa **gafas de protección**, no apuntes tubos ni aire hacia personas, mantén las manos fuera de la zona de movimiento, trabaja solo con la presión que fije el docente (máximo 4 bar) y **no desconectes nunca un tubo con presión**. No se improvisan depósitos ni recipientes presurizados.

Procedimiento:

1. **Simula** el circuito: comprueba la secuencia (reposo, avance y retroceso) y anota el resultado.
2. Con la presión **cerrada**, monta el circuito siguiendo el esquema: alimentación (0.1) a la conexión 1, conexiones 2 y 4 a las cámaras del cilindro y los escapes libres. Revisa cada racor.
3. El docente abre el aire y regula a **4 bar**. Comprueba en el manómetro la presión y observa que no hay fugas (silbidos o caída).
4. Pulsa la válvula y observa el avance y el retroceso. Ajusta **poco a poco** los reguladores 1.01 y 1.02 hasta lograr la velocidad deseada.
5. Mide con un cronómetro el tiempo de avance y de retroceso, y compara con los valores calculados.
6. Para **desmontar**, pide al docente que **cierre el aire y despresurice** el circuito (el manómetro debe marcar 0). Solo entonces desconecta los tubos.

Cierre y residuos: ordena los tubos, racores y componentes en su caja; no dejes tubos tirados. Comunica al docente cualquier racor o tubo dañado.

Resultado esperable: hoja con el esquema, el tiempo de avance y de retroceso, la comparación con los cálculos, los fallos encontrados y su causa.

Fuente: Protocolo de elaboración propia. Las normas del centro, el manual del equipo y las indicaciones del docente prevalecen. El alumnado no opera el compresor.

F10 Glosario de neumática

GLOSARIO

Presión	Fuerza por unidad de superficie; en neumática se mide en bar (1 bar = 100 kPa = 0,1 N/mm^2).
Presión manométrica	Presión medida respecto de la atmosférica; es la que marca el manómetro.
Compresor	Máquina que comprime el aire y lo almacena en un depósito.
Unidad de mantenimiento	Conjunto de filtro, regulador de presión y manómetro que prepara el aire.
Cilindro de simple efecto	Actuador con una sola conexión de aire; el retorno lo hace un muelle.
Cilindro de doble efecto	Actuador con dos conexiones; el aire mueve el émbolo en los dos sentidos.
Válvula 3/2	Válvula de 3 conexiones y 2 posiciones; gobierna un cilindro de simple efecto.
Válvula 5/2	Válvula de 5 conexiones y 2 posiciones; gobierna un cilindro de doble efecto.
Regulador de caudal unidireccional	Elemento que frena el aire en un sentido y lo deja pasar libre en el otro; controla la velocidad.
Escape	Salida del aire a la atmósfera cuando una cámara se vacía.
Fuerza útil	Fuerza que realmente da el cilindro tras las pérdidas por rozamiento (aquí, el 90 % de la teórica).
Fin de carrera	Sensor que indica que el vástago ha llegado al final de su recorrido.

Fuente: Glosario de elaboración propia.

ANEXO 3

Fichas del alumnado

SdA 5 · Aire que mueve máquinas

ALUMNADO

FICHA 1 Introducción a los componentes

SESIÓN 1

Nombre: _____ **Curso/grupo:** _____ **Fecha:** _____

Primero, el diagnóstico individual. Después, en equipo, usa el encargo (F1) y las etapas del sistema (F2).

1 **Diagnóstico. Marca la respuesta correcta.**

El compresor pertenece a la etapa de…

◯ generación ◯ mando ◯ actuador

1 bar equivale a…

◯ 10 kPa ◯ 100 kPa ◯ 1 000 kPa

La presión que marca un manómetro se mide respecto de…

◯ la presión del compresor ◯ el vacío absoluto ◯ la presión atmosférica

El elemento que convierte la energía del aire en movimiento lineal es…

◯ la válvula 5/2 ◯ el regulador de presión ◯ el cilindro

2 **Clasifica cada elemento en una etapa del sistema: generación, distribución, mando o actuador.**

Elemento	Etapa
Compresor	
Depósito de aire	
Tubo flexible y racores	
Válvula 5/2	
Cilindro de doble efecto	
Regulador de presión (unidad de mantenimiento)	

3 **Unidades de presión. Convierte (1 bar = 100 kPa = 0,1 MPa = 0,1 N/mm²).**

Valor	kPa	MPa	N/mm²
4 bar			
6 bar			
2,5 bar			

4 **Escribid el reto del equipo y tres requisitos medibles del empujador (con cifra, unidad y cómo se comprobará), usando F1.**

N.º	Requisito con cifra y unidad	Cómo se comprueba
1		
2		
3		

FICHA 2 Lectura de esquemas

SESIÓN 2

Usa la hoja de símbolos (F3) y los circuitos de referencia (F4).

1 **Relaciona cada símbolo con su nombre y su función.**

1	Cilindro de simple efecto	a	Frena el aire solo en un sentido
2	Cilindro de doble efecto	b	Dos conexiones de aire; mueve el émbolo en ambos sentidos
3	Válvula 3/2 con pulsador y muelle	c	Gobierna un cilindro de doble efecto
4	Válvula 5/2 con pulsador y muelle	d	Una conexión de aire y retorno por muelle
5	Regulador de caudal unidireccional	e	Gobierna un cilindro de simple efecto

2 **Numeración de las conexiones de una válvula. Escribe la función de cada una.**

Conexión	Función
1	
2 y 4	
3 y 5	

3 **Circuito B de F4. Completa para cada estado de la válvula las conexiones abiertas, dónde está el aire a presión y el movimiento.**

Estado	Conexiones abiertas	Aire a presión en…	Movimiento del cilindro
Sin pulsar			
Pulsado			

4 **Verdadero o falso.**

	V	F
En el circuito A, al soltar el pulsador el aire del cilindro sale por el escape 3.	☐	☐
En una válvula 5/2, la conexión 1 es un escape.	☐	☐
Un cilindro de simple efecto necesita dos tubos de aire.	☐	☐
Un regulador de caudal unidireccional frena el aire en un sentido y lo deja pasar libre en el otro.	☐	☐
Las conexiones de tubo de una válvula se dibujan en el cuadrado de reposo.	☐	☐

FICHA 3 Cilindros de simple y de doble efecto

SESIÓN 3

Usa las fórmulas y la tabla de cilindros (F5) y el caso resuelto (F7). Cilindro de Ø 16 mm, vástago de Ø 6 mm, carrera de 100 mm y 4 bar (0,4 N/mm²).

1 **Áreas y fuerzas. Completa los cálculos (rendimiento del 90 %).**

Magnitud	Cálculo	Resultado
Área del émbolo $A = \pi \cdot D^2 / 4$ (mm²)		
Fuerza teórica de avance $F = p \cdot A$ (N)		
Fuerza útil de avance (90 %) (N)		
Área anular $A' = \pi \cdot (D^2 - d^2) / 4$ (mm²)		
Fuerza útil de retroceso (90 %) (N)		
Fuerza útil de avance de un simple efecto con muelle de 8 N (N)		

2 **Aire por ciclo del doble efecto. Calcula el volumen de avance y de retroceso (cm³) y el aire libre por ciclo con el factor 4,95.**

3 **Prueba en el simulador (circuito B de F4). Anota lo que esperas y lo que obtienes.**

Prueba	Resultado esperado	Resultado en el simulador
Sin pulsar		
Pulsar y mantener		
Soltar el pulsador		
Manómetro con el cilindro en el tope		

4 **Compara el cilindro de simple efecto y el de doble efecto: tubos, fuerza de retroceso y usos.**

FICHA 4 Diseño del empujador

SESIÓN 4

Usa F1, F5, F6 y el caso resuelto (F7). La caja pesa 5 kg y el coeficiente de rozamiento es 0,4 ($g = 9{,}8\ m/s^2$).

1 **Fuerza necesaria y elección. Calcula la fuerza necesaria ($m \cdot g \cdot \mu$) y la requerida con factor de seguridad de 2, y completa la tabla a 4 bar.**

Ø (mm)	A (mm^2)	F útil a 4 bar (N)	¿Supera 39,2 N? (sí/no)
8			
10			
12			
16			
20			

2 **Elige el cilindro y justifica por qué no eliges el más pequeño que cumple.**

3 **Tiempo y velocidad. Con Q = 5 L/min de aire libre, calcula el tiempo de avance, el de retroceso, el ciclo y la velocidad media de avance (usa el aire libre de la ficha 3). ¿Cumple 3 s o menos?**

4 **Dibuja el esquema del empujador (circuito B de F4) con la numeración de los elementos y las conexiones.**

FICHA 5 Control conceptual: sensores y electroválvula

SESIÓN 5

Usa el esquema de etapas y control (F2) y el caso resuelto (F7). Una caja cada 5 s; ciclo de 2,22 s.

1 **Papel de cada elemento del control. Completa la función y si es entrada, proceso o salida.**

Elemento	Función	Entrada, proceso o salida
Pulsador de marcha		
Sensor de final de carrera (cilindro avanzado)		
Sensor de final de carrera (cilindro retraído)		
Controlador		
Electroválvula 5/2 con muelle		

2 **Completa el pseudocódigo de la secuencia (al desactivar la electroválvula, el muelle devuelve la válvula a reposo).**

PSEUDOCÓDIGO

```
repetir siempre
  esperar hasta que MARCHA = 1
  activar ELECTROVALVULA          // el cilindro avanza
  esperar hasta que FC_AVANZADO = ___
  desactivar ELECTROVALVULA       // el cilindro ___
  esperar hasta que FC_RETRAIDO = ___
fin repetir
```

3 **Consumo de un turno de 8 h con una caja cada 5 s (185,0 cm^3 de aire libre por ciclo, 0,11 kWh/m^3 y 0,27 €/kWh).**

Magnitud	Cálculo	Resultado
Porcentaje del tiempo en movimiento (%)		
Ciclos por hora		
Aire libre por hora (L)		
Aire libre en un turno de 8 h (m^3)		
Energía eléctrica del turno (kWh)		
Coste del turno (€)		

FICHA 6 Diagnóstico de fugas y errores

SESIÓN 6

Usa el esquema (F4), el protocolo (F9) y el caso resuelto (F7). Diagnostica por etapas: generación, distribución, mando y actuador.

1 **Averías simuladas. Indica la etapa con el fallo, la causa probable y qué harías.**

Síntoma y medidas	Etapa con el fallo	Causa probable	Qué harías
1) El cilindro no se mueve al pulsar. El manómetro marca 0 bar.			
2) El cilindro avanza muy despacio y se oye un silbido. El manómetro baja de 4 a 3,2 bar al pulsar.			
3) El cilindro avanza bien pero retrocede muy despacio (más de 10 s).			
4) El cilindro no empuja la caja. El manómetro marca 2 bar.			

2 **Avería 4. Calcula la fuerza útil del cilindro de Ø 16 a 2 bar y compárala con los 39,2 N necesarios.**

3 **Coste de una fuga. Una fuga de 2 L/min de aire libre dura 8 h. Calcula el aire perdido (m^3), la energía (0,11 kWh/m^3) y el coste (0,27 €/kWh), y compara con el consumo de la máquina (1,07 m^3).**

4 **Antes de desconectar un tubo. Marca lo que debes comprobar.**

- [ ] El docente ha cerrado el aire.
- [ ] El manómetro marca 0 bar.
- [ ] Llevo las gafas de protección.
- [ ] Tengo las manos fuera de la zona de movimiento del cilindro.
- [ ] Los tubos no apuntan hacia ninguna persona.

FICHA 7 Evidencia individual: la prensa de etiquetas

SESIÓN 7

Trabajo individual. Una prensa de etiquetas usa un cilindro de doble efecto de Ø 25 mm (vástago de 10 mm) que debe ejercer **120 N** con un factor de seguridad de 1,5. La presión del equipo es de 4 bar.

1 **Fuerza. Calcula la fuerza útil de avance a 4 bar (rendimiento del 90 %) y la presión mínima necesaria para 180 N. ¿Basta el cilindro de Ø 25 a 4 bar? Si no, ¿qué cambiarías?**

2 **Mando bimanual didáctico (lógica AND).** Las dos válvulas 3/2 en serie permiten representar que hacen falta dos señales para avanzar. Este montaje escolar no constituye un dispositivo de seguridad industrial; un mando bimanual real incorpora simultaneidad y medidas contra el accionamiento indebido. Completa la tabla de verdad y explica qué le faltaría a este montaje para ser un mando bimanual real.

Pulsador S1	Pulsador S2	¿Avanza el cilindro? (sí/no)
no	no	
no	sí	
sí	no	
sí	sí	

3 **Comparación. La prensa se usa 20 veces al día. ¿Elegirías neumática o una solución eléctrica? Justifica con tres criterios de F8, indicando cuál sería eliminatorio.**

4 **Dibuja el esquema neumático de la prensa (con las dos válvulas en serie) y escribe, con lenguaje inclusivo, cómo explicarías a una persona usuaria qué representa este montaje y por qué no sustituye a un dispositivo de seguridad real.**

ANEXO 4

Plantilla del producto final

SdA 5 · Aire que mueve máquinas

ALUMNADO

Nombre: **Curso/grupo:** **Fecha:**

Dossier del circuito neumático. Completadlo en equipo a lo largo de las sesiones; es la base de la presentación final.

Esquema neumático normalizado

Símbolos y numeración de elementos y conexiones; indicad la presión.

Componentes y datos

Lista de elementos, diámetro del cilindro, carrera y fuerza útil.

Secuencia de movimiento

Reposo, avance y retroceso; sensores y control.

Simulación y pruebas

Tiempos y presión medidos, comparados con los cálculos.

Fallo y diagnóstico

Síntoma, etapa, causa y solución con la medida que lo demuestra.

Aplicación y comparación con una alternativa eléctrica

Dónde se usaría, ventajas, inconvenientes y decisión con criterios.

ANEXO 5

Lista de cotejo

SdA 5 · Aire que mueve máquinas

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Antes de entregar **Circuito neumático funcional o simulado**, comprueba cada punto y marca la casilla. Si alguno falla, todavía estás a tiempo de mejorarlo.

Contenido del producto

- [ ] El esquema usa símbolos neumáticos normalizados y numera los elementos y las conexiones de las válvulas.
- [ ] Se distinguen la generación, la distribución, el mando y el actuador, y cada elemento se relaciona con su función.
- [ ] La fuerza útil, el volumen de aire y el tiempo de carrera están calculados con unidades y comparados con los requisitos.
- [ ] El cilindro se ha elegido entre varias opciones con un factor de seguridad justificado.
- [ ] El circuito se ha simulado o montado y se han comparado los tiempos y las presiones con los cálculos.
- [ ] Se ha diagnosticado al menos un fallo (falta de presión, fuga o regulación) con medidas y se ha corregido.
- [ ] Se ha respetado la presión nominal, se ha trabajado con gafas y sin desconectar tubos con presión.
- [ ] Se ha comparado la solución neumática con una eléctrica, con criterios y un requisito eliminatorio.
- [ ] La presentación usa vocabulario técnico y lenguaje inclusivo, y otra persona podría reproducir el circuito.

Calidad y rigor

- [ ] He usado el vocabulario técnico, la simbología normalizada y las unidades correctas.
- [ ] He justificado las decisiones con requisitos, pruebas, datos o esquemas, y he indicado sus límites.
- [ ] He respetado las normas de seguridad, privacidad y uso responsable de la situación.
- [ ] He citado las fuentes y respetado las licencias de imágenes, código o modelos utilizados.
- [ ] He revisado la presentación y he incorporado las mejoras de la coevaluación o de las pruebas.

Lo que más me ha costado

Firma del equipo / fecha de entrega

ANEXO 6

Rúbrica imprimible

SdA 5 · Aire que mueve máquinas

ALUMNADO · DOCENTE

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Rúbrica para valorar **Circuito neumático funcional o simulado**. Marca el nivel alcanzado en cada indicador.

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial	Nivel
Necesidad y diseño	Define requisitos con cifras (carga, carrera, tiempo de ciclo, presión), calcula la fuerza útil, elige el cilindro entre varias opciones y compara la solución neumática con una eléctrica con una matriz y un requisito eliminatorio.	Define los requisitos principales, dimensiona el cilindro con cálculos y justifica la elección con suficiente claridad.	Los requisitos son imprecisos, faltan cálculos o la elección del cilindro no se justifica.	No relaciona el circuito con la tarea de empujar la caja.	
Funcionamiento / evidencia	El circuito o su simulación funciona (avance, retroceso y velocidad controlada); las pruebas se comparan con los cálculos, se diagnostican fallos con medidas y se interpretan los márgenes de fuerza y de tiempo.	El circuito o su simulación cumple la función principal y hay pruebas comparadas con los valores esperados.	Funciona solo en parte o las pruebas son incompletas.	No hay circuito ni simulación comprobables.	
Documentación técnica	Esquema con símbolos y numeración normalizados, lista de componentes, secuencia y cálculos con unidades y vocabulario correctos; otro equipo podría montar el circuito solo con el dossier.	Esquema y cálculos suficientes, con algún símbolo, unidad o número de conexión sin indicar.	Faltan elementos del esquema o hay errores en los cálculos que impiden reproducir el circuito.	Documentación insuficiente para entender el circuito.	
Seguridad, ética y sostenibilidad	Respeta la presión nominal y el procedimiento seguro (despresurizar, gafas, no apuntar el aire), calcula el aire y la energía consumidos, el coste de una fuga y propone reducir pérdidas.	Cumple las normas de seguridad y considera el consumo de aire o de energía con algún dato.	Necesita recordatorios de seguridad o no considera el consumo ni las fugas.	Incumple normas de seguridad (presión, desconexión con aire, recipientes improvisados).	
Iteración y cooperación	Diagnostica y corrige errores del circuito con ayuda de las medidas, repite las pruebas, los roles rotan y el equipo da feedback asertivo y concreto a otros equipos.	Corrige al menos un fallo con ayuda de las medidas y coopera adecuadamente.	La corrección es superficial o la cooperación es irregular.	No revisa el circuito tras un fallo o dificulta el trabajo del equipo.	

Observaciones del docente

Valoración global

ANEXO 7

Autoevaluación y coevaluación

SdA 5 · Aire que mueve máquinas

ALUMNADO

Nombre: _____ Curso/grupo: _____ Fecha: _____

Parte 1 · Autoevaluación

Afirmación	Aún no	Con ayuda	Bien	Muy bien
Sé leer un esquema neumático con sus símbolos y calcular la fuerza útil, el volumen de aire y el tiempo de un cilindro.	○	○	○	○
Sé diagnosticar una fuga o un error de regulación con el manómetro y explicar cómo trabajar de forma segura con aire a presión.	○	○	○	○
He cumplido mi rol y mis tareas dentro del equipo.	○	○	○	○
He escuchado y tenido en cuenta las ideas de los demás.	○	○	○	○
He usado datos, pruebas o evidencias para justificar mis decisiones.	○	○	○	○
He revisado y mejorado mi trabajo a partir de la retroalimentación.	○	○	○	○

Dos aprendizajes que he logrado

_____

_____

_____

Una dificultad que he tenido

_____

_____

_____

Una mejora que haré la próxima vez

_____

_____

Parte 2 · Coevaluación de otro equipo

Equipo evaluado: _____

Fortaleza 1

_____

_____

Fortaleza 2

_____

_____

Propuesta de mejora

_____

_____

ANEXO 8

Refuerzo

SdA 5 · Aire que mueve máquinas

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Aquí tienes el circuito con los componentes ya dados y los cálculos guiados para que practiques paso a paso.

Circuito con componentes ya dados

Componentes: 0.0 fuente de aire a 4 bar; 0.1 unidad de mantenimiento; 1.1 válvula 5/2 con pulsador y muelle; 1.0 cilindro de doble efecto de Ø 16 mm (vástago de 6 mm, carrera de 100 mm).

Conexiones:

- 0.1 → conexión 1 de la válvula;
- conexión 2 → lado del vástago del cilindro;
- conexión 4 → tapa del cilindro;
- conexiones 3 y 5 → escape libre.

Cálculos guiados

1. Área del émbolo: $\pi \cdot 16^2 / 4 =$ ___ mm^2.
2. Fuerza teórica: 0,4 N/mm^2 · ___ mm^2 = ___ N.
3. Fuerza útil (90 %): ___ · 0,9 = ___ N.
4. ¿Supera los 39,2 N necesarios? ___.

1 **Completa los cálculos guiados del apoyo.**

Paso	Resultado
1. Área del émbolo (mm^2)	
2. Fuerza teórica (N)	
3. Fuerza útil (N)	
4. ¿Supera 39,2 N? (sí/no)	

2 **Sin pulsar, ¿en qué lado del cilindro hay aire a presión y en qué estado está el vástago? ¿Y al pulsar?**

3 **Si el manómetro marcara 0 bar, ¿qué etapa revisarías primero?**

ANEXO 9

Ampliación

SdA 5 · Aire que mueve máquinas

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Diseñar una secuencia con dos actuadores mediante simulación

Un segundo cilindro (B) sella la caja después de que el empujador (A) la coloca. La secuencia es **A+ B+ B− A−**, donde + es avance y − es retroceso. Cada movimiento empieza cuando el sensor del anterior detecta el final de carrera. Trabaja en el **simulador**. Datos: A de Ø 16 mm, vástago de 6 mm y carrera de 100 mm; B de Ø 12 mm, vástago de 6 mm y carrera de 50 mm; 4 bar; Q = 5 L/min de aire libre; factor 4,95.

Pasos

1. Dibuja el esquema con dos cilindros de doble efecto, dos válvulas 5/2 y cuatro sensores de final de carrera (a0, a1, b0 y b1). Indica la numeración.
2. Completa la tabla de la secuencia: movimiento, sensor que lo autoriza y tiempo de cada paso.
3. Calcula el aire libre por ciclo de los dos cilindros y el tiempo del ciclo completo. Comprueba que cumple los 3 s.
4. Simula la secuencia y anota si se cumple el orden y si los tiempos coinciden con los calculados.
5. Propón una mejora (por ejemplo, ajustar un regulador) y explica qué cambia en el tiempo o en el aire consumido.

1 **Tabla de la secuencia A+ B+ B− A−.**

Paso	Movimiento	Sensor que lo autoriza	Tiempo (s)
1	A+ (avance de A)	marcha	
2	B+ (avance de B)		
3	B− (retroceso de B)		
4	A− (retroceso de A)		

Entrega

Hoja con el esquema, la tabla, el aire por ciclo, el tiempo total y la comprobación en el simulador.

ANEXO 10

Guía docente y soluciones

SdA 5 · Aire que mueve máquinas

DOCENTE

Ficha 1

1. Diagnóstico: generación; 100 kPa; la presión atmosférica; el cilindro.
2. Compresor: generación; depósito de aire: generación; tubo flexible y racores: distribución; válvula 5/2: mando; cilindro de doble efecto: actuador; regulador de presión (unidad de mantenimiento): generación (preparación del aire), aceptar también «distribución».
3. 4 bar: 400 kPa, 0,4 MPa, 0,4 N/mm^2; 6 bar: 600 kPa, 0,6 MPa, 0,6 N/mm^2; 2,5 bar: 250 kPa, 0,25 MPa, 0,25 N/mm^2.
4. Reto modelo: «¿Cómo empujamos una caja de 5 kg, 100 mm, cada 5 s con un circuito neumático seguro?». Requisitos modelo: 1) fuerza útil de al menos 39,2 N a 4 bar (cálculo y manómetro); 2) ciclo de 3 s o menos (cronómetro en el simulador); 3) presión máxima de 4 bar (manómetro).

Ficha 2

1. Cilindro de simple efecto ↔ una conexión de aire y retorno por muelle; Cilindro de doble efecto ↔ dos conexiones de aire; mueve el émbolo en ambos sentidos; Válvula 3/2 ↔ gobierna un cilindro de simple efecto; Válvula 5/2 ↔ gobierna un cilindro de doble efecto; Regulador de caudal unidireccional ↔ frena el aire solo en un sentido.
2. 1: alimentación (entrada del aire a presión); 2 y 4: conexiones de trabajo (hacia el cilindro); 3 y 5: escapes (salida a la atmósfera).
3. Sin pulsar: se abren 1 → 2 y 4 → 5; aire a presión en el lado del vástago; el cilindro permanece retraído. Pulsado: se abren 1 → 4 y 2 → 3; aire a presión en la tapa; el cilindro avanza.
4. V; F (la 1 es la alimentación); F (necesita un solo tubo de aire); V; V.

Ficha 3

1. $A = \pi \cdot 16^2 / 4 = 201{,}1$ mm^2; $F = 0{,}4 \cdot 201{,}1 = 80{,}4$ N; F útil = 72,4 N; $A' = \pi \cdot (16^2 - 6^2) / 4 = 172{,}8$ mm^2; F útil de retroceso = $0{,}9 \cdot 0{,}4 \cdot 172{,}8 = 62{,}2$ N; simple efecto con muelle de 8 N: 72,4 − 8 = 64,4 N.
2. Avance: $201{,}06 \cdot 100 = 20\,106$ mm^3 = 20,1 cm^3; retroceso: $172{,}79 \cdot 100 = 17\,279$ mm^3 = 17,3 cm^3; total 37,4 cm^3; aire libre: $37{,}4 \cdot 4{,}95 = 185{,}0$ cm^3 por ciclo.
3. Esperado: sin pulsar, vástago retraído y aire en el lado del vástago; al pulsar y mantener, avanza hasta el tope; al soltar, retrocede por sí solo (la válvula vuelve a reposo); en el tope, el manómetro marca 4 bar (con el equipo regulado) y sin pérdidas apreciables. Valorar los resultados obtenidos y las diferencias con lo esperado.
4. Simple efecto: un solo tubo, retorno por muelle (el muelle resta fuerza en el avance), más económico, carrera limitada por el muelle y sin fuerza de retroceso por aire. Doble efecto: dos tubos, fuerza en los dos sentidos (la de retroceso es menor por el vástago), más versátil y de carrera mayor.

Ficha 4

1. $F = 5 \cdot 9{,}8 \cdot 0{,}4 = 19{,}6$ N; con factor 2: 39,2 N. Ø 8: 50,3 mm^2, 18,1 N, no; Ø 10: 78,5 mm^2, 28,3 N, no; Ø 12: 113,1 mm^2, 40,7 N, sí; Ø 16: 201,1 mm^2, 72,4 N, sí; Ø 20: 314,2 mm^2, 113,1 N, sí.
2. Se elige el Ø 16 (factor 3,7 sobre la fuerza necesaria): el Ø 12 apenas supera 39,2 N (40,7 N) y no deja margen si la presión baja, si hay más rozamiento o si el rendimiento es menor del 90 %. Aceptar Ø 20 si se justifica (más aire y más coste).
3. Avance: 99,5 cm^3 de aire libre / 83,3 cm^3/s = 1,19 s; retroceso: 85,5 / 83,3 = 1,03 s; ciclo 2,22 s; velocidad media de avance: 100 mm / 1,19 s = 84 mm/s. Cumple (menor de 3 s).
4. Esquema modelo: circuito B de F4 (0.0, 0.1, 1.1, 1.0, 1.01 y 1.02), con la numeración de las conexiones de la válvula 5/2 y los escapes. Valorar símbolos correctos y conexiones.

Ficha 5

1. Pulsador de marcha: da la orden de inicio (entrada); sensores de final de carrera: informan de la posición del vástago (entradas); controlador: decide la secuencia con la orden y los sensores (proceso); electroválvula 5/2 con muelle: mueve el aire hacia un lado u otro (salida).
2. FC_AVANZADO = 1; el cilindro retrocede; FC_RETRAIDO = 1.
3. Movimiento: 2,22 / 5 = 44,4 %; ciclos por hora: 3 600 / 5 = 720; aire libre por hora: 720 · 185,0 cm^3 = 133,2 L; en 8 h: 133,2 · 8 = 1 066 L = 1,07 m^3; energía: 1,066 · 0,11 = 0,117 kWh; coste: 0,117 · 0,27 = 0,032 €.

Ficha 6

1. 1) Generación o preparación: no llega aire (compresor parado, llave o regulador cerrado, tubo de alimentación desconectado); el docente comprueba la alimentación. 2) Distribución: fuga en un racor o en un tubo; despresurizar y reapretar o sustituir el racor o el tubo. 3) Mando o actuador: el regulador 1.02 (retroceso) está demasiado cerrado o montado al revés; abrirlo poco a poco o girarlo. 4) Generación o preparación: el regulador de presión está a 2 bar en lugar de 4; subirlo hasta 4 bar con el docente.
2. F útil a 2 bar: 0,9 · 0,2 · 201,06 = 36,2 N, menor de 39,2 N: la caja no se empujaría con el factor de seguridad previsto.
3. Aire perdido: 2 · 60 · 8 = 960 L = 0,96 m^3; energía: 0,96 · 0,11 = 0,106 kWh; coste: 0,106 · 0,27 = 0,029 €; frente a 1,07 m^3 de la máquina, la fuga supone el 90 %.
4. Las cinco casillas, antes de desconectar ningún tubo.

Ficha 7

1. A = π · 25^2 / 4 = 490,9 mm^2; F útil = 0,9 · 0,4 · 490,9 = 176,7 N, menor de 180 N: no basta. Presión mínima: 180 / (0,9 · 490,9 · 0,1) = 4,07 bar (no se puede, porque el equipo llega a 4 bar). Alternativa: Ø 32 mm, que a 4 bar da 289,5 N.
2. Tabla de verdad: no/no → no; no/sí → no; sí/no → no; sí/sí → sí. Solo avanza si los dos pulsadores están accionados (AND, dos 3/2 en serie). El montaje representa que hacen falta dos señales, pero no es un dispositivo de seguridad industrial: un mando bimanual real exige que las dos señales lleguen casi a la vez (simultaneidad), impide dejar un pulsador bloqueado y accionar solo el otro, obliga a soltar ambos para repetir el ciclo y se combina con resguardos.
3. Criterios modelo: fuerza (la neumática da fuerza fácil con presión), instalación (la neumática necesita compresor y tubos; la eléctrica, solo cable), seguridad. Para solo 20 usos al día, un actuador eléctrico podría bastar y evitaría el compresor; sería eliminatorio un tiempo de ciclo exigido o una fuerza que el actuador no dé. Valorar la justificación con criterios.
4. Esquema: cilindro de doble efecto con válvula 5/2 mandada por dos 3/2 en serie y, si se quiere, reguladores. Frase inclusiva modelo: «Este montaje nos sirve para entender que hacen falta dos señales para que el cilindro avance; no protege como un mando bimanual real, así que cualquier persona que use una prensa de verdad necesita un dispositivo de seguridad homologado y resguardos».

Refuerzo (Anexo 8)

1. 1) π · 16^2 / 4 = 201,1 mm^2; 2) 0,4 · 201,1 = 80,4 N; 3) 80,4 · 0,9 = 72,4 N; 4) sí (72,4 N > 39,2 N).
2. Sin pulsar hay aire en el lado del vástago (1 → 2) y el vástago está retraído; al pulsar el aire va a la tapa (1 → 4) y el cilindro avanza.
3. Revisaría primero la generación y la preparación: que el compresor o la llave estén abiertos y el regulador no esté a 0 bar.

Ampliación (Anexo 9)

1. Sensores: a0 y a1 en A; b0 y b1 en B. Tabla: paso 1 A+ (marcha) en 1,19 s; paso 2 B+ (a1) en 0,34 s; paso 3 B− (b1) en 0,25 s; paso 4 A− (b0) en 1,03 s.
2. B: avance 113,1 · 50 = 5 655 mm^3 = 5,65 cm^3; retroceso (113,1 − 28,27) · 50 = 4 241 mm^3 = 4,24 cm^3. Aire libre de B: (5,65 + 4,24) · 4,95 = 49,0 cm^3; con A (185,0 cm^3): 234,0 cm^3 por ciclo.
3. Tiempos: B+ = 28,0 / 83,3 = 0,34 s; B− = 21,0 / 83,3 = 0,25 s; ciclo total: 1,19 + 0,34 + 0,25 + 1,03 = 2,81 s, que cumple los 3 s con un margen pequeño (0,19 s).
4. Mejora modelo: abrir algo el regulador de A en el avance (reducir hasta 1 s) o aumentar el caudal Q a 6 L/min, con más consumo de aire; valorar que se relacione el cambio con el tiempo y el aire.

Notas para el docente: temporalización, seguridad y diferenciación

- Temporalización: S1 (componentes), S2 (esquemas), S3 (cilindros y fuerzas), S4 (diseño), S5 (control conceptual), S6 (diagnóstico) y S7 (presentación y ficha individual). Si no hay equipo, todo el trabajo se hace con un simulador neumático.
- Datos reales y didácticos: el rango de 0,1 a 0,12 kWh/m^3 y de 1,5 a 2 céntimos/m^3 (Beko Technologies), la presión de 7 bar de las estaciones de compresores y los diámetros ISO 6432 de 8 a 25 mm hasta 10 bar son datos reales; la presión de 4 bar, el 90 % de rendimiento, el caudal de 5 L/min, los vástagos, el muelle de 8 N y los datos del actuador eléctrico son didácticos. Conviene contrastarlos con el catálogo del equipo.
- Seguridad: solo equipo homologado o simulador, presión de 4 bar como máximo, compresor operado por el docente, gafas de protección, despresurizar antes de desconectar, nunca recipientes improvisados ni compresores modificados.
- Diferenciación: el Anexo 8 da el circuito con los componentes ya dados y los cálculos guiados; el Anexo 9 propone una secuencia con dos actuadores en el simulador. Los roles rotan (coordinación, documentación, material y seguridad, pruebas, comunicación).

Errores frecuentes

- Mezclar unidades (bar, N/mm^2, mm^2 y cm^2) al calcular $F = p \cdot A$; recordar que 1 bar = 0,1 N/mm^2.
- Usar la presión absoluta en lugar de la manométrica en la fuerza, o la manométrica en la ley de Boyle.
- Olvidar el vástago en el retroceso (usar el área del émbolo en lugar del área anular).
- Confundir la conexión 1 (alimentación) con un escape, o conectar 2 y 4 al revés (el cilindro avanza en reposo).
- Poner el regulador de caudal en el sentido contrario, de modo que frene el aire de entrada en lugar del de escape.
- Elegir el cilindro más pequeño que cumple sin margen, o fiarse solo de una matriz sin aplicar el requisito eliminatorio.

Criterios para valorar respuestas abiertas

- Aceptar otros diámetros de cilindro si superan los 39,2 N y se justifica el margen de seguridad.
- En la matriz, admitir pesos y puntuaciones distintos si se mantiene el requisito eliminatorio del tiempo de ciclo.
- Valorar más la trazabilidad (cálculos, pruebas y diagnóstico) que el acabado del circuito.
- En la ficha 7, aceptar otras soluciones (Ø 32 mm, mayor presión si el equipo la permite) si se justifican con la fuerza y la seguridad.

06

SITUACIÓN DE APRENDIZAJE

Mecánica para un robot

PREGUNTA GUÍA

¿Cómo diseñamos una transmisión que permita al robot mover lo necesario con la velocidad adecuada?

CURSO 4.º ESO	SESIONES 7 sesiones
BLOQUES DE SABERES A · B	COMPETENCIAS ESPECÍFICAS CE2, CE3, CE4
PRODUCTO FINAL Subsistema mecánico de robot	CRITERIOS DE EVALUACIÓN 2.2, 4.1, 3.1

Contexto, reto y producto

El club de robótica del IES Valle Claro (centro ficticio) ha recibido un encargo del laboratorio de Tecnología: cada día hay que llevar una caja de componentes y herramientas pequeñas (unos 2 kg) desde el almacén hasta el aula-taller, y para llegar hay que subir la rampa accesible del edificio, de 5 m de largo y 0,40 m de desnivel (una pendiente del 8 %). La técnica de laboratorio, Samira, lo hace a mano más de diez veces por semana y ha propuesto que sea un robot portador el que haga el viaje. El club ya tiene la electrónica y la programación; lo que falta es el **subsistema mecánico**: ruedas, transmisión, chasis y montaje del motor.

En esta situación el alumnado diseña, calcula y ensaya la parte mecánica de un robot con criterios cuantitativos. Convierte el encargo en requisitos medibles (carga, velocidad, pendiente, masa del chasis); calcula la **relación de reducción**, la velocidad lineal y el par necesarios con las fórmulas de la mecánica; elige entre varias combinaciones de engranajes con una **matriz de decisión** y un modelo de motor de corriente continua; selecciona el **material del chasis** según sus propiedades; fabrica o simula el subsistema con técnicas manuales y mecánicas; lo ensaya con carga y compara las medidas con el modelo, y propone una mejora de fiabilidad. El producto final es un subsistema mecánico documentado que otro equipo podría reproducir.

Reto

Diseñar, fabricar (o simular) y ensayar el subsistema mecánico de un robot que mueva 2 kg a 0,25 m/s en llano y suba una rampa del 8 %, justificando con cálculos y ensayos la transmisión y el material.

Producto final

Subsistema mecánico de robot.

Enfoque: Proyecto / análisis / simulación / prototipado

Vinculación curricular

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS MOVILIZADAS (SÍNTESIS)

- **CE2** Aplicar con seguridad técnicas y conocimientos interdisciplinares, analizando el ciclo de vida de los productos, para fabricar soluciones accesibles y sostenibles.
- **CE3** Expresar, comunicar y difundir ideas y soluciones tecnológicas con la terminología y los recursos adecuados, en una dinámica de mejora continua.
- **CE4** Desarrollar soluciones automatizadas e incorporar tecnologías emergentes para diseñar y construir sistemas de control programables y robóticos.

Criterios de evaluación seleccionados (redacción oficial del RD 217/2022)

2.2 Fabricar productos y soluciones tecnológicas, aplicando herramientas de diseño asistido, técnicas de elaboración manual, mecánica y digital y utilizando los materiales y recursos mecánicos, eléctricos, electrónicos y digitales adecuados.

4.1 Diseñar, construir, controlar o simular sistemas automáticos programables y robots que sean capaces de realizar tareas de forma autónoma, aplicando conocimientos de mecánica, electrónica, neumática y componentes de los sistemas de control, así como otros conocimientos interdisciplinares.

3.1 Intercambiar información y fomentar el trabajo en equipo de manera asertiva, empleando las herramientas digitales adecuadas junto con el vocabulario técnico, símbolos y esquemas de sistemas tecnológicos apropiados.

Saberes básicos oficiales seleccionados (transcripción del RD 217/2022)

Código	Saber básico
B4	Elementos mecánicos, electrónicos y neumáticos aplicados a la robótica. Montaje físico o simulado.
A6	Estrategias de selección de materiales en base a sus propiedades o requisitos.
A8	Técnicas de fabricación manual y mecánica. Aplicaciones prácticas.

Concreción didáctica en esta situación

- Elementos mecánicos aplicados a la robótica (B4): engranajes rectos, poleas y correa, cadena y tornillo sin fin; función, rendimiento orientativo y criterios de elección para un robot móvil.
- Relación de reducción $r = z_2 / z_1$ y de un tren compuesto; relación entre velocidad y par en un reductor (en el caso ideal $P = T \cdot \omega$ se conserva; el rendimiento η la reduce) y velocidad lineal de una rueda $v = \pi \cdot d \cdot n / 60$.
- Curva par-velocidad de un motor de CC y punto de trabajo: el par de bloqueo, la velocidad en vacío y el porcentaje de par de bloqueo como criterio de fiabilidad ($\leq 60\ \%$).
- Selección de materiales por propiedades (A6): densidad, rigidez, facilidad de mecanizado e impacto ambiental, con cálculo de la masa de una pieza a partir de su volumen.
- Técnicas de fabricación manual y mecánica (A8): trazado, taladrado, limado y montaje con tornillería M3; holgura, tolerancias y ranuras de ajuste para la distancia entre ejes ($a = m \cdot (z_1 + z_2) / 2$).
- Montaje físico o simulado y ensayo: medida de tiempos y velocidades, error relativo entre modelo y medida, y diagnóstico de fallos mecánicos habituales.

Objetivos didácticos

- Clasificar los elementos de transmisión de un robot y explicar la función de cada uno.
- Calcular relación de reducción, velocidad y par de trenes de engranajes simples y compuestos, con unidades.
- Elegir transmisión y material del chasis a partir de requisitos de carga, velocidad y pendiente con una matriz de decisión.
- Fabricar o simular el subsistema con técnicas manuales e integrar el motorreductor con seguridad.
- Ensayar con carga, comparar las medidas con el modelo (error relativo) y proponer una mejora de fiabilidad.

Metodología

Aprendizaje basado en retos

La tarea parte de una necesidad, problema, sistema o decisión técnica con un producto verificable.

Iteración

Se planifica, construye/configura/simula, prueba, registra el fallo y se mejora.

Pensamiento técnico

Las decisiones se justifican mediante requisitos, esquemas, datos, pruebas, criterios de seguridad y limitaciones.

Trabajo cooperativo

Roles rotatorios: coordinación, documentación, material/seguridad, pruebas y comunicación.

Competencia digital

Las herramientas digitales se usan cuando aportan diseño, simulación, programación, documentación o colaboración, no como mero adorno.

Secuencia de sesiones y actividades

Cada sesión genera una **evidencia** que se recoge en la ficha correspondiente del Anexo 3. Los datos, esquemas, especificaciones y ejemplos de trabajo están en el dossier técnico del Anexo 2.

1

SESIÓN 1

Analizamos robots y transmisiones: qué elementos mueven un robot, cómo se clasifican y qué pide el encargo del laboratorio

Evidencia: Ficha 1: diagnóstico, relación de transmisiones con usos reales, tabla de requisitos medibles del encargo (F1) y diagrama de bloques del tren de transmisión de un robot.

Ficha: Anexo 3 · ficha 1

2

SESIÓN 2

Calculamos relaciones de reducción, velocidades y pares con engranajes simples y compuestos

Evidencia: Ficha 2: tabla de cálculo de r, n y T de tres montajes (F2, F6), tren compuesto, velocidad lineal de la rueda y fuerza de tracción en la rampa.

Ficha: Anexo 3 · ficha 2

3

SESIÓN 3

Diseñamos el chasis y el subsistema: elegimos relación de reducción y material con matrices de decisión

Evidencia: Ficha 3: tabla de opciones r = 1,5, 2 y 3 evaluadas con el modelo (F4, F5, F10), masa de la placa, matriz del material (F8) y croquis acotado.

Ficha: Anexo 3 · ficha 3

4

SESIÓN 4

Fabricamos o simulamos el subsistema: plan de fabricación, tolerancias y distancia entre ejes

Evidencia: Ficha 4: plan de fabricación con herramientas y seguridad (F9), análisis de tolerancias y programa del modelo completado (F10).

Ficha: Anexo 3 · ficha 4

5

SESIÓN 5

Integramos motor y actuador: montaje, primer arranque y comparación sin carga con el modelo

Evidencia: Ficha 5: diagrama de bloques de integración, programa de prueba de motores completado, tabla sin carga modelo-medida y lista de comprobación del montaje.

Ficha: Anexo 3 · ficha 5

6

SESIÓN 6

Ensayamos carga y velocidad en llano y en rampa y diagnosticamos fallos mecánicos

Evidencia: Ficha 6: tabla de ensayos con 0, 1 y 2 kg, errores relativos frente al modelo, gráfica de velocidad y carga, relación de síntomas y causas, y mejora propuesta.

Ficha: Anexo 3 · ficha 6

7

SESIÓN 7

Rediseñamos y documentamos: memoria del subsistema y evidencia individual con un robot nuevo

Evidencia: Producto final (Anexo 4) y Ficha 7: cálculo de fuerza, par y velocidad de un robot de biblioteca, elección justificada de la reducción y mejora de fiabilidad.

Ficha: Anexo 3 · ficha 7

Evaluación

La evaluación combina evidencia del proceso, producto o configuración final, documentación técnica, pruebas/validación, trabajo seguro y una tarea individual de transferencia. El acabado visual no sustituye la funcionalidad, el razonamiento ni la trazabilidad de las decisiones.

Criterios, evidencias e instrumentos

Criterio	Evidencia principal	Instrumento
2.2	Fabricación o simulación del subsistema con trazado, taladrado, limado y montaje correctos, selección del material del chasis por sus propiedades (masa ≤ 120 g, rigidez, mecanizado) y distancia entre ejes dentro de ± 0,3 mm.	Fichas 3 y 4 y prototipo / observación sistemática y rúbrica
4.1	Diseño y cálculo de la transmisión (r, v, par y porcentaje del par de bloqueo), integración del motorreductor y ensayo con 0, 1 y 2 kg en llano y en rampa, con comparación modelo-medida y error relativo.	Fichas 2, 5, 6 y 7 / rúbrica y lista de cotejo
3.1	Comunicación técnica del subsistema: esquemas acotados, símbolos y vocabulario correctos (z, r, par, rpm, módulo), memoria del Anexo 4 y trabajo en equipo con roles y decisiones registradas.	Plantilla (Anexo 4), Ficha 1 y presentación / rúbrica y coevaluación

Rúbrica del producto final

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial
Necesidad y diseño	Traduce el encargo en requisitos medibles (carga, velocidad, rampa, % de par de bloqueo, masa del chasis), evalúa al menos tres relaciones de reducción con el modelo y elige una con una matriz bien calculada y justificada.	Define los requisitos principales y elige una relación de reducción con cálculos correctos y alguna justificación.	Los requisitos son vagos o la elección de la transmisión no se apoya en cálculos.	No relaciona el diseño con el encargo ni calcula la transmisión.

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial
Funcionamiento / evidencia	El subsistema mueve la carga en llano y en rampa; los ensayos con 0, 1 y 2 kg están registrados, los errores relativos frente al modelo se calculan y se interpretan (rozamiento, holguras, pilas) y se indican los límites.	El subsistema cumple su función principal y se aportan ensayos con carga y alguna comparación con el modelo.	Funciona solo en parte o los ensayos son incompletos o sin comparar con el modelo.	El subsistema no funciona o no hay ensayos.
Documentación técnica	Esquema acotado de planta y perfil, cálculos con unidades (r, n, v, par, masa), lista de materiales, plan de fabricación y registro de ensayos: otro equipo podría reproducir el subsistema.	Documentación suficiente, con alguna medida, unidad o cálculo sin indicar.	Faltan cálculos, medidas o unidades; cuesta reproducir el montaje.	Documentación insuficiente para entender el diseño.
Seguridad, ética y sostenibilidad	Trabaja con seguridad (engranajes protegidos, pilas desconectadas al montar, primer arranque en el aire), justifica el material del chasis también por su impacto ambiental y diseña para reparar (tornillos M3, sin pegar).	Cumple las normas de seguridad y considera alguna ventaja ambiental o de reparabilidad.	Necesita recordatorios de seguridad o no considera el impacto del material.	Incumple normas de seguridad o ignora la reparabilidad y el impacto.
Iteración y cooperación	Usa los datos del ensayo para hacer al menos una mejora justificada (distancia entre ejes, reducción o refuerzo) y la vuelve a medir; los roles se cumplen y las decisiones se toman en equipo.	Propone y aplica una mejora a partir de los ensayos y coopera adecuadamente.	La mejora es superficial o no se mide de nuevo; la cooperación es irregular.	No revisa el subsistema o dificulta el trabajo del equipo.

Recursos y seguridad

Recursos y materiales

- Por equipo: 1 placa de contrachapado de 4 mm de 200 × 140 mm cortada por el docente (o de cartón pluma de 5 mm para la versión de prueba), 2 motorreductores de CC de 6 V con soporte, 2 ruedas de Ø 66 mm con eje, 1 rueda loca, juego de engranajes de plástico de módulo 1 mm (z = 12, 15, 20, 30, 40, 45 y 48), tornillos y tuercas M3, portapilas de 4 × AA y 1 módulo controlador de motores con placa de control (preparado por el docente).
- Herramientas e instrumentos: calibre, regla metálica de 30 cm, escuadra, punta de trazar, lima y lija de grano fino, destornilladores y llave para M3, cronómetro (móvil), cinta métrica, báscula de cocina y multímetro. Taladrado de la placa: taladro de columna manejado por el docente o con supervisión directa.
- Para el ensayo: 1 tablero de 1,25 m elevado 10 cm en un extremo (pendiente ≈ 8 %), 2 m de recorrido marcado en llano, cajas de 1 kg y 2 kg de carga, hoja de cálculo o el modelo en Python de F10 para la versión simulada, y las plantillas de los Anexos 3 y 4.

Seguridad, privacidad y uso responsable

Engranajes protegidos y nunca se tocan en marcha; pelo recogido y mangas sin colgar; pilas desconectadas al montar y primer arranque con las ruedas en el aire. Corte y taladro solo por el docente o con supervisión; gafas al limar.

Interdisciplinariedad: Matemáticas (proporcionalidad, trigonometría de la pendiente, error relativo) y Física y Química (fuerza, par, trabajo, potencia y rozamiento).

Atención a la diversidad (DUA), refuerzo y ampliación

Representación

Modelos, esquemas, fotografías, simulaciones, tutoriales breves, ejemplos resueltos y vocabulario técnico visual.

Acción y expresión

Memoria, maqueta, prototipo, simulación, código, plano o presentación cuando sea compatible con el criterio evaluado.

Implicación

Retos cercanos, elección acotada, roles de equipo y pruebas con propósito realista.

Apoyo / refuerzo

Anexo 8

Transmisión y motor preseleccionados.

Ampliación

Anexo 9

Optimizar para otro requisito de carga/velocidad.

ANEXO 1

Lanzamiento del reto

SdA 6 · Mecánica para un robot

ALUMNADO

Samira sube cada día por la rampa del edificio con una caja de dos kilos y no le hace ninguna gracia. El club de robótica propone un robot portador, pero un robot que no sube la rampa, o que quema el motor al primer intento, no sirve de nada. Durante siete sesiones vais a diseñar su parte mecánica como un equipo de ingeniería: calcularéis la fuerza necesaria, elegiréis la reducción de engranajes con números, escogeréis el material del chasis, lo montaréis y lo ensayaréis con carga. Después compararéis lo que marca el cronómetro con lo que prometía vuestro cálculo. ¿Se parecerán?

> *¿Cómo diseñamos una transmisión que permita al robot mover lo necesario con la velocidad adecuada?*

Vuestro reto

Diseñar, fabricar (o simular) y ensayar el subsistema mecánico de un robot que mueva 2 kg a 0,25 m/s en llano y suba una rampa del 8 %, justificando con cálculos y ensayos la transmisión y el material.

Lo que vais a producir

Subsistema mecánico de robot.

Seguridad. Engranajes protegidos y nunca se tocan en marcha; pelo recogido y mangas sin colgar; pilas desconectadas al montar y primer arranque con las ruedas en el aire.

Hoja de ruta · 7 sesiones

1. Analizamos robots y transmisiones y fijamos requisitos medibles.
2. Calculamos relaciones de reducción, velocidades y pares.
3. Elegimos reducción y material con el modelo y matrices.
4. Planificamos la fabricación, las tolerancias y la distancia entre ejes.
5. Montamos el motorreductor y comprobamos el primer arranque.
6. Ensayamos con 0, 1 y 2 kg y comparamos con el modelo.
7. Documentamos y resolvemos, cada uno, un robot nuevo.

Al terminar seré capaz de…

- ✓ Clasificar los elementos de transmisión de un robot y explicar la función de cada uno.
- ✓ Calcular relación de reducción, velocidad y par de trenes de engranajes simples y compuestos, con unidades.
- ✓ Elegir transmisión y material del chasis a partir de requisitos de carga, velocidad y pendiente con una matriz de decisión.
- ✓ Fabricar o simular el subsistema con técnicas manuales e integrar el motorreductor con seguridad.
- ✓ Ensayar con carga, comparar las medidas con el modelo (error relativo) y proponer una mejora de fiabilidad.

¿Cómo me evaluarán?

Con la rúbrica del producto final (Anexo 6), la lista de cotejo (Anexo 5) y una reflexión personal (Anexo 7). ¡Revisadlas antes de empezar!

ANEXO 2

Dossier técnico

SdA 6 · Mecánica para un robot

ALUMNADO

Todo lo necesario para diseñar y ensayar el subsistema mecánico: el encargo del laboratorio, los tipos de transmisión, las fuerzas en la rampa, los datos del motor y de las ruedas, la curva par-velocidad, un ejemplo resuelto, el croquis del chasis, la tabla de materiales, el protocolo de montaje seguro, el modelo en Python y un glosario.

F1 El encargo del laboratorio: un robot portador para la rampa

ESTUDIO DE CASO

Samira, técnica del laboratorio de Tecnología del IES Valle Claro, escribe al club de robótica: «Cada día subo una caja de componentes de unos 2 kg desde el almacén hasta el aula-taller. La rampa tiene 5 m de largo y sube 0,40 m. ¿Podéis fabricar un robot que la suba por mí?».

La rampa cumple el CTE DB-SUA: un tramo de rampa accesible de entre 3 m y 6 m puede tener como máximo un 8 % de pendiente (10 % si mide menos de 3 m y 6 % si mide 6 m o más). Aquí: 0,40 m ÷ 5 m = 0,08, es decir, 8 %.

El club ya tiene la placa de control, los sensores y el programa de seguimiento de línea. **Falta la parte mecánica.** Después de analizar tres robots conocidos, los miembros del club resumen lo que han aprendido:

- **Robot aspirador doméstico:** dos ruedas motrices y una rueda loca; cada rueda lleva un reductor de engranajes de plástico. Va despacio (unos 0,3 m/s) y sube umbrales pequeños.
- **Carretilla de almacén:** transmite mucha fuerza con cadena y piñones; es robusta, pesada y ruidosa.
- **Brazo de laboratorio:** usa correa dentada y tornillo sin fin para mover cargas pequeñas con precisión y sin que se muevan solas al parar.

Requisitos del encargo (medibles):

1. **R1.** Masa del robot 1,5 kg y carga útil 2,0 kg (masa total 3,5 kg).
2. **R2.** Velocidad en llano de 0,25 m/s o más (recorrer 6 m en 24 s como máximo).
3. **R3.** Velocidad de 0,15 m/s o más al subir la rampa del 8 % con la carga.
4. **R4.** En la rampa, cada motor trabaja a un 60 % o menos de su par de bloqueo (para que no se caliente ni se queme).
5. **R5.** Placa del chasis de 120 g o menos, en material que se pueda cortar, taladrar y limar en el aula.
6. **R6.** Engranajes protegidos, velocidad máxima de 0,45 m/s y montaje con tornillos M3 (sin pegar), para poder reparar y reutilizar piezas.

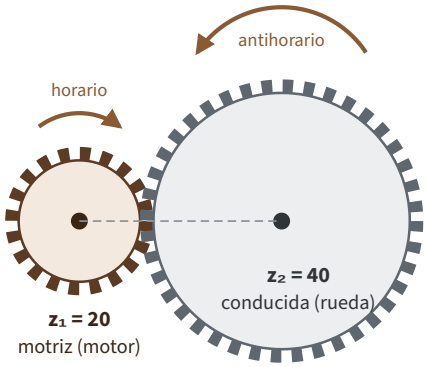
Fuente: Caso didáctico ficticio (centro, personas y encargo), creado para este cuaderno. La pendiente máxima del 8 % para tramos de rampa de entre 3 m y 6 m procede del CTE DB-SUA (sección SUA 1, apartado 4.3, edición vigente).

¿Cuál de los tres robots tiene un problema parecido al nuestro? ¿Qué requisitos son de rendimiento, cuáles de seguridad y cuáles de sostenibilidad?

F2 Transmisiones habituales: engranajes y poleas con correa

ESQUEMA

Engranajes rectos (módulo 1 mm)

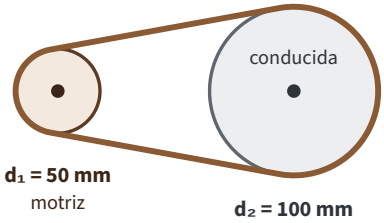


$a = m \cdot (z_1 + z_2)/2 = 1 \cdot (20 + 40)/2 = 30$ mm

$r = z_2 / z_1 = 40 / 20 = 2$ (reducción 2 : 1)

Cada engranaje invierte el sentido de giro.

Poleas y correa



$r = d_2 / d_1 = 100 / 50 = 2$

Las dos poleas giran en el mismo sentido.

La correa puede deslizar si se afloja.

Relación de reducción: r = n_entrada / n_salida = z_conducida / z_motriz = d_conducida / d_motriz. Es la inversa de la relación de transmisión que usamos en 1.º-3.º (i = n_salida / n_entrada = z_motriz / z_conducida): r = 1 / r. Trabajamos con r porque en un reductor es un factor mayor que 1 que multiplica el par. Si r > 1 el mecanismo **reduce** la velocidad y **multiplica** el par; si r < 1 la **aumenta** y el par baja.

Par y velocidad (caso ideal): potencia mecánica $P = T \cdot \omega$ se conserva, así que $T_{salida} = T_{entrada} \cdot r \cdot \eta$, con η el **rendimiento** de la etapa ($0 < \eta \leq 1$). Con engranajes de plástico de aula usamos $\eta = 0{,}90$; engranajes metálicos mecanizados y lubricados llegan al 95-99 %.

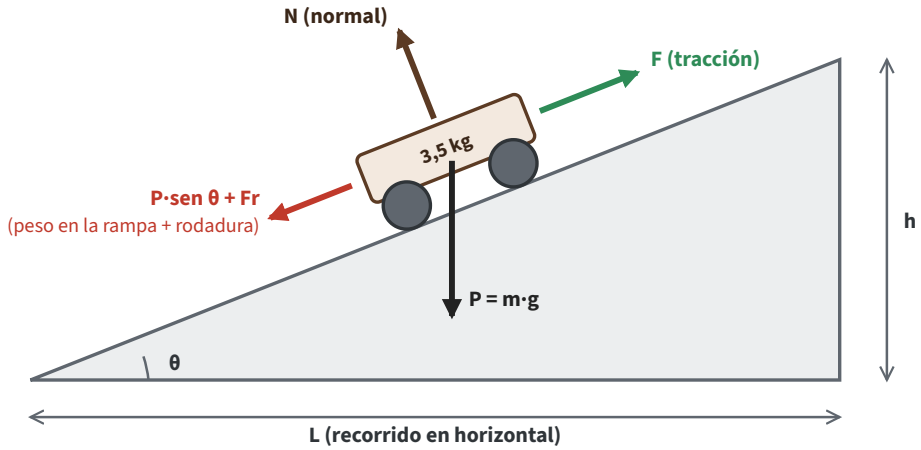
Otras transmisiones: la **cadena** y la correa dentada no deslizan y permiten ejes separados ($\eta \approx 0{,}95$); el **tornillo sin fin** da reducciones muy grandes en poco espacio y suele impedir que la rueda mueva al motor, pero su rendimiento puede ser muy bajo (desde el 30 % hasta cerca del 90 % según el diseño).

Fuente: Esquema de elaboración propia. Los rendimientos son valores orientativos de tablas generales de ingeniería (por ejemplo, Engineering ToolBox: correas 96-98 %, cadenas de rodillos 95-97 %, engranajes rectos mecanizados y lubricados hasta el 99 %) y valores de trabajo para el aula.

F3 Fuerzas sobre el robot en la rampa

ESQUEMA

Fuerzas sobre el robot en la rampa (ángulo exagerado)



Rampa del edificio

L = 5 m, h = 0,40 m

pendiente = h / L = 0,08

= 8 % (θ ≈ 4,6°)

Fuerza de tracción:

F = m·g·(sen θ + Crr·cos θ)

Qué fuerza hay que vencer. Para subir a velocidad constante, la tracción F debe igualar la componente del peso a lo largo de la rampa (m · g · sen θ) más el rozamiento de rodadura (Crr · m · g · cos θ). La pendiente es p = h / L = tan θ. El **par** que deben dar las ruedas es T_rueda = F · r_rueda, repartido entre los motores. En llano θ = 0 y solo queda la rodadura.

Fuente: Esquema de elaboración propia. El ángulo está exagerado para que se vean las fuerzas; la rampa real de 5 m y 0,40 m tiene un ángulo de unos 4,6°.

F4 Datos del motorreductor, las ruedas, los engranajes y las pilas

DATOS

Elemento	Dato	Valor
Motorreductor de CC (reducción interna ya incluida)	Tensión nominal	6 V
	Velocidad en vacío n_0	200 rpm
	Par de bloqueo T_b (con el eje parado)	78 mN·m (≈ 0,8 kgf·cm)
	Intensidad en vacío I_0 / en bloqueo I_b	0,15 A / 1,2 A
Rueda de goma	Diámetro y radio	66 mm y r_rueda = 33 mm (0,033 m)
Engranajes de plástico	Módulo m y dientes disponibles z	m = 1 mm; z = 12, 15, 20, 30, 40, 45 y 48
	Rendimiento de una etapa η	0,90 (valor de trabajo)
Robot	Masa del robot sin carga / carga útil	1,5 kg / 2,0 kg
Suelo del aula	Coeficiente de rodadura Crr (goma sobre linóleo)	0,03 (orientativo)
Constante	Aceleración de la gravedad g	9,81 m/s^2
Alimentación	4 pilas AA alcalinas en serie	6 V

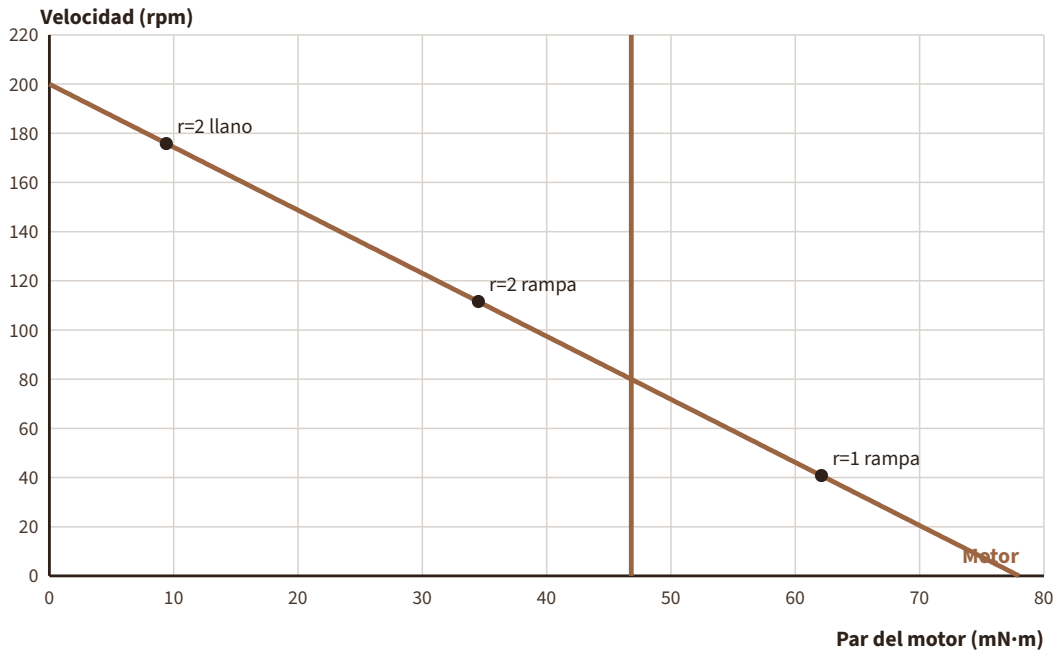
Modelo del motor (lineal): si el motor da un par T, su velocidad es $n = n_0 \cdot (1 - T / T_b)$ y su intensidad $I = I_0 + (T / T_b) \cdot (I_b - I_0)$. El cociente T / T_b es el **porcentaje del par de bloqueo**: cuanto más cerca de 100 %, más corriente, más calor y menos velocidad.

Con una etapa de reducción r entre el motor y la rueda: el par que debe dar el motor es $T_motor = T_rueda / (r \cdot \eta)$ y la velocidad de la rueda es $n_rueda = n_motor / r$. Si el motor mueve la rueda directamente, r = 1 y no hay pérdida adicional (η = 1).

Fuente: Ficha técnica ficticia de componentes genéricos de kit escolar, creada para este cuaderno con valores típicos de motorreductores de CC de 6 V. El modelo lineal par-velocidad es una simplificación válida cerca del punto de trabajo.

F5 Curva par-velocidad del motorreductor y puntos de trabajo

GRÁFICO



Fuente: Gráfica de elaboración propia a partir del modelo lineal de F4 (n_0 = 200 rpm, T_b = 78 mN·m); los puntos de trabajo se han calculado para el robot de 3,5 kg.

Q La recta vertical marca el 60 % del par de bloqueo (46,8 mN·m). ¿Qué punto de trabajo la supera? ¿Qué le pasa a la velocidad del motor cuando aumenta el par que debe dar?

F6 Ejemplo resuelto: reducción r = 2 (z = 20 → 40) en la rampa del 8 %

TEXTO

Datos: m = 1,5 + 2,0 = 3,5 kg; pendiente 0,08; r_rueda = 0,033 m; 2 motores; Crr = 0,03; g = 9,81 m/s²; η = 0,90; n_0 = 200 rpm; T_b = 78 mN·m.

1. **Ángulo.** θ = arctan(0,08) = 4,57°; sen θ = 0,0797 y cos θ = 0,9968.
2. **Fuerza en la rampa.** F = 3,5 · 9,81 · (0,0797 + 0,03 · 0,9968) = 34,34 · 0,1096 = **3,76 N**. En llano: F = 34,34 · 0,03 = 1,03 N.
3. **Par en las ruedas.** T_rueda = F · r_rueda = 3,76 · 0,033 = 0,124 N·m, es decir, 124 mN·m en total y **62,1 mN·m por rueda** (2 motores).
4. **Opción r = 1 (motor directo a la rueda).** 62,1 / 78 = 0,80 → el motor trabaja al **80 %** de su par de bloqueo: **no cumple R4** (máximo 60 %). Su velocidad en rampa sería n = 200 · (1 − 0,80) = 41 rpm → v = 0,14 m/s, por debajo de 0,15 m/s.
5. **Opción r = 2 (z_1 = 20, z_2 = 40).** T_motor = 62,1 / (2 · 0,90) = **34,5 mN·m** → 34,5 / 78 = **44 %** (cumple R4).
6. **Velocidad en la rampa.** n_motor = 200 · (1 − 0,442) = 111,6 rpm → n_rueda = 111,6 / 2 = 55,8 rpm → v = π · 0,066 · 55,8 / 60 = **0,193 m/s** (cumple R3).
7. **Velocidad en llano.** T_motor = 17,0 / (2 · 0,90) = 9,4 mN·m (12 %) → n_motor = 175,8 rpm → n_rueda = 87,9 rpm → v = **0,304 m/s** (cumple R2).
8. **Intensidad en la rampa.** I = 0,15 + 0,442 · (1,2 − 0,15) = **0,61 A** por motor.
9. **Distancia entre ejes** con módulo 1 mm: a = 1 · (20 + 40) / 2 = **30 mm**; diámetros primitivos 20 mm y 40 mm.

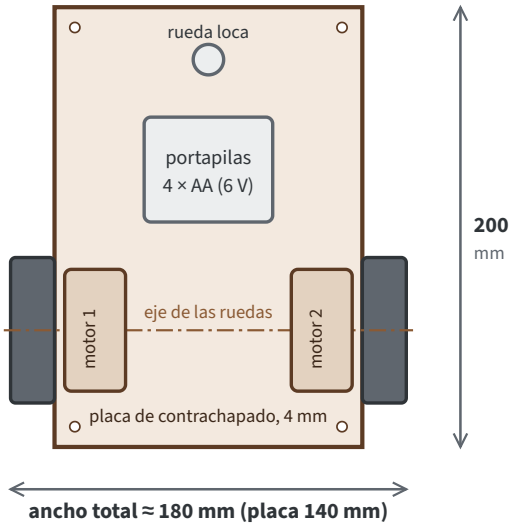
Fuente: Cálculo de elaboración propia con los datos de F1 y F4, comprobado con Python (F10).

Q Repite el paso 5 con z_1 = 15 y z_2 = 45 (r = 3). ¿Qué requisito deja de cumplirse y por qué?

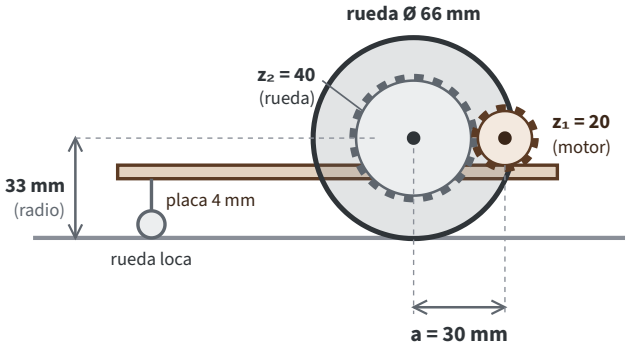
F7 Croquis del chasis y del tren de engranajes

ESQUEMA

Planta (frente arriba)



Perfil izquierdo (frente a la izquierda)



Esquemas sin escala exacta; medidas en mm.

Datos de diseño: placa de 200 × 140 × 4 mm; ruedas motrices de Ø 66 mm con eje a 33 mm del suelo; distancia entre el eje del motor y el eje de la rueda a = 30 mm (con módulo 1 mm y 20 → 40 dientes). Los taladros de fijación del soporte del motor se hacen **alargados** (ranura de 6 mm) para poder ajustar la distancia entre ejes.

Fuente: Croquis de elaboración propia, sin escala exacta; las medidas están en milímetros. La rueda loca y el portapilas son componentes genéricos del kit.

F8 Materiales para el chasis: propiedades y masa de la placa

DATOS

Material (espesor)	Densidad (g/cm³)	Rigidez E (GPa)	Mecanizado en el aula	Impacto ambiental	Masa de la placa (g)
Contrachapado de abedul (4 mm)	0,68	≈ 6-9	Bueno: el docente lo corta con sierra de marquetería; se taladra y se lima bien	Renovable y de buena huella de carbono si procede de bosques gestionados; lleva cola	76
Metacrilato (3 mm)	1,18	≈ 3	Medio: se parte y se astilla; lo corta el docente	Plástico derivado del petróleo; reciclaje difícil en el aula	99
Aluminio (2 mm)	2,70	≈ 69	Difícil: sierra y taladro con supervisión; bordes cortantes	Mucha energía al producirse, pero muy reciclable	151
PLA impreso (4 mm, macizo)	1,24	≈ 3,5	Requiere impresora 3D (no está en el aula)	De origen vegetal; compostable solo en instalaciones industriales	139
Cartón pluma (5 mm)	≈ 0,08	Muy baja	Muy fácil: cúter o tijeras	Bajo; solo sirve para prototipos de prueba	11

Cómo se calcula la masa: volumen = largo × ancho × espesor y masa = densidad × volumen. Por ejemplo, el contrachapado: 20 cm × 14 cm × 0,4 cm = 112 cm³ y 112 cm³ × 0,68 g/cm³ = 76 g. La rigidez del chasis crece mucho con el espesor (la flexión depende de t^3), por eso 4 mm de contrachapado resisten bien con poca masa.

Fuente: Valores orientativos de densidad y módulo de Young de tablas generales de materiales (los del contrachapado dependen de la dirección de la fibra); la masa se ha calculado con el volumen de una placa de 200 × 140 mm y el espesor indicado. Valoración cualitativa de elaboración propia.

F9 Fabricación y montaje seguro del subsistema mecánico

PROTOCOLO

Material y herramientas: placa de contrachapado de 200 × 140 × 4 mm, punta de trazar, regla metálica, escuadra, calibre, lima y lija fina, destornilladores, llave de M3, tornillos y tuercas M3, motorreductores con soporte, engranajes y ruedas del kit, portapilas y módulo controlador.

Equipo de protección y riesgos: riesgo de atrapamiento de dedos, pelo o mangas en engranajes y ruedas; astillas del contrachapado y rebabas; cortocircuito de las pilas. Gafas de protección al limar y lijar; pelo recogido; mangas y cordones sin colgar. El **corte y el taladro** de la placa los hace el docente o se hacen con supervisión directa.

Procedimiento:

1. Traza en la placa los ejes de las ruedas y los taladros del soporte del motor con las medidas del croquis (F7); comprueba cada cota dos veces con el calibre.
2. Pide al docente el taladrado. Los agujeros de fijación del motor son **ranuras** de 6 mm para ajustar la distancia entre ejes.
3. Lima y lija los bordes; elimina astillas.
4. Con las **pilas fuera del portapilas**, monta el motor en su soporte y coloca el engranaje de 20 dientes en su eje y el de 40 dientes en el eje de la rueda.
5. Ajusta la distancia entre ejes a 30 mm ± 0,3 mm con el calibre y aprieta los tornillos M3. Comprueba a mano que los engranajes giran sin atascarse y con una holgura mínima (se nota un pequeño juego).
6. Coloca una cubierta o protección sobre los engranajes y revisa que ninguna pieza roce el chasis.
7. Conecta el módulo controlador y el portapilas. Primer arranque **con las ruedas en el aire**; después, sobre la mesa con topes.
8. Si algo suena raro, huele a caliente o se atasca: para, desconecta las pilas y revisa.

Limpieza y residuos: serrín y astillas al contenedor de residuos; recortes de contrachapado a la caja de reutilización; pilas agotadas al punto de recogida; herramientas en su panel.

Resultado esperable: engranajes con distancia entre ejes de 30 mm ± 0,3 mm, ruedas que giran libres y chasis plano y firme.

Fuente: Protocolo de elaboración propia. Las normas del centro y las indicaciones del docente prevalecen.

F10 Modelo en Python de la transmisión y del motor

CÓDIGO

Cambia los datos de masa, radio, pendiente y relación r para evaluar otras opciones. Con r = 1 el motor mueve la rueda directamente.

PYTHON

```python
import math

G = 9.81            # gravedad (m/s²)
CRR = 0.03          # coeficiente de rodadura (orientativo)
ETA = 0.90          # rendimiento de una etapa de engranajes de plástico
N_MOT = 2           # motores motrices
N0 = 200.0          # velocidad en vacío del motor (rpm)
T_BLOQ = 78.0       # par de bloqueo (mN·m)
I0, I_BLOQ = 0.15, 1.2   # intensidad en vacío y en bloqueo (A)

def ensayo(masa, radio, pendiente, r):
    """Devuelve (v en m/s, % del par de bloqueo, intensidad en A) o None si el motor se bloquea."""
    ang = math.atan(pendiente)
    fuerza = masa * G * (math.sin(ang) + CRR * math.cos(ang))   # N
    par_rueda = fuerza * radio * 1000 / N_MOT                   # mN·m por rueda
    rend = ETA if r > 1 else 1.0                                # sin etapa extra no hay pérdida
    par_motor = par_rueda / (r * rend)                          # mN·m
    fraccion = par_motor / T_BLOQ
    if fraccion ⩾ 1:
        return None
    n_motor = N0 * (1 - fraccion)                               # rpm
    v = (n_motor / r) / 60 * 2 * math.pi * radio                # m/s
    corriente = I0 + fraccion * (I_BLOQ - I0)                   # A
    return v, 100 * fraccion, corriente

print("r     v llano  v rampa  % par rampa  I rampa")
for r in (1, 1.5, 2, 3, 4):
    llano = ensayo(3.5, 0.033, 0.0, r)
    rampa = ensayo(3.5, 0.033, 0.08, r)
    ok = rampa[1] ⩽ 60 and rampa[0] ⩾ 0.15 and llano[0] ⩾ 0.25
    print(f"{r:<4}  {llano[0]:.3f}    {rampa[0]:.3f}    {rampa[1]:5.1f}    {rampa[2]:.2f}     {'cumple' if ok else 'NO cumple'}")
```

Salida esperada: para r = 2 el programa da v = 0,304 m/s en llano, v = 0,193 m/s en la rampa y un 44,2 % del par de bloqueo. Para r = 3 la velocidad en llano baja a 0,212 m/s y no cumple R2.

Fuente: Programa de elaboración propia, ejecutado y comprobado con Python 3. Implementa las fórmulas de F3, F4 y F6; sirve también como simulador cuando no hay kit.

F11 Glosario de mecánica para robots

GLOSARIO

Engranaje	Rueda dentada que transmite el giro a otra rueda dentada; cada par invierte el sentido de giro.
Módulo (m)	Medida del tamaño del diente en mm; dos engranajes solo engranan si tienen el mismo módulo.
Relación de reducción (r)	Cociente entre las velocidades de entrada y de salida, r = n_entrada / n_salida = z_conducida / z_motriz; si r > 1 reduce velocidad y aumenta par. Es la inversa de la relación de transmisión i = n_salida / n_entrada (r = 1 / i).
Par (T)	Efecto de giro de una fuerza; se mide en N·m (o mN·m). T = F · brazo.
Velocidad angular (n o ω)	Vueltas por unidad de tiempo; se expresa en rpm o en rad/s (1 rpm = 2π / 60 rad/s).
Rendimiento (η)	Cociente entre la potencia útil y la absorbida; siempre menor que 1 por el rozamiento.
Par de bloqueo	Par máximo que da un motor con el eje parado; con él la intensidad es máxima y el motor se calienta.
Motorreductor	Motor de CC que lleva un reductor de engranajes integrado.
Distancia entre ejes (a)	Separación entre los centros de dos engranajes: $a = m \cdot (z_1 + z_2) / 2$.
Holgura (backlash)	Pequeño juego entre los dientes de dos engranajes; si es nula se atascan y si es grande saltan.
Coeficiente de rodadura (Crr)	Cociente entre la fuerza de rozamiento de rodadura y el peso; depende de la rueda y del suelo.
Pendiente	Cociente entre el desnivel y el recorrido horizontal; 8 % = 0,08.

Fuente: Glosario de elaboración propia.

ANEXO 3

Fichas del alumnado

SdA 6 · Mecánica para un robot

ALUMNADO

FICHA 1 Analizamos robots y transmisiones

SESIÓN 1

Nombre: _____ **Curso/grupo:** _____ **Fecha:** _____

Primero, el diagnóstico individual. Después, en equipo, lee el encargo del laboratorio (F1) y las transmisiones de F2.

1 Diagnóstico. Marca la respuesta correcta.

Un engranaje de 10 dientes mueve otro de 30 dientes. El engranaje grande, respecto al pequeño, gira…

◯ a la misma velocidad ◯ tres veces más rápido ◯ tres veces más despacio

Cuando un reductor disminuye la velocidad, el par de salida…

◯ disminuye ◯ aumenta ◯ no cambia

El par de un motor se mide en…

◯ N·m (newton metro) ◯ m/s ◯ W (vatio)

Una rampa con pendiente del 8 % sube…

◯ 8 m por cada 1 m en horizontal ◯ 0,8 m por cada 10 m en horizontal ◯ 8 cm por cada 8 m en horizontal

2 Relaciona cada transmisión con la aplicación en la que destaca (F1 y F2).

1	Engranajes rectos	a	Reductor compacto del motor de un robot
2	Correa dentada	b	Bicicleta o carretilla: mucha fuerza entre ejes separados y sin deslizar
3	Cadena y piñones	c	Cabezal de una impresora 3D: mueve sin deslizar y con precisión
4	Tornillo sin fin y rueda	d	Afinador de guitarra o persiana: gran reducción y no retrocede

3 Completa la tabla de requisitos del encargo de F1: ¿qué magnitud se mide, en qué unidad y cómo se comprobará?

Requisito de F1	Magnitud y unidad	¿Cómo se comprobará?
R1. Carga y masa total		
R2. Velocidad en llano		
R3. Velocidad en la rampa		
R4. Trabajo del motor en la rampa		
R5. Placa del chasis		

4 **Elige uno de los tres robots de F1 y dibuja su tren de transmisión como diagrama de bloques (motor → … → rueda o eje de salida). Marca qué elemento cambia velocidad por par y qué magnitud mide cada flecha.**

5 **Antes de elegir el motor, ¿qué dos preguntas técnicas tendríais que responder? Escribidlas como datos que se puedan medir o calcular.**

FICHA 2 Calculamos relaciones de reducción

SESIÓN 2

Usa las fórmulas de F2, los datos de F4 y el ejemplo resuelto F6. Escribe las unidades en todos los resultados.

1 **Completa la tabla de tres montajes de engranajes (rendimiento η = 0,90 por etapa). Escribe una fila de cálculo por montaje en el espacio de abajo si lo necesitas.**

Montaje	Dientes (motriz → conducida)	n entrada (rpm)	T entrada (mN·m)	r	n salida (rpm)	T salida (mN·m)
A	20 → 40	120	30			
B	15 → 45	180	20			
C	40 → 20	100	40			

2 **Un reductor tiene dos etapas: 12 → 36 dientes y 20 → 40 dientes. El motor gira a 200 rpm. Calcula la relación de reducción total, la velocidad de salida y di si la rueda de salida gira en el mismo sentido que el motor o en el contrario.**

3 **Una rueda de Ø 66 mm gira a 88 rpm. Calcula su velocidad lineal en m/s. ¿Cuántas rpm necesita para avanzar a 0,25 m/s? ($v = \pi \cdot d \cdot n / 60$)**

4 **Fuerza en la rampa. Si el robot llevara solo 1 kg de carga (masa total 2,5 kg), calcula la fuerza de tracción en la rampa del 8 % y el par que debe dar cada rueda con 2 motores (r_rueda = 0,033 m, Crr = 0,03).**

5 **Si aumentamos la relación de reducción, el robot gana par pero pierde velocidad. Explica con tus palabras, usando $P = T \cdot \omega$, por qué no podemos ganar las dos cosas a la vez.**

FICHA 3 Diseñamos el chasis y el subsistema

SESIÓN 3

Usa las fuerzas de F3, los datos de F4, la curva de F5, el croquis de F7, los materiales de F8 y el modelo de F10 (en Python o con la hoja de cálculo).

1 **Evalúa tres relaciones de reducción para el robot de 3,5 kg (a mano siguiendo F6 o con F10). Comprueba R2, R3 y R4 de F1.**

Reducción r (dientes)	Par del motor en la rampa (mN·m)	% del par de bloqueo	v en la rampa (m/s)	v en llano (m/s)	¿Cumple R2, R3 y R4?
1,5 (20 → 30)					
2 (20 → 40)					
3 (15 → 45)					

2 **Entre las opciones que cumplen, elige con una matriz de decisión (puntúa de 1 a 5 y multiplica por el peso).**

Criterio	Peso	r = 1,5 (20 → 30)	r = 2 (20 → 40)
Margen de par (menor % del bloqueo)	3		
Velocidad útil en llano	2		
Intensidad y duración de las pilas	2		
Facilidad de montaje y de ajuste	1		
Total (máximo 40)			

3 **Masa del chasis. Calcula la masa de la placa de 200 × 140 mm de contrachapado de 4 mm (0,68 g/cm³) y de aluminio de 2 mm (2,70 g/cm³). ¿Cuál cumple R5 (120 g o menos)?**

4 **Elige el material del chasis con la matriz de decisión usando F8.**

Criterio	Peso	Contrachapado	Metacrilato	Aluminio
Masa de la placa (R5)	3			
Rigidez	2			
Se mecaniza con las herramientas del aula	3			
Impacto ambiental y reparabilidad	2			
Total (máximo 50)				

5 **Dibuja el croquis de vuestro subsistema: planta y perfil izquierdo, con ruedas, motores, engranajes (z), distancia entre ejes y cotas en mm.**

FICHA 4 Fabricamos o simulamos el subsistema

SESIÓN 4

Sigue el protocolo F9 y las medidas del croquis F7. Si no hay kit, simulad con el modelo de F10.

1 **Plan de fabricación. Completa las operaciones, las herramientas, las medidas de control y el riesgo que hay que prevenir.**

Operación	Herramienta	Medida o control	Riesgo y medida de prevención	Quién la hace
Trazado de ejes y taladros				
Corte de la placa				
Taladrado y ranuras				
Limado de bordes				
Montaje de engranajes y ajuste de a				

2 **El eje de la rueda mide Ø 4,0 mm y el taladro se hace con broca de 4,2 mm. Si el eje del motor queda a 29,2 mm del eje de la rueda en lugar de 30 mm, ¿qué le ocurrirá a los engranajes? ¿Y si queda a 30,8 mm? ¿Qué solución da el diseño de F7?**

3 **Completa el programa de simulación (rellena los huecos ___) para calcular la velocidad lineal con un motor de 176 rpm, reducción 20 → 40 y rueda de Ø 66 mm. ¿Qué imprime?**

PYTHON

```python
import math

def v_lineal(rpm_rueda, diametro_mm):
    """Velocidad lineal (m/s) de una rueda."""
    return math.pi * ___ / 1000 * rpm_rueda / ___

def rpm_rueda(rpm_motor, z_motriz, z_conducida):
    r = ___ / ___
    return rpm_motor / r

print(round(v_lineal(rpm_rueda(176, 20, 40), 66), 3))
```

4 **Lista de seguridad del montaje. Marca cada norma cuando todo el equipo la haya entendido.**

- [ ] Las pilas están fuera del portapilas mientras monto engranajes y cables.
- [ ] El corte y el taladro los hace el docente o están supervisados.
- [ ] Llevo gafas al limar y lijar; pelo recogido y mangas sin colgar.
- [ ] Los engranajes tienen cubierta y nada roza el chasis.
- [ ] El primer arranque se hace con las ruedas en el aire.
- [ ] Recojo astillas y recortes y los llevo al contenedor correcto.

FICHA 5 Integramos el motor y comprobamos el primer arranque

SESIÓN 5

Con las pilas desconectadas, monta y revisa el conjunto (F9). El primer arranque se hace con las ruedas en el aire. Los valores del modelo vienen de F4 y F10.

1 **Dibuja el diagrama de bloques de la integración: pilas, módulo controlador de motores, placa de control, motores, engranajes y ruedas. Escribe sobre cada flecha qué viaja (energía eléctrica, señal, giro…).**

2 **Completa el programa de prueba de los motores (módulo controlador con pines de dirección IN1-IN4 y de velocidad ENA y ENB). Los huecos ___ son valores o funciones.**

ARDUINO (C++)

```
const int ENA = 5;   // velocidad (PWM) del motor izquierdo
const int IN1 = 7;   // dirección del motor izquierdo
const int IN2 = 8;
const int ENB = 6;   // velocidad (PWM) del motor derecho
const int IN3 = 9;   // dirección del motor derecho
const int IN4 = 10;

void adelante(int pwm) {
  digitalWrite(IN1, ___);
  digitalWrite(IN2, LOW);
  digitalWrite(IN3, HIGH);
  digitalWrite(IN4, LOW);
  ___(ENA, pwm);
  analogWrite(ENB, pwm);
}

void parar() {
  analogWrite(ENA, ___);
  analogWrite(ENB, 0);
}

void setup() {
  pinMode(ENA, OUTPUT); pinMode(IN1, OUTPUT); pinMode(IN2, OUTPUT);
  pinMode(ENB, OUTPUT); pinMode(IN3, OUTPUT); pinMode(IN4, OUTPUT);
  parar();
  delay(3000);                // tiempo para soltar el robot
}

void loop() {
  for (int pwm = 80; pwm ⩽ 255; pwm += 5) {   // arranque suave
    adelante(pwm);
    delay(20);
  }
  delay(10000);               // 10 s a plena potencia: se cuentan las vueltas
  parar();
  while (true) { }            // fin de la prueba
}
```

3 **Prueba sin carga (ruedas en el aire, 10 s a plena potencia). Cuenta las vueltas de una rueda (marca un punto con cinta) y calcula el error relativo, e = |medido − modelo| / modelo · 100.**

Medida	Modelo (sin carga)	Medido	Error relativo (%)
Vueltas de la rueda en 10 s	16,7		
Velocidad lineal equivalente (m/s)	0,346		
¿Giran las dos ruedas hacia delante?	Sí		

4 **Lista de comprobación del montaje: marca lo que has verificado.**

- [ ] Los tornillos M3 están apretados y los engranajes giran con una pequeña holgura.
- [ ] La distancia entre ejes medida con calibre está en 30 mm ± 0,3 mm.
- [ ] Las dos ruedas giran en el sentido correcto (si no, se invierten los cables del motor).
- [ ] Ningún cable puede engancharse en un engranaje o en una rueda.
- [ ] El portapilas está sujeto y las pilas hacen buen contacto.

FICHA 6 Ensayamos carga y velocidad

SESIÓN 6

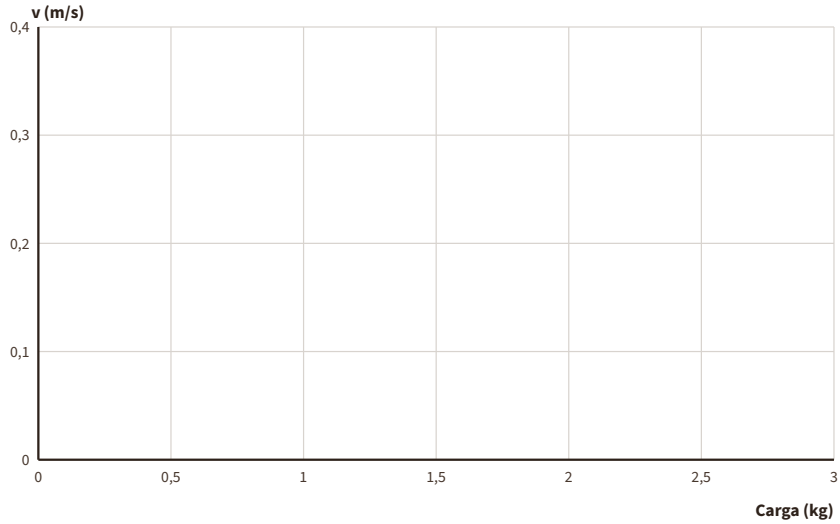
Ensaya en un recorrido de 2 m en llano y en el tablero de 1,25 m con pendiente ≈ 8 %. Repite cada medida tres veces y anota el tiempo medio. Modelo (F10): v en llano 0,328 · 0,316 · 0,304 m/s con 0 · 1 · 2 kg; v en rampa 0,280 · 0,236 · 0,193 m/s.

1 **Registra los ensayos. v = distancia / tiempo (llano: 2 m; rampa: 1,25 m).**

Carga (kg)	t en llano, 2 m (s)	v en llano (m/s)	t en rampa, 1,25 m (s)	v en rampa (m/s)
0				
1				
2				

2 **Calcula el error relativo entre la velocidad medida y la del modelo en cada caso. ¿Es mayor en llano o en rampa? ¿Qué causas explican la diferencia (pilas, holguras, rozamiento, peso real de las piezas)?**

3 **Dibuja los puntos de velocidad medida frente a la carga (en llano y en rampa) y traza la tendencia.**



4 **Relaciona cada síntoma observado en los ensayos con su causa más probable.**

1	El motor gira, se oye un traqueteo y la rueda no avanza	a	Par insuficiente: reducción baja o carga excesiva, motor cerca del bloqueo
2	El motor se calienta y el robot se detiene en la rampa	b	Distancia entre ejes demasiado grande: los dientes saltan
3	El robot se desvía hacia un lado en llano	c	Los dos lados no rinden igual: rozamiento, ruedas o tensión distintos
4	Chirrido y giro duro, incluso con las ruedas en el aire	d	Distancia entre ejes demasiado pequeña: los dientes se clavan

5 **Elegid la mejora de fiabilidad que aplicaréis (otra distancia entre ejes, otra reducción, refuerzo del chasis…), qué dato la justifica y cómo comprobaréis que ha funcionado.**

FICHA 7

Evidencia individual: robot repartidor de la biblioteca

SESIÓN 7

Trabajo individual. Usa las fórmulas de F3, F4 y F6; puedes usar calculadora. Escribe las unidades de todos los resultados.

1 **La biblioteca quiere un robot que reparta libros. Datos: masa total 4,0 kg; 2 motores iguales a los de F4; ruedas de Ø 80 mm (r_rueda = 0,040 m); tramo de rampa de más de 6 m con pendiente del 6 %; Crr = 0,03; η = 0,90 por etapa. Calcula la fuerza de tracción en la rampa y el par que debe dar cada rueda.**

2 **Requisitos: v en llano ≥ 0,30 m/s, v en la rampa ≥ 0,18 m/s y motor al 60 % o menos del par de bloqueo en la rampa. Evalúa las reducciones r = 1,5, 2 y 3 y completa la tabla.**

r	Par del motor en rampa (mN·m)	% del par de bloqueo	v en rampa (m/s)	v en llano (m/s)	¿Cumple?
1,5					
2					
3					

3 **Elige la reducción, indica los dientes de los engranajes ($z_1 \rightarrow z_2$ con módulo 1 mm) y la distancia entre ejes, y justifica la elección con los datos de la tabla.**

4 **Propón dos mejoras de fiabilidad o sostenibilidad para este robot y di cómo comprobarías cada una.**

ANEXO 4

Plantilla del producto final

SdA 6 · Mecánica para un robot

ALUMNADO

Nombre: **Curso/grupo:** **Fecha:**

Memoria técnica del subsistema mecánico. Completadla en equipo a lo largo de las sesiones; es la base de la presentación final.

Encargo y requisitos

Carga, velocidades, rampa, % de par y masa del chasis, con unidades.

Datos de partida

Motor, ruedas, masa, Crr y g.

Esquema de la transmisión y croquis acotado

Planta y perfil con z, ejes, a y cotas en mm.

Cálculos

F, par, r, n, v y % de bloqueo.

Material y fabricación

Material elegido, masa y plan de fabricación.

Montaje y ensayos

Fotos o capturas y tabla modelo-medida con errores relativos.

Mejora y reflexión

Qué cambiamos tras los ensayos y resultado.

Seguridad y sostenibilidad

Protecciones, reparabilidad y fin de vida.

ANEXO 5

Lista de cotejo

SdA 6 · Mecánica para un robot

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Antes de entregar **Subsistema mecánico de robot**, comprueba cada punto y marca la casilla. Si alguno falla, todavía estás a tiempo de mejorarlo.

Contenido del producto

- [ ] Los requisitos incluyen carga, velocidad en llano, velocidad en rampa, % del par de bloqueo y masa del chasis, todos con unidad y valor.
- [ ] La relación de reducción elegida está calculada con la fuerza de la rampa y comprobada con R2, R3 y R4 (tabla de opciones o modelo).
- [ ] Los cálculos de r, n, v y par llevan unidades y concuerdan con los datos de F4.
- [ ] El croquis tiene planta y perfil acotados en mm, con z de cada engranaje y la distancia entre ejes.
- [ ] La distancia entre ejes real está dentro de 30 mm ± 0,3 mm y los engranajes giran sin atascarse.
- [ ] El material del chasis se ha elegido con una matriz que incluye masa, rigidez, mecanizado e impacto ambiental.
- [ ] Hay ensayos con 0, 1 y 2 kg en llano y en rampa, con tiempos repetidos y errores relativos frente al modelo.
- [ ] Los engranajes están protegidos y el montaje se hizo con las pilas desconectadas y primer arranque con las ruedas en el aire.
- [ ] El subsistema se puede reparar (tornillos M3, sin pegar) y se han separado los residuos.

Calidad y rigor

- [ ] He usado el vocabulario técnico, la simbología normalizada y las unidades correctas.
- [ ] He justificado las decisiones con requisitos, pruebas, datos o esquemas, y he indicado sus límites.
- [ ] He respetado las normas de seguridad, privacidad y uso responsable de la situación.
- [ ] He citado las fuentes y respetado las licencias de imágenes, código o modelos utilizados.
- [ ] He revisado la presentación y he incorporado las mejoras de la coevaluación o de las pruebas.

Lo que más me ha costado

Firma del equipo / fecha de entrega

ANEXO 6

Rúbrica imprimible

SdA 6 · Mecánica para un robot

ALUMNADO · DOCENTE

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Rúbrica para valorar **Subsistema mecánico de robot**. Marca el nivel alcanzado en cada indicador.

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial	Nivel
Necesidad y diseño	Traduce el encargo en requisitos medibles (carga, velocidad, rampa, % de par de bloqueo, masa del chasis), evalúa al menos tres relaciones de reducción con el modelo y elige una con una matriz bien calculada y justificada.	Define los requisitos principales y elige una relación de reducción con cálculos correctos y alguna justificación.	Los requisitos son vagos o la elección de la transmisión no se apoya en cálculos.	No relaciona el diseño con el encargo ni calcula la transmisión.	
Funcionamiento / evidencia	El subsistema mueve la carga en llano y en rampa; los ensayos con 0, 1 y 2 kg están registrados, los errores relativos frente al modelo se calculan y se interpretan (rozamiento, holguras, pilas) y se indican los límites.	El subsistema cumple su función principal y se aportan ensayos con carga y alguna comparación con el modelo.	Funciona solo en parte o los ensayos son incompletos o sin comparar con el modelo.	El subsistema no funciona o no hay ensayos.	
Documentación técnica	Esquema acotado de planta y perfil, cálculos con unidades (r, n, v, par, masa), lista de materiales, plan de fabricación y registro de ensayos: otro equipo podría reproducir el subsistema.	Documentación suficiente, con alguna medida, unidad o cálculo sin indicar.	Faltan cálculos, medidas o unidades; cuesta reproducir el montaje.	Documentación insuficiente para entender el diseño.	
Seguridad, ética y sostenibilidad	Trabaja con seguridad (engranajes protegidos, pilas desconectadas al montar, primer arranque en el aire), justifica el material del chasis también por su impacto ambiental y diseña para reparar (tornillos M3, sin pegar).	Cumple las normas de seguridad y considera alguna ventaja ambiental o de reparabilidad.	Necesita recordatorios de seguridad o no considera el impacto del material.	Incumple normas de seguridad o ignora la reparabilidad y el impacto.	
Iteración y cooperación	Usa los datos del ensayo para hacer al menos una mejora justificada (distancia entre ejes, reducción o refuerzo) y la vuelve a medir; los roles se cumplen y las decisiones se toman en equipo.	Propone y aplica una mejora a partir de los ensayos y coopera adecuadamente.	La mejora es superficial o no se mide de nuevo; la cooperación es irregular.	No revisa el subsistema o dificulta el trabajo del equipo.	

Observaciones del docente

Valoración global

ANEXO 7

Autoevaluación y coevaluación

SdA 6 · Mecánica para un robot

ALUMNADO

Nombre: _____ Curso/grupo: _____ Fecha: _____

Parte 1 · Autoevaluación

Afirmación	Aún no	Con ayuda	Bien	Muy bien
Sé calcular la relación de reducción, la velocidad y el par de un tren de engranajes y comprobar si cumple unos requisitos.	○	○	○	○
Sé comparar una medida con el modelo y explicar a qué se debe el error relativo.	○	○	○	○
He cumplido mi rol y mis tareas dentro del equipo.	○	○	○	○
He escuchado y tenido en cuenta las ideas de los demás.	○	○	○	○
He usado datos, pruebas o evidencias para justificar mis decisiones.	○	○	○	○
He revisado y mejorado mi trabajo a partir de la retroalimentación.	○	○	○	○

Dos aprendizajes que he logrado

_____

_____

_____

Una dificultad que he tenido

_____

_____

_____

Una mejora que haré la próxima vez

_____

_____

Parte 2 · Coevaluación de otro equipo

Equipo evaluado: _____

Fortaleza 1

_____

_____

Fortaleza 2

_____

_____

Propuesta de mejora

_____

_____

ANEXO 8

Refuerzo

SdA 6 · Mecánica para un robot

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Aquí tienes el motor, la transmisión y las ruedas ya elegidos para el robot portador, con los datos y los pasos de cálculo guiados. Tu trabajo es entender el montaje, calcular su velocidad y comprobarlo.

Montaje preseleccionado

- **Motor:** motorreductor de CC de 6 V, 200 rpm en vacío, par de bloqueo 78 mN·m.
- **Transmisión:** engranaje motriz de 20 dientes y conducido de 40 dientes (módulo 1 mm).
- **Rueda:** Ø 66 mm (r_rueda = 33 mm).
- **Distancia entre ejes:** a = 1 · (20 + 40) / 2 = 30 mm.
- **Chasis:** placa de contrachapado de 200 × 140 × 4 mm (76 g).

Pasos guiados

1. Relación de reducción: r = dientes de la conducida ÷ dientes de la motriz.
2. Velocidad de la rueda: n_rueda = n_motor ÷ r.
3. Velocidad lineal: v = π · d · n ÷ 60, con d en metros y n en rpm.
4. Comprueba el resultado: ¿es mayor o menor que 0,25 m/s? (sin carga, el valor será algo mayor).

1 **Completa el boceto del montaje: dibuja los dos engranajes con sus dientes (z), la distancia entre ejes y la rueda, y marca con una flecha el sentido de giro de cada elemento.**

2 **Calcula la velocidad del robot sin carga con los datos del apoyo. Rellena los huecos.**

r = _____ ÷ _____ = _____

n rueda = 200 ÷ _____ = _____ rpm

v = π · 0,066 · _____ ÷ 60 = _____ m/s

3 **Comprueba el montaje y anota qué cambiarías si algo no cumple.**

Comprobación	¿Cumple? (sí/no)	Si no cumple, ¿qué cambio?
Los engranajes giran sin atascarse y con una pequeña holgura		
La distancia entre ejes mide 30 mm ± 0,3 mm		
Los engranajes tienen cubierta		
La velocidad calculada supera 0,25 m/s		

ANEXO 9

Ampliación

SdA 6 · Mecánica para un robot

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Optimizar para otro requisito: el robot de paseo de la feria de ciencias

El centro presta el robot a la feria de ciencias, donde circulará entre visitantes. Hay un nuevo requisito de **velocidad y carga** distinto del del laboratorio: debe llevar 1 kg de carga (masa total 2,5 kg), moverse en llano entre **0,40 y 0,50 m/s** (más rápido que antes, pero con un máximo de seguridad) y subir un tramo de rampa del 6 % a 0,25 m/s o más, con los motores al 60 % o menos de su par de bloqueo. Usad el mismo motor, las ruedas de Ø 66 mm y los engranajes de F4.

Pasos

1. Calcula con el modelo (F10 o a mano) la velocidad en llano, la velocidad en la rampa del 6 % y el % del par de bloqueo para las reducciones r = 1, 1,5, 2 y 3.
2. Decide qué reducción cumple todos los requisitos y elige los dientes de los engranajes; calcula la nueva distancia entre ejes.
3. Explica qué cambia respecto al diseño del laboratorio (velocidad, par, consumo) y qué ajuste mecánico tendrías que hacer en las ranuras del soporte del motor.
4. Propón una mejora para que el robot sea seguro entre visitantes (por ejemplo, limitar la velocidad máxima o proteger las ruedas) y cómo comprobarías que funciona.

1 **Tabla de resultados del modelo para m = 2,5 kg, pendiente 6 % y r_rueda = 0,033 m.**

r	v en llano (m/s)	v en rampa 6 % (m/s)	% del par de bloqueo en rampa	¿Cumple?
1				
1,5				
2				
3				

Entrega

Ficha de optimización con la tabla de resultados, la reducción elegida con sus dientes y su distancia entre ejes, y el plan de ensayo de seguridad.

ANEXO 10

Guía docente y soluciones

SdA 6 · Mecánica para un robot

DOCENTE

Ficha 1

1. Diagnóstico: tres veces más despacio; aumenta; N·m (newton metro); 0,8 m por cada 10 m en horizontal (0,08 = 8 %).
2. Engranajes rectos → reductor compacto del motor de un robot; correa dentada → cabezal de una impresora 3D (mueve sin deslizar y con precisión); cadena y piñones → bicicleta o carretilla (mucha fuerza entre ejes separados); tornillo sin fin → afinador o persiana (gran reducción y no retrocede).
3. R1: masa en kg (total 3,5 kg), con una báscula. R2: velocidad en m/s, cronometrando 2 m en llano (v = distancia ÷ tiempo ≥ 0,25 m/s). R3: velocidad en m/s al recorrer la rampa de prueba (≥ 0,15 m/s). R4: porcentaje del par de bloqueo (≤ 60 %), calculado con el modelo y comprobado con la intensidad con el multímetro. R5: masa de la placa en g (≤ 120 g), con la báscula.
4. Diagrama modelo (aspirador): pilas → controlador → motor de CC (energía eléctrica → giro rápido y par bajo) → reductor de engranajes (cambia velocidad por par) → rueda. Valorar flechas con magnitud (V, A, rpm, N·m).
5. Respuesta abierta. Ejemplos: ¿qué fuerza y qué par necesito para subir la rampa con 3,5 kg? ¿A qué velocidad trabajará el motor con esa carga y con qué reducción?

Ficha 2

1. A: r = 40/20 = 2; n = 120/2 = 60 rpm; T = 30 · 2 · 0,9 = 54 mN·m. B: r = 45/15 = 3; n = 180/3 = 60 rpm; T = 20 · 3 · 0,9 = 54 mN·m. C: r = 20/40 = 0,5 (multiplicador); n = 100/0,5 = 200 rpm; T = 40 · 0,5 · 0,9 = 18 mN·m.
2. $r_1 = 36/12 = 3$ y $r_2 = 40/20 = 2$; r total = 3 · 2 = 6; n salida = 200/6 = 33,3 rpm. Cada par de engranajes invierte el sentido; con dos etapas, la rueda de salida gira en el mismo sentido que el motor.
3. v = π · 0,066 · 88 / 60 = 0,304 m/s. Para 0,25 m/s: n = 60 · v / (π · d) = 60 · 0,25 / (π · 0,066) = 72,3 rpm.
4. θ = arctan(0,08) = 4,57°; F = 2,5 · 9,81 · (0,0797 + 0,03 · 0,9968) = 24,53 · 0,1096 = 2,69 N; par total = 2,69 · 0,033 = 0,0887 N·m = 88,7 mN·m; por rueda 44,4 mN·m.
5. P = T · ω se conserva en el caso ideal: si multiplicamos el par por r, la velocidad angular se divide por r. Con rozamiento (η < 1) se pierde potencia, nunca se gana. Se gana par a cambio de velocidad.

Ficha 3

1. r = 1,5: T_motor = 62,1 / (1,5 · 0,9) = 46,0 mN·m (59 %); v rampa 0,189 m/s; v llano 0,386 m/s; cumple (con poco margen en R4). r = 2: 34,5 mN·m (44 %); 0,193 m/s; 0,304 m/s; cumple. r = 3: 23,0 mN·m (29 %); 0,162 m/s; 0,212 m/s; no cumple R2 (0,212 < 0,25).
2. Modelo de puntuaciones: r = 1,5: 2·3 + 5·2 + 3·2 + 4·1 = 26; r = 2: 5·3 + 4·2 + 4·2 + 4·1 = 35 sobre 40. Gana r = 2 (20 → 40, a = 30 mm) por su mayor margen de par y menor intensidad. Admitir otras puntuaciones coherentes.
3. Contrachapado: 20 · 14 · 0,4 = 112 cm^3 → 112 · 0,68 = 76 g (cumple). Aluminio: 20 · 14 · 0,2 = 56 cm^3 → 56 · 2,70 = 151 g (no cumple R5).
4. Modelo (peso × puntuación 1-5): contrachapado 3·5 + 2·4 + 3·5 + 2·4 = 46; metacrilato 3·4 + 2·2 + 3·3 + 2·2 = 29; aluminio 3·1 + 2·5 + 3·2 + 2·3 = 25. Gana el contrachapado.
5. Croquis: planta y perfil con la placa 200 × 140 mm, ruedas de Ø 66 mm, $z_1 = 20$, $z_2 = 40$, a = 30 mm, ranuras en el soporte y cotas en mm.

Ficha 4

1. Ejemplo: trazado (punta de trazar, escuadra; error de 0,5 mm o menos; riesgo: pinchazo, trabajar con calma; alumnado); corte (sierra de marquetería; docente); taladrado y ranuras (taladro de columna; Ø 3,2 mm y ranura de 6 mm; docente o supervisión; gafas, pieza sujeta); limado (lima y lija; sin rebabas; gafas; alumnado); montaje y ajuste de a (calibre; 30 ± 0,3 mm; pilas desconectadas; alumnado).
2. A 29,2 mm los dientes se clavan (holgura nula): chirrido, calentamiento y desgaste. A 30,8 mm hay demasiada holgura: los dientes pueden saltar bajo carga. La solución es hacer ranuras en el soporte del motor y ajustar la distancia con calibre hasta 30 mm ± 0,3 mm.
3. Huecos: diametro_mm; 60; z_conducida; z_motriz (r = 40/20 = 2; 176/2 = 88 rpm). Imprime 0.304 (v = π · 0,066 · 88 / 60).
4. Lista de seguridad: todas las casillas marcadas antes de empezar a montar.

Ficha 5

1. Diagrama: pilas (6 V, energía eléctrica) → módulo controlador de motores (potencia) ← placa de control (señales de dirección y PWM); controlador → motores (corriente) → engranajes (giro, par) → ruedas (movimiento).
2. Huecos: HIGH; analogWrite; 0. (digitalWrite(IN1, HIGH); analogWrite(ENA, pwm); analogWrite(ENA, 0)).
3. Modelo sin carga: n_rueda = 200 / 2 = 100 rpm → 16,7 vueltas en 10 s y v = π · 0,066 · 100 / 60 = 0,346 m/s. Resultado plausible: 15,5 vueltas (error relativo = |15,5 − 16,7| / 16,7 · 100 = 7 %), por rozamiento de los engranajes y tensión algo menor de las pilas.
4. Comprobaciones: todas marcadas antes de poner el robot sobre la mesa.

Ficha 6

1. Resultados plausibles (tres tiempos medios): 0 kg: 6,6 s en 2 m (0,30 m/s) y 4,9 s en 1,25 m (0,26 m/s); 1 kg: 6,9 s (0,29 m/s) y 5,8 s (0,22 m/s); 2 kg: 7,3 s (0,27 m/s) y 7,2 s (0,17 m/s).
2. Errores plausibles: llano con 2 kg: |0,27 − 0,304| / 0,304 = 11 %; rampa con 2 kg: |0,17 − 0,193| / 0,193 = 12 %. Suele ser algo mayor en rampa. Causas: pilas con tensión menor de 6 V al dar corriente, rozamiento extra en engranajes y ejes, holguras y masa real de las piezas. Valorar que el modelo sobrestima la velocidad.
3. Gráfica: dos curvas decrecientes con la carga; en rampa la caída es mayor (pendiente más acusada). Valorar ejes rotulados con unidades.
4. Traqueteo y la rueda no avanza → distancia entre ejes demasiado grande (los dientes saltan); motor caliente y se detiene en la rampa → par insuficiente (motor cerca del bloqueo); se desvía → los dos lados no rinden igual; chirrido y giro duro sin carga → distancia entre ejes demasiado pequeña.
5. Mejora modelo: reajustar la distancia entre ejes a 30 mm, lubricar con una gota de aceite de máquina de coser y comprobar que los tiempos mejoran; o repartir la carga más cerca del eje motriz para evitar el patinaje.

Ficha 7

1. θ = arctan(0,06) = 3,43°; F = 4,0 · 9,81 · (0,0598 + 0,03 · 0,9982) = 39,24 · 0,0898 = 3,52 N; par total = 3,52 · 0,040 = 0,141 N·m; por rueda 70,5 mN·m.
2. r = 1,5: T_motor = 52,2 mN·m (67 %), v rampa 0,185 m/s, v llano 0,434 m/s: no cumple R4 (67 % > 60 %). r = 2: 39,2 mN·m (50 %), v rampa 0,209 m/s, v llano 0,349 m/s: cumple. r = 3: 26,1 mN·m (34 %), v rampa 0,186 m/s, v llano 0,248 m/s: no cumple v llano (< 0,30).
3. Elección: r = 2 ($z_1 = 20 \rightarrow z_2 = 40$, módulo 1 mm; a = 30 mm) porque es la única que cumple los tres requisitos (50 % del bloqueo, 0,209 m/s en rampa y 0,349 m/s en llano).
4. Mejoras posibles: protección de engranajes y ruedas (seguridad), tornillos M3 en lugar de pegar (reparación), contrachapado en vez de plástico (renovable), sensor de parada o limitar la velocidad máxima; cada una con una prueba (medir v máxima, desmontar y volver a montar en 5 minutos).

Refuerzo (Anexo 8)

1. Boceto: engranaje de 20 dientes (motriz, horario) y de 40 dientes (conducido, antihorario), distancia entre ejes 30 mm, rueda de Ø 66 mm solidaria con el engranaje de 40.
2. r = 40 ÷ 20 = 2; n rueda = 200 ÷ 2 = 100 rpm; v = π · 0,066 · 100 ÷ 60 = 0,346 m/s.
3. Tabla: respuestas según el montaje de cada alumno; el último apartado cumple (0,346 > 0,25 m/s). Si los engranajes se atascan, ensanchar la ranura y reajustar a.

Ampliación (Anexo 9)

1. Resultados del modelo (m = 2,5 kg, r_rueda = 0,033 m): r = 1: v llano 0,584 m/s (supera 0,50); r = 1,5: 0,408 m/s llano, 0,302 m/s en rampa 6 %, 34,5 % del bloqueo (cumple todo); r = 2: 0,316 m/s en llano (no llega a 0,40); r = 3: 0,217 m/s (no cumple). Elección: r = 1,5 con 20 → 30 dientes, a = 1 · (20 + 30) / 2 = 25 mm (ranuras de 6 mm permiten pasar de 30 a 25 mm). El robot es más rápido y consume menos intensidad en llano, pero el margen de par en rampa es menor. Valorar un plan de ensayo de seguridad realista (velocidad máxima medida, parada, ruedas protegidas).

Notas para el docente: temporalización, seguridad y diferenciación

- Temporalización: sesión 1 (encargo y diagnóstico), sesión 2 (cálculos, 50 min), sesión 3 (matrices y croquis), sesión 4 (fabricación: el docente debe tener las placas cortadas y taladradas con antelación), sesión 5 (montaje y arranque), sesión 6 (ensayos; preparar el tablero y las cajas de 1 y 2 kg) y sesión 7 (memoria, presentaciones de 3 minutos y ficha individual de 15 minutos).
- Seguridad: pilas fuera del portapilas durante el montaje; corte y taladro solo por el docente o con supervisión directa; primer arranque con las ruedas en el aire; engranajes con cubierta; topes en el borde de la mesa. Comprobar antes de entregar los kits que los portapilas y los contactos no estén dañados.
- Diferenciación: el Anexo 8 entrega el montaje y los pasos de cálculo guiados; el Anexo 9 cambia el requisito de velocidad y carga y obliga a rediseñar la reducción. Los roles rotatorios (coordinación, documentación, material y seguridad, pruebas y comunicación) garantizan la participación de todos.
- Versión sin kit: el modelo de F10 permite hacer toda la situación en simulación (hoja de cálculo o Python); los ensayos de la ficha 6 se sustituyen por la comparación entre dos configuraciones del modelo y se discute qué fenómenos reales no recoge (rozamiento extra, holguras, caída de tensión de las pilas).

Errores frecuentes

- Confundir $r = z_2 / z_1$ con z_1 / z_2, o invertir el efecto: la reducción disminuye la velocidad y aumenta el par, no al revés.
- Mezclar unidades: diámetro en mm con metros, par en N·m con mN·m o rpm con rad/s.
- Olvidar el rendimiento (η) al calcular el par de salida, o aplicarlo al calcular la velocidad (el rendimiento afecta al par, no a la relación de velocidades).
- Dividir la fuerza de la rampa entre una sola rueda o motor cuando en realidad la reparten dos.
- Elegir la reducción solo por la velocidad en vacío, sin comprobar el porcentaje del par de bloqueo en la rampa.
- Montar los engranajes sin holgura o con demasiada: no medir la distancia entre ejes con el calibre.

Criterios para valorar respuestas abiertas

- Aceptar cualquier reducción distinta de r = 2 si está calculada con el modelo, cumple los requisitos de F1 y la justificación es coherente con la tabla de opciones.
- En las matrices, admitir pesos y puntuaciones distintos si son coherentes con los requisitos y la aritmética es correcta.
- Valorar más los cálculos con unidades, los ensayos repetidos y la interpretación del error relativo que el acabado del chasis.
- En la ficha 7, exigir que la elección se apoye en los tres requisitos; admitir mejoras distintas siempre que tengan una prueba medible.

07

SITUACIÓN DE APRENDIZAJE

Control programado

PREGUNTA GUÍA

¿Cómo diseñamos un sistema que mida una variable y actúe automáticamente?

CURSO 4.º ESO	**SESIONES** 7 sesiones	**BLOQUES DE SABERES** C
COMPETENCIAS ESPECÍFICAS CE3, CE4, CE5	**PRODUCTO FINAL** Sistema de control con microcontrolador o simulador	**CRITERIOS DE EVALUACIÓN** 4.1, 5.1, 3.1

Contexto, reto y producto

En el huerto escolar del IES Sierra Alta (centro ficticio) hay un pequeño invernadero de 3 m × 2 m donde la profesora de Biología, Lucía Ferrer, cría plántulas de tomate y lechuga. En mayo, durante un fin de semana soleado, el aire del interior superó los 38 °C y se secaron dos bandejas. El alumno de 4.º Karim Haddad propone una solución automática: un sistema que **mida la temperatura** y **encienda un ventilador** cuando haga falta, sin que nadie tenga que abrir ni cerrar nada. El club de huerto ya tiene el ventilador; el reto es el sistema de control.

En esta situación el alumnado diseña, programa y verifica un **sistema de control en lazo cerrado** con microcontrolador o con simulador. Identifica el controlador, el sensor y el actuador; convierte la lectura del conversor analógico-digital (ADC) en grados Celsius con cálculos y unidades; calcula la etapa de potencia (resistencia de base y de los LED); diseña un algoritmo con **histéresis**, **tiempo mínimo entre cambios** y **modo seguro** si el sensor falla; lo programa; lo calibra con un termómetro de referencia, mide su respuesta y compara su comportamiento con una simulación en Python; provoca fallos controlados y documenta cómo se recupera. El producto final es un sistema de control verificado, con diagrama de bloques, esquema, programa y registro de pruebas.

Reto

Diseñar, programar y verificar (con placa o con simulador) un sistema que mida la temperatura del invernadero y active el ventilador con histéresis, tiempo mínimo y modo seguro ante fallo del sensor, documentando calibración, ensayos y recuperación.

Producto final

Sistema de control con microcontrolador o simulador.

Enfoque: Proyecto / análisis / simulación / prototipado

Vinculación curricular

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS MOVILIZADAS (SÍNTESIS)

- **CE3** Expresar, comunicar y difundir ideas y soluciones tecnológicas con la terminología y los recursos adecuados, en una dinámica de mejora continua.
- **CE4** Desarrollar soluciones automatizadas e incorporar tecnologías emergentes para diseñar y construir sistemas de control programables y robóticos.
- **CE5** Aprovechar y configurar las herramientas digitales aplicando conocimientos interdisciplinares para resolver tareas de forma eficiente.

Criterios de evaluación seleccionados (redacción oficial del RD 217/2022)

4.1 Diseñar, construir, controlar o simular sistemas automáticos programables y robots que sean capaces de realizar tareas de forma autónoma, aplicando conocimientos de mecánica, electrónica, neumática y componentes de los sistemas de control, así como otros conocimientos interdisciplinares.

5.1 Resolver tareas propuestas de manera eficiente, mediante el uso y configuración de diferentes aplicaciones y herramientas digitales, aplicando conocimientos interdisciplinares con autonomía.

3.1 Intercambiar información y fomentar el trabajo en equipo de manera asertiva, empleando las herramientas digitales adecuadas junto con el vocabulario técnico, símbolos y esquemas de sistemas tecnológicos apropiados.

Saberes básicos oficiales seleccionados (transcripción del RD 217/2022)

Código	Saber básico
C1	Componentes de sistemas de control programado: controladores, sensores y actuadores.
C2	El ordenador y los dispositivos móviles como elementos de programación y control. Trabajo con simuladores informáticos en la verificación y comprobación del funcionamiento de los sistemas diseñados. Iniciación a la inteligencia artificial y el big data: aplicaciones. Espacios compartidos y discos virtuales.
C4	Robótica. Diseño, construcción y control de robots sencillos de manera física o simulada.

Concreción didáctica en esta situación

- Componentes de un sistema de control programado (C1): controlador (microcontrolador), sensor (TMP36, 10 mV/°C con 500 mV a 0 °C) y actuador (ventilador de 5 V con etapa de potencia de transistor y diodo).
- Entrada analógica de 10 bits: 5 V repartidos en 1023 escalones (4,89 mV, equivalentes a 0,49 °C con el TMP36), conversión adc → V → °C y promedio de N lecturas para reducir el ruido.
- Lógica de control: comparación con umbrales, histéresis (ON 27 °C, OFF 25 °C), tiempo mínimo entre conmutaciones con millis() sin bloquear el programa, estado seguro y recuperación ante fallo.
- Ordenador y simulador como herramientas de verificación (C2): programa en el IDE, simulación en Python del invernadero para comparar estrategias y registro de datos en un espacio compartido con control de versiones.
- Calibración con un termómetro de referencia (desfase y ganancia), error de medida y respuesta temporal; robótica y automatización sencillas (C4): sistema que actúa de forma autónoma.
- Etapa de potencia: corriente de base para saturar el transistor, resistencia limitadora de los LED (serie E12) y diodo de protección frente a la carga inductiva del motor.

Objetivos didácticos

- Identificar controlador, sensor y actuador de un sistema de lazo cerrado y dibujar su diagrama de bloques.
- Convertir lecturas del ADC en tensión y temperatura, calcular la resolución y dimensionar resistencias de la etapa de potencia.
- Diseñar y programar un algoritmo con histéresis, tiempo mínimo y modo seguro.
- Calibrar el sensor, medir la respuesta del sistema y verificarla en simulador o placa.
- Provocar fallos controlados, documentar la recuperación y proponer una mejora.

Metodología

Aprendizaje basado en retos

La tarea parte de una necesidad, problema, sistema o decisión técnica con un producto verificable.

Iteración

Se planifica, construye/configura/simula, prueba, registra el fallo y se mejora.

Pensamiento técnico

Las decisiones se justifican mediante requisitos, esquemas, datos, pruebas, criterios de seguridad y limitaciones.

Trabajo cooperativo

Roles rotatorios: coordinación, documentación, material/seguridad, pruebas y comunicación.

Competencia digital

Las herramientas digitales se usan cuando aportan diseño, simulación, programación, documentación o colaboración, no como mero adorno.

Secuencia de sesiones y actividades

Cada sesión genera una **evidencia** que se recoge en la ficha correspondiente del Anexo 3. Los datos, esquemas, especificaciones y ejemplos de trabajo están en el dossier técnico del Anexo 2.

1

SESIÓN 1

Definimos la variable y el objetivo de control: requisitos del invernadero y diagrama de bloques del lazo cerrado

Evidencia: Ficha 1: diagnóstico, relación de elementos del lazo (F2), ficha de la variable controlada y criterios de éxito medibles.

Ficha: Anexo 3 · ficha 1

2

SESIÓN 2

Probamos el sensor y el actuador: conversión adc → V → °C, resolución y etapa de potencia

Evidencia: Ficha 2: tabla de conversión, resolución del ADC, cálculo de R1 y de los LED (F4, F5) y registro de prueba del sensor frente a un termómetro.

Ficha: Anexo 3 · ficha 2

3

SESIÓN 3

Diseñamos el algoritmo: tabla de estados, histéresis, tiempo mínimo y modo seguro

Evidencia: Ficha 3: tabla de estados a partir del diagrama de flujo (F6), traza con umbral único y con histéresis y pseudocódigo del modo seguro.

Ficha: Anexo 3 · ficha 3

4

SESIÓN 4

Programamos el control y lo verificamos en simulador o placa

Evidencia: Ficha 4: programa completado, depuración de un programa con errores, tabla de pruebas en simulador y registro de versiones.

Ficha: Anexo 3 · ficha 4

5

SESIÓN 5

Calibramos el sensor y medimos la respuesta del sistema

Evidencia: Ficha 5: calibración con termómetro de referencia, registro de 10 minutos, número de conmutaciones y comparación con la simulación (F8).

Ficha: Anexo 3 · ficha 5

6

SESIÓN 6

Probamos fallos controlados, diagnosticamos por bloques y mejoramos el sistema

Evidencia: Ficha 6: tabla de fallos y recuperación, comparación de estrategias con F8, diagnóstico por bloques y mejora propuesta con su prueba.

Ficha: Anexo 3 · ficha 6

7

SESIÓN 7

Demostración con diagrama de bloques y evidencia individual con un sistema nuevo

Evidencia: Producto final (Anexo 4) y Ficha 7: sistema de riego automático con histéresis y modo seguro propio, trazado con datos de un sensor de humedad.

Ficha: Anexo 3 · ficha 7

Evaluación

La evaluación combina evidencia del proceso, producto o configuración final, documentación técnica, pruebas/validación, trabajo seguro y una tarea individual de transferencia. El acabado visual no sustituye la funcionalidad, el razonamiento ni la trazabilidad de las decisiones.

Criterios, evidencias e instrumentos

Criterio	Evidencia principal	Instrumento
4.1	Diseño, montaje o simulación y ensayo de un sistema automático en lazo cerrado: diagrama de bloques, esquema con símbolos normalizados, cálculo de ADC y resistencias, histéresis y modo seguro, y resultados de pruebas con fallos controlados.	Fichas 1, 2, 3, 5 y 6 y sistema / rúbrica y lista de cotejo
5.1	Uso eficiente de herramientas digitales: programa completo y depurado en el IDE o simulador, simulación en Python del invernadero, hoja de cálculo para estadísticas del registro y gestión de versiones en el espacio compartido.	Fichas 4 y 5, programa y registro de datos / rúbrica y observación sistemática
3.1	Comunicación técnica y trabajo en equipo: diagrama de bloques, símbolos IEC y vocabulario correcto (consigna, perturbación, histéresis, ADC), memoria del Anexo 4, roles rotatorios y decisiones registradas.	Plantilla (Anexo 4), Ficha 1 y demostración / rúbrica y coevaluación

Rúbrica del producto final

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial
Necesidad y diseño	Traduce el problema del invernadero en requisitos medibles (umbrales, tiempo mínimo, rango de sensor válido, estado seguro), dibuja el lazo con todos sus bloques y justifica con datos la histéresis elegida frente al umbral único.	Define los requisitos principales, dibuja el diagrama de bloques y elige la histéresis con alguna justificación.	Los requisitos son vagos o el diagrama omite bloques (por ejemplo, perturbación o realimentación).	No relaciona el sistema con la necesidad ni identifica sus bloques.

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial
Funcionamiento / evidencia	El sistema enciende y apaga con histéresis y tiempo mínimo, entra en modo seguro ante fallo y se recupera; hay registro de pruebas con datos, calibración con error calculado y comparación con la simulación, interpretando los límites.	El sistema cumple su función principal; hay pruebas con datos y alguna calibración o comparación.	Funciona solo en parte (por ejemplo, conmuta sin parar o no gestiona el fallo) o las pruebas son incompletas.	El sistema no funciona o no hay pruebas.
Documentación técnica	Diagrama de bloques, esquema con símbolos IEC, diagrama de flujo o tabla de estados, programa comentado con versiones, cálculos con unidades y tabla de pruebas: otro equipo podría reproducir el sistema.	Documentación suficiente, con algún cálculo, unidad o comentario sin indicar.	Faltan esquemas, cálculos o pruebas; cuesta reproducir el sistema.	Documentación insuficiente para entender el sistema.
Seguridad, ética y sostenibilidad	Trabaja en baja tensión y con la alimentación desconectada al cablear, define un estado seguro razonado, usa datos ficticios, guarda los registros en el espacio del centro y valora el consumo del actuador y la reutilización de componentes.	Cumple las normas de baja tensión y define un estado seguro; considera algún aspecto de consumo o datos.	Necesita recordatorios de seguridad o no razona el estado seguro.	Incumple normas de seguridad o ignora el fallo del sensor.
Iteración y cooperación	Usa los datos de calibración, de la simulación y de los fallos para mejorar el sistema (parámetros o algoritmo) y vuelve a medir; los roles se cumplen y las decisiones se registran en las versiones del programa.	Propone y aplica una mejora a partir de los datos y coopera adecuadamente.	La mejora es superficial o no se vuelve a medir; la cooperación es irregular.	No revisa el sistema o dificulta el trabajo del equipo.

Recursos y seguridad

Recursos y materiales

- Por equipo: placa de control tipo Arduino UNO con cable USB, protoboard, sensor TMP36, 1 transistor NPN de uso general (por ejemplo, BC337 o 2N2222), 1 diodo 1N4007, 1 resistencia de 560 Ω, 2 de 330 Ω, 1 LED rojo, 1 LED verde, 1 ventilador de 5 V de 150 mA o menos con rejilla, y cables de conexión.
- Medida: multímetro, termómetro de referencia de laboratorio, cronómetro (móvil) y cinta para fijar el sensor. Con simulador de circuitos (por ejemplo, Tinkercad Circuits) basta un ordenador por pareja.
- Software: IDE de Arduino o simulador, hoja de cálculo y Python 3 para el modelo de F8, y un espacio compartido del centro para guardar programas y registros (con nombres de versión). Plantillas de los Anexos 3 y 4.

Seguridad, privacidad y uso responsable

Solo baja tensión (5 V del USB o de la placa): nunca se conecta ni se controla la red de 230 V. Se desconecta la alimentación antes de cablear, los LED llevan resistencia, el ventilador se toca solo parado y con rejilla, y no se abren cargadores. Datos y nombres ficticios; los registros se guardan en el espacio compartido del centro.

Interdisciplinariedad: Física y Química (tensión, resistencia, potencia y medida de temperatura) y Matemáticas (proporcionalidad, funciones lineales, error y estadística básica).

Atención a la diversidad (DUA), refuerzo y ampliación

Representación

Modelos, esquemas, fotografías, simulaciones, tutoriales breves, ejemplos resueltos y vocabulario técnico visual.

Acción y expresión

Memoria, maqueta, prototipo, simulación, código, plano o presentación cuando sea compatible con el criterio evaluado.

Implicación

Retos cercanos, elección acotada, roles de equipo y pruebas con propósito realista.

Apoyo / refuerzo

Anexo 8

Programa base y sensor asignado.

Ampliación

Anexo 9

Implementar histéresis/temporización para evitar conmutaciones innecesarias.

ANEXO 1

Lanzamiento del reto

SdA 7 · Control programado

ALUMNADO

Un fin de semana de mayo, el invernadero del huerto superó los 38 °C y dos bandejas de plántulas se secaron. Nadie estaba allí para abrir una ventana. Karim lo tiene claro: que lo haga un sistema automático. Pero ¿qué pasa si el ventilador se enciende y se apaga cada segundo porque el sensor oscila 0,3 °C? ¿Y si el sensor se desconecta y el sistema cree que hace frío? Durante siete sesiones vais a construir (o simular) un sistema de control completo: sensor, microcontrolador, etapa de potencia y ventilador. Lo programaréis, lo calibraréis, lo pondréis a prueba con fallos y lo defenderéis con datos.

> *¿Cómo diseñamos un sistema que mida una variable y actúe automáticamente?*

Vuestro reto

Diseñar, programar y verificar (con placa o con simulador) un sistema que mida la temperatura del invernadero y active el ventilador con histéresis, tiempo mínimo y modo seguro ante fallo del sensor, documentando calibración, ensayos y recuperación.

Lo que vais a producir

Sistema de control con microcontrolador o simulador.

Seguridad. Solo baja tensión (5 V del USB o de la placa): nunca se conecta ni se controla la red de 230 V.

Hoja de ruta · 7 sesiones

1. Definimos requisitos y dibujamos el lazo de control.
2. Probamos el sensor y calculamos la etapa de potencia.
3. Diseñamos el algoritmo con histéresis y modo seguro.
4. Programamos y verificamos en simulador o placa.
5. Calibramos y medimos la respuesta del sistema.
6. Provocamos fallos y mejoramos el sistema.
7. Hacemos la demo y resolvemos, cada uno, un sistema nuevo.

Al terminar seré capaz de…

- Identificar controlador, sensor y actuador de un sistema de lazo cerrado y dibujar su diagrama de bloques.
- Convertir lecturas del ADC en tensión y temperatura, calcular la resolución y dimensionar resistencias de la etapa de potencia.
- Diseñar y programar un algoritmo con histéresis, tiempo mínimo y modo seguro.
- Calibrar el sensor, medir la respuesta del sistema y verificarla en simulador o placa.
- Provocar fallos controlados, documentar la recuperación y proponer una mejora.

¿Cómo me evaluarán?

Con la rúbrica del producto final (Anexo 6), la lista de cotejo (Anexo 5) y una reflexión personal (Anexo 7). ¡Revisadlas antes de empezar!

ANEXO 2

Dossier técnico

SdA 7 · Control programado

ALUMNADO

Todo lo necesario para diseñar y verificar el sistema: el caso del invernadero, el diagrama de bloques, el esquema eléctrico, los datos de los componentes, un ejemplo resuelto de conversión y cálculo, el diagrama de flujo, el programa de referencia, una simulación en Python, el protocolo de montaje y un glosario.

F1 El invernadero del huerto: que el aire no pase de 27 °C

ESTUDIO DE CASO

Lucía Ferrer, profesora de Biología del IES Sierra Alta, cría plántulas de tomate y lechuga en el invernadero del huerto. «Entre las 12:00 y las 18:00 el sol calienta tanto el aire que las plántulas sufren. Para el tomate, por encima de unos 27 °C ya no se desarrolla bien y entre 33 y 38 °C puede morir. Necesito ventilar, pero no puedo estar allí siempre.»

Karim Haddad (4.º ESO) propone un sistema de control con un sensor de temperatura, un microcontrolador y un ventilador de 5 V. El club de huerto decide estos **requisitos**:

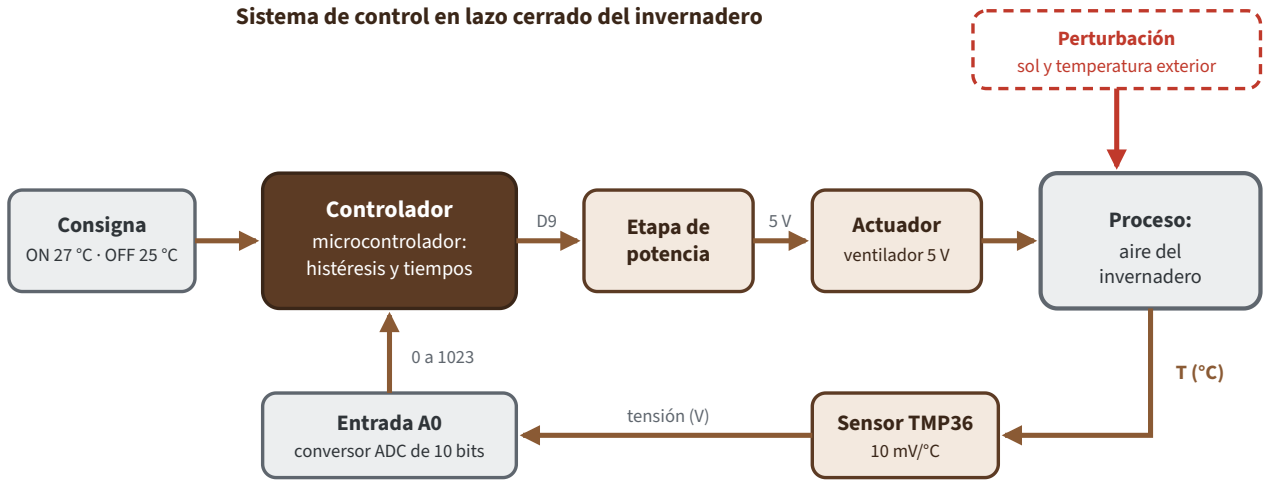
1. **R1.** Medir la temperatura con un sensor TMP36 en la entrada A0, un ciclo de control por segundo, promediando 10 lecturas para reducir el ruido.
2. **R2. Histéresis:** el ventilador se enciende a 27 °C o más y se apaga a 25 °C o menos.
3. **R3. Tiempo mínimo** de 60 s entre dos cambios de estado del ventilador (protege el motor y evita el «parpadeo»).
4. **R4. Modo seguro:** si la lectura del ADC sale del rango válido (menos de 80 o más de 230, es decir, fuera de −10 °C a 60 °C), el ventilador se enciende, el LED rojo se ilumina y se avisa por el puerto serie.
5. **R5. Recuperación:** cuando la lectura vuelve a ser válida, el sistema retoma el control normal y el LED verde se enciende.
6. **R6.** Error de la medida de 1 °C o menos tras calibrar con un termómetro de referencia.
7. **R7.** Todo funciona a 5 V; el ventilador consume 150 mA y se maneja con un transistor y un diodo de protección; no se toca la red eléctrica.
8. **R8.** Se documenta con diagrama de bloques, esquema, diagrama de flujo, programa comentado y tabla de pruebas.

Fuente: Caso didáctico ficticio (centro, personas y suceso), creado para este cuaderno. Las temperaturas críticas del tomate (máxima biológica de 21 a 27 °C y máxima letal de 33 a 38 °C) son datos orientativos de tablas generales de cultivo protegido, como las que publica Infoagro.

¿Cuál es la variable controlada? ¿Qué perturbaciones actúan? ¿Qué requisitos son de funcionamiento, cuáles de seguridad y cuáles de documentación?

F2 Diagrama de bloques del sistema de control

ESQUEMA



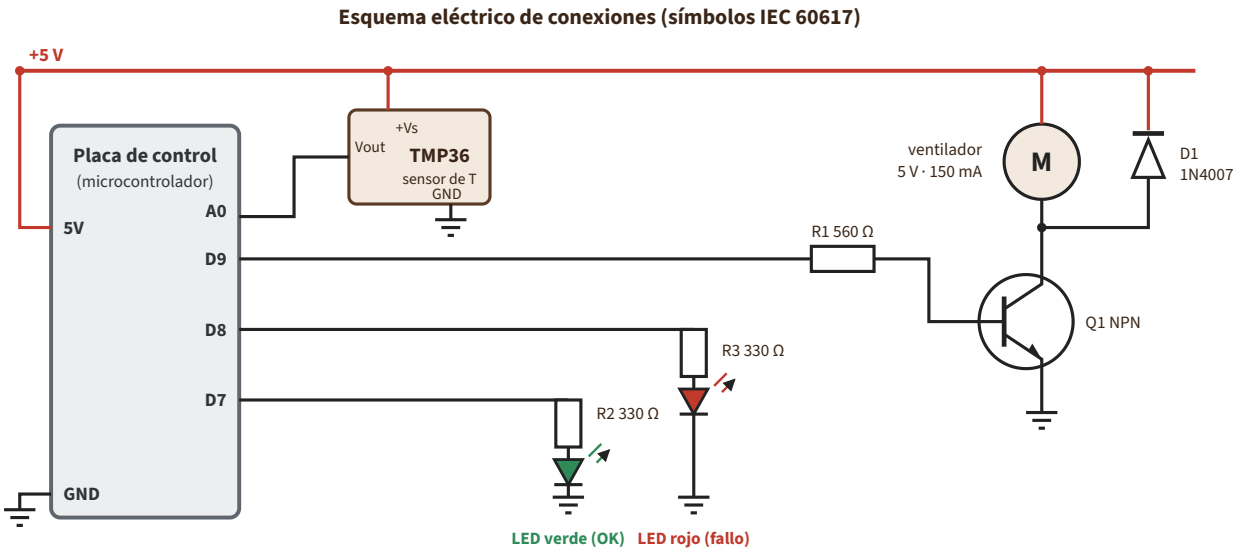
El controlador compara la temperatura medida con la consigna y decide si el ventilador está encendido o apagado.

Lazo cerrado: el sensor devuelve información de la variable controlada (temperatura) al controlador, que la compara con la consigna y actúa. Una **perturbación** es algo externo que cambia la variable sin que el controlador lo decida (el sol, el viento, abrir la puerta).

Fuente: Esquema de elaboración propia.

F3 Esquema eléctrico de conexiones

ESQUEMA



Cómo funciona la etapa de potencia: el pin D9 no puede dar los 150 mA del ventilador, así que activa un transistor NPN (a través de R1) que actúa como interruptor entre el ventilador y tierra. El diodo D1, en paralelo con el motor y con el cátodo hacia +5 V, protege al transistor de la tensión inversa que genera el motor al apagarse.

Fuente: Esquema de elaboración propia con símbolos normalizados (IEC 60617): resistencia, diodo, LED, transistor NPN, motor y tierra.

F4 Componentes del sistema y datos para el cálculo

DATOS

Componente	Dato	Valor
Sensor TMP36	Escala y desfase	10 mV/°C; 500 mV a 0 °C; 750 mV a 25 °C
	Alimentación y rango	2,7 a 5,5 V; de −40 °C a +125 °C
	Error típico	± 2 °C (antes de calibrar)
Entrada analógica (ADC)	Resolución y referencia	10 bits (1024 niveles, de 0 a 1023); 0 a 5 V
	Escalón	5 V ÷ 1023 = 4,89 mV (0,49 °C con el TMP36)
Ventilador	Tensión y corriente	5 V y 150 mA (0,75 W)
Transistor NPN	Valores de cálculo	Vbe = 0,7 V; saturación con β forzada = 20
Pin de salida	Corriente máxima recomendada	20 mA
LED rojo y verde	Caída de tensión y corriente de trabajo	Vf ≈ 2 V; 10 mA
Resistencias comerciales (serie E12)	Valores cercanos	270, 330, 390, 470, 560, 680, 820 Ω

Rango válido del sensor para el sistema: de −10 °C a 60 °C, es decir, de 0,40 V a 1,10 V, que equivale a unas lecturas de adc entre 82 y 225. Se programan los límites 80 y 230 para dar un pequeño margen. Fuera de ese rango, el sistema considera que el sensor está averiado.

Fuente: Datos del TMP36 de la hoja de características de Analog Devices (10 mV/°C, 500 mV a 0 °C, 750 mV a 25 °C, alimentación de 2,7 V a 5,5 V, error típico de ±2 °C en todo el rango). Corriente máxima recomendada por pin de una placa tipo Arduino UNO: 20 mA. El ventilador es genérico y sus datos son ilustrativos.

F5 Ejemplo resuelto: de la lectura del ADC a la etapa de potencia

TEXTO

1. Conversión de una lectura. El ADC da adc = 165. Tensión: V = 165 · 5 / 1023 = **0,806 V**. Temperatura: T = (0,806 − 0,5) · 100 = **30,6 °C**.

2. Resolución. Un escalón del ADC son 5 / 1023 = 4,89 mV, que con 10 mV/°C equivalen a 4,89 / 10 = **0,49 °C**. A 25 °C el sensor da 0,750 V → adc = 0,750 / 5 · 1023 = 153,5, es decir, 153.

3. Por qué se promedia. La histéresis (27 − 25 = 2 °C) son 20 mV, unos 4 escalones. Un ruido de ±2 escalones ya es comparable. Al promediar N = 10 lecturas, el ruido aleatorio baja unas √10 = 3,2 veces.

4. Resistencia de base (R1). Ventilador: Ic = 150 mA. Para asegurar que el transistor satura, se usa una β forzada de 20: Ib = 150 / 20 = **7,5 mA**. R1 = (5 − 0,7) / 0,0075 = 573 Ω → se elige **560 Ω** (E12). Con 560 Ω, Ib = 4,3 / 560 = 7,7 mA, menor que los 20 mA que admite el pin ✓.

5. LED. R = (5 − 2) / 0,010 = 300 Ω → **330 Ω** (E12). Corriente real: 3 / 330 = 9,1 mA ✓.

6. Energía del ventilador. P = V · I = 5 · 0,15 = **0,75 W**. Si está encendido el 38 % del tiempo (ver F8), la potencia media es 0,285 W y el consumo diario, 0,285 · 24 = **6,8 Wh**.

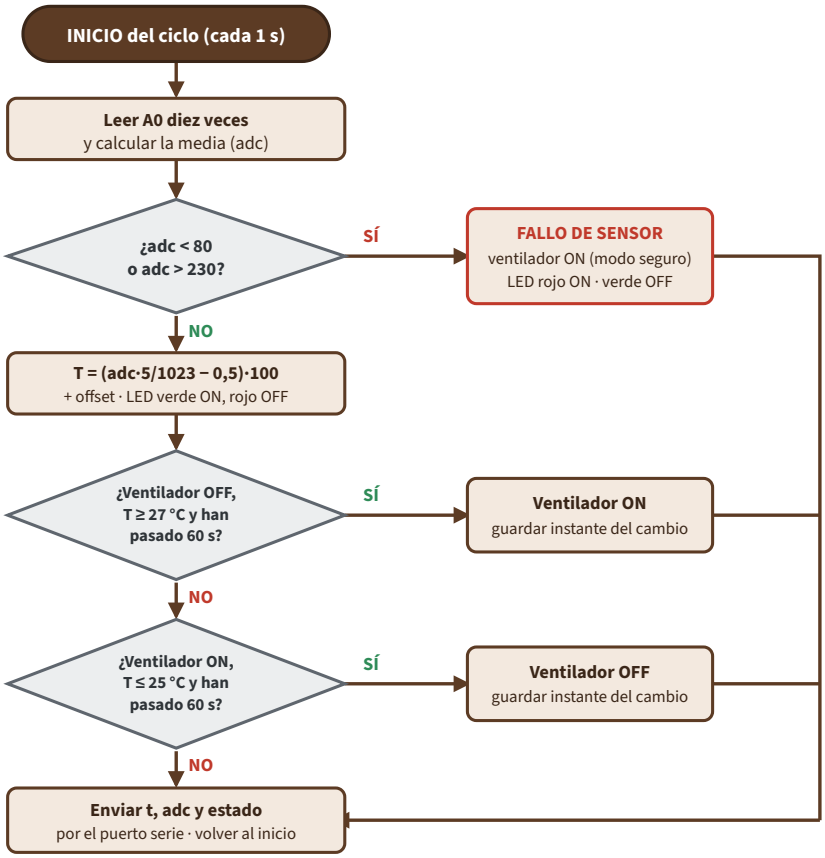
7. Rango de fallo. −10 °C → 0,40 V → adc = 81,8; 60 °C → 1,10 V → adc = 225,1. Se programan ADC_MIN = 80 y ADC_MAX = 230.

Fuente: Cálculos de elaboración propia, comprobados con Python, con los datos de F4.

Repite los pasos 1 y 2 con adc = 190. ¿Qué diferencia de temperatura producen dos lecturas que se diferencian en 1 escalón?

F6 Diagrama de flujo del algoritmo de control

ESQUEMA



Idea clave: entre 25 °C y 27 °C el sistema **mantiene el estado en que estaba** (zona de histéresis). Solo cambia al cruzar un umbral y si han pasado 60 s desde el último cambio. En modo seguro no se calcula la temperatura: la lectura no es fiable.

Fuente: Diagrama de elaboración propia que corresponde con el programa de referencia de F7.

F7 Programa de referencia del control del invernadero

CÓDIGO

El programa no usa delay largos: mide el tiempo con millis() para que el sistema siga leyendo y respondiendo al fallo del sensor.

ARDUINO (C++)

```
// Ventilación automática del invernadero: histéresis, tiempo mínimo y modo seguro
const int PIN_SENSOR = A0, PIN_VENT = 9, PIN_LED_OK = 7, PIN_LED_FALLO = 8;
const float T_ON = 27.0, T_OFF = 25.0;      // °C: umbrales de encendido y apagado
const unsigned long T_MIN_MS = 60000UL;     // tiempo mínimo entre cambios (ms)
const unsigned long PERIODO_MS = 1000UL;    // un ciclo de control por segundo
const int N_MUESTRAS = 10;                  // lecturas que se promedian
const int ADC_MIN = 80, ADC_MAX = 230;      // fuera de este rango: sensor averiado
const float OFFSET_C = 0.0;                 // corrección de calibración (°C)
bool ventilador = false;
unsigned long ultimoCambio, ultimoCiclo = 0;
int leerPromedio() {
  long suma = 0;
  for (int i = 0; i < N_MUESTRAS; i++) { suma += analogRead(PIN_SENSOR); delay(2); }
  return suma / N_MUESTRAS;
}
float aCelsius(int adc) {
  float tension = adc * 5.0 / 1023.0;         // V (referencia de 5 V, 10 bits)
  return (tension - 0.5) * 100.0 + OFFSET_C; // TMP36: 500 mV a 0 °C y 10 mV/°C
}
void ponerVentilador(bool estado) {
  ventilador = estado;
  digitalWrite(PIN_VENT, estado ? HIGH : LOW);
  ultimoCambio = millis();
}
void setup() {
  pinMode(PIN_VENT, OUTPUT); pinMode(PIN_LED_OK, OUTPUT); pinMode(PIN_LED_FALLO, OUTPUT);
  digitalWrite(PIN_VENT, LOW);
  ultimoCambio = millis() - T_MIN_MS;         // permite el primer cambio sin esperar
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("tiempo_s,adc,temp_C,ventilador,estado");
}
void loop() {
  if (millis() - ultimoCiclo < PERIODO_MS) return;   // sin delay largo
  ultimoCiclo = millis();
  int adc = leerPromedio();
  bool fallo = (adc < ADC_MIN || adc > ADC_MAX);
  digitalWrite(PIN_LED_FALLO, fallo);         // se apaga solo al volver a ser válida
  digitalWrite(PIN_LED_OK, !fallo);
  float t = 0;
  if (fallo) {                                // modo seguro: ventilador encendido
    if (!ventilador) ponerVentilador(true);
  } else {
    t = aCelsius(adc);
    bool puedeCambiar = (millis() - ultimoCambio ⩾ T_MIN_MS);
    if (!ventilador && t ⩾ T_ON && puedeCambiar) ponerVentilador(true);
    else if (ventilador && t ⩽ T_OFF && puedeCambiar) ponerVentilador(false);
  }
  Serial.print(millis() / 1000); Serial.print(","); Serial.print(adc); Serial.print(",");
  Serial.print(t, 1); Serial.print(","); Serial.print(ventilador ? 1 : 0);
  Serial.print(","); Serial.println(fallo ? "FALLO" : "OK");
}
```

Salida serie (CSV): `120,153,24.8,0,OK` = tiempo (s), adc, temperatura (°C), ventilador y estado. En FALLO la temperatura sale como 0,0.

Fuente: Programa de elaboración propia (placa tipo Arduino UNO); sintaxis comprobada y lógica verificada con F8.

F8 Simulación en Python: ¿para qué sirven la histéresis y el tiempo mínimo?

CÓDIGO

Simula una hora (3600 s) con un paso de 1 s. Cambia los parámetros de la lista `casos` para probar otras estrategias.

PYTHON

```python
import random

def simular(on, off, t_min=0, ruido=0.3, dur=3600, seed=7):
    """Invernadero de primer orden. Devuelve (cambios, % tiempo ON, Tmax, Tmin)."""
    rng = random.Random(seed)
    T = 25.0                  # temperatura real (°C)
    vent = False              # estado del ventilador
    ult = -9999               # instante del último cambio (s)
    cambios = 0
    t_on = 0
    tmax, tmin = T, T
    for t in range(dur):
        lectura = T + rng.gauss(0, ruido)       # el sensor mide con ruido
        if t - ult ⩾ t_min:
            if not vent and lectura ⩾ on:
                vent, ult, cambios = True, t, cambios + 1
            elif vent and lectura ⩽ off:
                vent, ult, cambios = False, t, cambios + 1
        t_eq, tau = (22.0, 120.0) if vent else (32.0, 300.0)
        T += (t_eq - T) / tau                   # paso de 1 s
        t_on += vent
        tmax, tmin = max(tmax, T), min(tmin, T)
    return cambios, 100 * t_on / dur, tmax, tmin

casos = [("Un solo umbral (26 °C)", 26.0, 26.0, 0),
         ("Histéresis 27 / 25 °C", 27.0, 25.0, 0),
         ("Histéresis 27 / 25 °C + 60 s mínimo", 27.0, 25.0, 60)]
print("Caso                                  cambios/h  ventilador ON  Tmax   Tmin")
for nombre, on, off, tm in casos:
    c, pct, tx, tn = simular(on, off, tm)
    print(f"{nombre:<38} {c:>6}     {pct:>8.1f} %    {tx:5.2f}  {tn:5.2f}")
```

Salida esperada: un solo umbral → 1758 cambios/h (el ventilador conmuta casi cada 2 s); histéresis 27/25 → 74 cambios/h; histéresis y 60 s mínimo → 49 cambios/h. En los tres casos la temperatura real se mantiene entre 24,6 y 27 °C y el ventilador está encendido entre el 38 % y el 41 % del tiempo.

Fuente: Modelo de elaboración propia, ejecutado y comprobado con Python 3: invernadero de primer orden (22 °C de equilibrio con el ventilador encendido y 32 °C apagado) y ruido de medida gaussiano de 0,3 °C, con semilla fija para que el resultado sea repetible. Es un modelo simplificado y ficticio.

F9 Montaje, programación y pruebas en baja tensión (placa o simulador) — PROTOCOLO

Material y herramientas: placa de control con cable USB, protoboard, TMP36, transistor NPN, diodo 1N4007, resistencias de 560 Ω y 330 Ω, LED rojo y verde, ventilador de 5 V con rejilla, cables, multímetro, termómetro de referencia y ordenador con IDE o simulador.

Equipo de protección y riesgos: solo baja tensión (5 V del USB). Riesgos: cortocircuito entre +5 V y GND, LED sin resistencia, TMP36 conectado al revés (se calienta rápido y puede quemar), tocar la hélice en marcha. Nunca se conecta nada a la red de 230 V ni se abre ningún cargador.

Procedimiento:

1. Con el cable USB **desconectado**, monta el circuito de F3 en la protoboard: TMP36 (+Vs a 5 V, GND a tierra, Vout a A0), R1 y transistor, ventilador con diodo en paralelo, y los dos LED con sus resistencias.
2. Revisa el montaje con el esquema y con otro compañero antes de conectar. En el TMP36, la cara plana con las letras mira hacia ti; de izquierda a derecha: +Vs, Vout, GND.
3. Conecta el USB y carga el programa de F7. Abre el monitor serie a 9600 baudios.
4. Comprueba el sensor: anota adc y T con el sensor en el aire y entre los dedos 30 s. Compara con el termómetro de referencia.
5. Prueba el actuador: cambia temporalmente T_ON a 20 °C y comprueba que el ventilador arranca. Restituye los valores del diseño.
6. **Calibración:** deja el sensor y el termómetro juntos 5 min; anota la diferencia y corrige OFFSET_C.
7. **Fallos controlados** (siempre con el USB desconectado al cambiar un cable): conecta Vout a GND, después a +5 V y comprueba el modo seguro; vuelve al montaje normal y comprueba la recuperación.
8. Guarda el programa y el registro con nombres de versión (por ejemplo, `invernadero_v3_2026-11-05.ino`) en el espacio compartido de tu equipo.

Cierre y privacidad: desconecta el USB, recoge los cables y los componentes y apaga el ordenador o cierra el simulador. Los registros contienen solo datos ficticios o de la temperatura del aula; no incluyas nombres ni datos personales en los nombres de archivo.

Resultado esperable: ventilador que se enciende a 27 °C o más, se apaga a 25 °C o menos, sin cambios en menos de 60 s; modo seguro con LED rojo ante fallo y recuperación automática.

Fuente: Protocolo de elaboración propia. Las normas del centro y las indicaciones del docente prevalecen; sirve igual en un simulador de circuitos.

F10 Glosario de control programado — GLOSARIO

Lazo cerrado	Sistema de control en el que el sensor devuelve la medida de la variable al controlador, que compara y corrige.
Consigna	Valor deseado de la variable controlada (aquí, los umbrales de 25 y 27 °C).
Perturbación	Efecto externo que modifica la variable controlada sin que lo decida el controlador.
Sensor	Componente que convierte una magnitud física (temperatura) en una señal eléctrica.
Actuador	Componente que convierte la orden del controlador en una acción sobre el proceso (el ventilador).
ADC	Conversor analógico-digital: convierte una tensión en un número; con 10 bits da valores de 0 a 1023.
Histéresis	Uso de dos umbrales distintos (encender y apagar) para evitar que el sistema conmute continuamente.
Ruido	Variaciones pequeñas y aleatorias de una medida que no corresponden a un cambio real.
Calibración	Ajuste de un instrumento comparando su medida con un patrón de referencia.
Modo seguro	Estado al que pasa el sistema si detecta un fallo, elegido para minimizar el daño.
millis()	Función que devuelve los milisegundos desde que arrancó la placa; permite medir tiempo sin detener el programa.

Fuente: Glosario de elaboración propia.

ANEXO 3

Fichas del alumnado

SdA 7 · Control programado

ALUMNADO

FICHA 1 Definimos la variable y el lazo de control

SESIÓN 1

Nombre: _____ **Curso/grupo:** _____ **Fecha:** _____

Primero, el diagnóstico individual. Después, en equipo, usa el caso del invernadero (F1) y el diagrama de bloques (F2).

1 **Diagnóstico. Marca la respuesta correcta.**

En un sistema de lazo cerrado, el sensor sirve para…

◯ encender el actuador directamente ◯ alimentar el microcontrolador

◯ medir la variable controlada y devolver el dato al controlador

La histéresis de un termostato consiste en…

◯ medir la temperatura dos veces ◯ apagar siempre a la misma temperatura a la que se enciende

◯ usar dos umbrales distintos: uno para encender y otro para apagar

Una entrada analógica de 10 bits distingue…

◯ 256 niveles ◯ 10 niveles ◯ 1024 niveles

Un actuador es…

◯ el programa del microcontrolador ◯ el componente que mide una variable

◯ el componente que convierte la orden del controlador en una acción sobre el proceso

2 **Relaciona cada elemento del sistema del invernadero (F2) con su papel.**

1	TMP36	a	Controlador
2	Microcontrolador	b	Etapa de potencia
3	Transistor y diodo	c	Perturbación
4	Ventilador	d	Sensor
5	Sol y temperatura exterior	e	Actuador

3 **Completa la ficha de la variable controlada con los datos de F1.**

Elemento	En el invernadero	¿Cómo lo mediremos o comprobaremos?
Variable controlada		
Sensor		
Consigna (umbrales)		
Actuador		
Perturbaciones		
Estado seguro ante fallo		

4 **Un termostato con un solo umbral de 26 °C haría que el ventilador se encendiera y se apagara muchas veces por minuto cuando la temperatura rondara los 26 °C. Explica por qué (piensa en el ruido de la medida) y qué se hace en F1 para evitarlo.**

5 **Escribe dos criterios de éxito medibles de vuestro sistema (uno de funcionamiento y otro de seguridad) con valor y unidad.**

FICHA 2

Probamos el sensor y la etapa de potencia

SESIÓN 2

Usa los datos de F4, el esquema de F3, el ejemplo resuelto F5 y el protocolo F9. Escribe las unidades.

1 **Completa la tabla de conversión (V = adc · 5 / 1023 y T = (V − 0,5) · 100). Redondea la tensión a 3 decimales y la temperatura a 1.**

Lectura (adc)	Tensión (V)	Temperatura (°C)
120		
153		
165		
190		

2 **¿Cuántos mV y cuántos °C corresponden a un escalón del ADC? ¿Qué lectura (adc) esperas con el sensor a 25 °C? ¿Y qué temperatura sale si la lectura sube en un solo escalón?**

3 **Etapa de potencia. Calcula la resistencia de base R1 (Ic = 150 mA, β forzada = 20, Vbe = 0,7 V, alimentación de 5 V), elige el valor de la serie E12 y comprueba la corriente real que sale del pin D9. Calcula después la resistencia de un LED (Vf = 2 V, 10 mA).**

4 **Prueba del sensor (F9, paso 4). Registra las medidas y compáralas con el termómetro de referencia.**

Situación	adc	T del sensor (°C)	T de referencia (°C)	Diferencia (°C)
Sensor al aire del aula				
Entre los dedos, 30 s				
Junto a una ventana soleada, 2 min				

5 **Comprobación del montaje antes de conectar el USB. Marca lo que hayas revisado con tu pareja.**

- ☐ El TMP36 está orientado con la cara plana hacia mí y +Vs, Vout y GND en su sitio.
- ☐ Cada LED tiene su resistencia de 330 Ω.
- ☐ El diodo está en paralelo con el ventilador, con el cátodo (raya) hacia +5 V.
- ☐ La base del transistor se conecta a D9 a través de R1 de 560 Ω.
- ☐ No hay ningún cable entre +5 V y GND.

FICHA 3 Diseñamos el algoritmo

SESIÓN 3

Usa el diagrama de flujo (F6), la simulación (F8) y los requisitos de F1.

1 **Convierte el diagrama de flujo F6 en una tabla de estados. Completa la acción y el estado nuevo.**

Estado actual	Condición	Acción	Estado nuevo
Ventilador OFF	T ≥ 27 °C y han pasado 60 s		
Ventilador ON	T ≤ 25 °C y han pasado 60 s		
Cualquiera	adc < 80 o adc > 230		
FALLO	adc vuelve a estar entre 80 y 230		

2 **Traza el sistema con esta serie de 16 lecturas de temperatura (una por segundo; ignora por ahora el tiempo mínimo). Escribe ON u OFF según cada estrategia, empezando en OFF. Estrategia A: un solo umbral (ON si T ≥ 26 °C). Estrategia B: histéresis (ON si T ≥ 27 °C, OFF si T ≤ 25 °C).**

N.º	T (°C)	Estrategia A	Estrategia B
1	25,8		
2	26,2		
3	25,9		
4	26,3		
5	25,9		
6	26,1		
7	26,4		
8	25,8		
9	26,2		
10	27,3		
11	26,4		
12	25,7		
13	26,3		
14	25,2		
15	24,8		
16	25,6		

3 **Cuenta los cambios de estado de cada estrategia. ¿Cuál protege mejor el motor del ventilador? ¿Qué inconveniente tiene la estrategia B?**

4 **Escribe en pseudocódigo el modo seguro y la recuperación (qué hace el sistema cuando la lectura es inválida y qué hace cuando vuelve a ser válida) e indica por qué el ventilador se enciende en modo seguro.**

FICHA 4 Programamos el control

SESIÓN 4

Usa el programa de referencia F7 y el protocolo F9. Si no hay placa, trabaja en el simulador de circuitos.

1 **Completa los huecos ___ de esta versión simplificada del programa (histéresis sin tiempo mínimo).**

ARDUINO (C++)

```
const int PIN_SENSOR = A0;
const int PIN_VENT = 9;
const float T_ON = 27.0;
const float T_OFF = 25.0;
bool ventilador = false;

float aCelsius(int adc) {
  float tension = adc * ___ / 1023.0;
  return (tension - ___) * 100.0;
}

void setup() {
  pinMode(PIN_VENT, ___);
}

void loop() {
  float t = aCelsius(analogRead(PIN_SENSOR));
  if (!ventilador && t ⩾ ___) {
    ventilador = true;
  } else if (ventilador && t ⩽ ___) {
    ventilador = false;
  }
  digitalWrite(PIN_VENT, ventilador ? ___ : LOW);
  delay(1000);
}
```

2 **Depuración. Este programa tiene cuatro errores. Localízalos, explica qué provoca cada uno y escribe la corrección.**

ARDUINO (C++)

```
const int PIN_VENT = 9;

float aCelsius(int adc) {
  float tension = adc * 5 / 1023;
  return (tension - 0.5) * 100.0;
}

void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  float t = aCelsius(analogRead(A0));
  if (t = 27.0) {
    digitalWrite(PIN_VENT, HIGH);
  }
  if (t ⩽ 25.0) {
    digitalWrite(PIN_VENT, LOW);
  }
  delay(60000);
}
```

Línea	Error	Qué provoca	Corrección

3 **Pruebas en simulador o placa. Cambia T_MIN_MS a 5000 ms para ir más rápido y registra qué ocurre en cada caso.**

Prueba	Condición	Resultado esperado	Resultado obtenido
1	T = 20 °C desde el arranque	Ventilador OFF, LED verde	
2	T sube a 28 °C	Ventilador ON	
3	T baja a 26 °C	Ventilador sigue ON (zona de histéresis)	
4	T baja a 24 °C	Ventilador OFF	

4 **Registro de versiones en el espacio compartido: anota cada versión del programa, qué cambia y su resultado.**

Versión (nombre del archivo)	Qué cambia	Fecha	Resultado de la prueba

FICHA 5 Calibramos y medimos la respuesta

SESIÓN 5

Usa el protocolo F9 (calibración) y la simulación de F8. Trabaja con los datos de tu sistema o, si trabajas en simulador, con los datos de la tarea.

1 **Calibración con un punto. Con el sensor y el termómetro de referencia (23,9 °C) juntos, el sensor da cinco lecturas: 24,6 · 24,9 · 24,7 · 25,1 · 24,8 °C. Calcula la media, la diferencia respecto al patrón y el valor de OFFSET_C que pondrías en el programa.**

2 **Calibración con dos puntos. Con el sensor a 18,4 °C el termómetro marca 17,5 °C; con el sensor a 30,9 °C marca 29,8 °C. Calcula la ganancia g = (29,8 − 17,5) / (30,9 − 18,4) y la temperatura corregida cuando el sensor da 25,0 °C (T_cal = g · (T − 18,4) + 17,5).**

3 Registro de respuesta (10 minutos, una medida cada minuto). Anota la temperatura y el estado del ventilador.

Minuto	T (°C)	Ventilador (ON/OFF)	Observaciones
0			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

4 Con el modelo de F8 (histéresis 27/25 °C y 60 s mínimo) se esperan 49 cambios por hora. ¿Cuántos esperas en 10 minutos? ¿Cuántos has observado? Calcula la diferencia entre la temperatura máxima y la mínima del registro (con la hoja de cálculo compartida).

5 Si el centro guardase estos datos durante un año, un sistema de inteligencia artificial podría aprender a prever cuándo hará calor. ¿Qué datos serían útiles? ¿Qué datos personales no deberían recogerse nunca? ¿Qué riesgo habría si el sistema decidiera solo y se equivocara?

FICHA 6

Fallos controlados y mejora

SESIÓN 6

Provoca los fallos de F9 (paso 7) con el USB desconectado al cambiar cada cable. Usa F8 para comparar estrategias.

1 **Tabla de fallos y recuperación. Anota lo que observas.**

Fallo provocado	adc esperado	Comportamiento esperado	Comportamiento observado
Vout conectado a GND	0	Modo seguro: ventilador ON, LED rojo	
Vout conectado a +5 V	1023	Modo seguro: ventilador ON, LED rojo	
Ventilador desconectado	Normal	El sistema cree que ventila; la temperatura sigue subiendo	

2 **Ejecuta F8 y completa la tabla. Después, cambia el ruido a 0,6 °C y vuelve a ejecutar; anota cómo cambia el número de cambios de cada estrategia.**

Estrategia	Cambios/h (ruido 0,3 °C)	Ventilador ON (%)	Cambios/h (ruido 0,6 °C)
Un solo umbral (26 °C)			
Histéresis 27 / 25 °C			
Histéresis 27 / 25 °C y 60 s mínimo			

3 **Diagnóstico por bloques. Relaciona cada síntoma con el bloque donde buscarías primero la causa.**

1	El monitor serie muestra 30 °C pero el ventilador nunca se enciende	a	Etapa de potencia o actuador: transistor, R1 o diodo
2	La temperatura mostrada es siempre −50 °C	b	Cálculo o lectura: división entera o conexión del sensor
3	El ventilador conmuta cada segundo	c	Sensor y calibración: cerca de una fuente de calor o sin OFFSET
4	Muestra 33 °C aunque el termómetro de la sala marca 24 °C	d	Algoritmo: falta histéresis o tiempo mínimo

4 **Elige la mejora con más impacto para vuestro sistema (por ejemplo, alarma si el ventilador no enfría, otra histéresis, un segundo sensor o más promedio). Indica qué dato la justifica y cómo comprobarás que ha funcionado.**

FICHA 7 Evidencia individual: riego automático del huerto

SESIÓN 7

Trabajo individual. Aplica lo aprendido a un sistema nuevo: el riego automático de un semillero con una bomba de 5 V y un sensor de humedad del suelo.

1 **El sensor de humedad da 3,0 V con el suelo seco y 1,8 V con el suelo húmedo. ¿Qué valor de adc corresponde a cada tensión? (ADC de 10 bits y 5 V)**

2 **Dibuja el diagrama de bloques del sistema de riego con sus bloques (consigna, controlador, etapa de potencia, bomba, suelo, sensor) y una perturbación.**

3 **Regla de control: la bomba se enciende con adc ≥ 600 (suelo seco) y se apaga con adc ≤ 450. Traza las 12 lecturas (una cada 10 min) con un solo umbral de 600 y con histéresis 600 / 450, empezando con la bomba apagada, y cuenta los cambios.**

N.º	adc	Umbral único 600	Histéresis 600/450
1	560		
2	590		
3	605		
4	598		
5	610		
6	520		
7	440		
8	455		
9	470		
10	540		
11	590		
12	612		

4 **Escribe en pseudocódigo el modo seguro si adc < 50 o adc > 950 (sensor roto). ¿En qué estado dejas la bomba y por qué es distinto del caso del ventilador? Añade una medida de seguridad más para el sistema.**

ANEXO 4

Plantilla del producto final

SdA 7 · Control programado

ALUMNADO

Nombre: _____ **Curso/grupo:** _____ **Fecha:** _____

Memoria técnica del sistema de control. Completadla en equipo a lo largo de las sesiones; es la base de la demostración final.

Variable y requisitos

Variable controlada, sensor, actuador y requisitos medibles.

Diagrama de bloques

Consigna, controlador, actuador, proceso, sensor y perturbación.

Esquema eléctrico y diagrama de flujo

Conexiones con símbolos normalizados y algoritmo con histéresis y modo seguro.

Programa y versiones

Fragmento clave y registro de versiones.

Cálculos y calibración

adc → V → °C, R1, LED y OFFSET.

Ensayos y resultados

Tabla de pruebas, cambios por hora y comparación con la simulación.

Fallos y recuperación

Fallos provocados y respuesta del sistema.

Mejora y reflexión

Qué cambiamos y qué haríamos con más tiempo.

ANEXO 5

Lista de cotejo

SdA 7 · Control programado

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Antes de entregar **Sistema de control con microcontrolador o simulador**, comprueba cada punto y marca la casilla. Si alguno falla, todavía estás a tiempo de mejorarlo.

Contenido del producto

- [ ] El diagrama de bloques incluye consigna, controlador, etapa de potencia, actuador, proceso, sensor, realimentación y perturbación.
- [ ] El esquema eléctrico usa símbolos normalizados e incluye la resistencia de base, el diodo de protección y las resistencias de los LED.
- [ ] Los cálculos de adc → V → °C, la resolución y los valores de R1 y de los LED llevan unidades y concuerdan con F4.
- [ ] El programa implementa histéresis (27/25 °C), tiempo mínimo con millis() y promedio de lecturas, con comentarios en español.
- [ ] El modo seguro y la recuperación funcionan al provocar un fallo del sensor y están documentados.
- [ ] Hay calibración con termómetro de referencia, registro de al menos 10 minutos y número de conmutaciones comparado con la simulación.
- [ ] El sistema funciona solo a 5 V, con el USB desconectado al cablear y sin cargas de red.
- [ ] El programa y los registros están guardados en el espacio compartido con versiones y sin datos personales.
- [ ] La memoria incluye una mejora justificada con datos y su comprobación.

Calidad y rigor

- [ ] He usado el vocabulario técnico, la simbología normalizada y las unidades correctas.
- [ ] He justificado las decisiones con requisitos, pruebas, datos o esquemas, y he indicado sus límites.
- [ ] He respetado las normas de seguridad, privacidad y uso responsable de la situación.
- [ ] He citado las fuentes y respetado las licencias de imágenes, código o modelos utilizados.
- [ ] He revisado la presentación y he incorporado las mejoras de la coevaluación o de las pruebas.

Lo que más me ha costado

Firma del equipo / fecha de entrega

ANEXO 6

Rúbrica imprimible

SdA 7 · Control programado

ALUMNADO · DOCENTE

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Rúbrica para valorar **Sistema de control con microcontrolador o simulador**. Marca el nivel alcanzado en cada indicador.

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial	Nivel
Necesidad y diseño	Traduce el problema del invernadero en requisitos medibles (umbrales, tiempo mínimo, rango de sensor válido, estado seguro), dibuja el lazo con todos sus bloques y justifica con datos la histéresis elegida frente al umbral único.	Define los requisitos principales, dibuja el diagrama de bloques y elige la histéresis con alguna justificación.	Los requisitos son vagos o el diagrama omite bloques (por ejemplo, perturbación o realimentación).	No relaciona el sistema con la necesidad ni identifica sus bloques.	
Funcionamiento / evidencia	El sistema enciende y apaga con histéresis y tiempo mínimo, entra en modo seguro ante fallo y se recupera; hay registro de pruebas con datos, calibración con error calculado y comparación con la simulación, interpretando los límites.	El sistema cumple su función principal; hay pruebas con datos y alguna calibración o comparación.	Funciona solo en parte (por ejemplo, conmuta sin parar o no gestiona el fallo) o las pruebas son incompletas.	El sistema no funciona o no hay pruebas.	
Documentación técnica	Diagrama de bloques, esquema con símbolos IEC, diagrama de flujo o tabla de estados, programa comentado con versiones, cálculos con unidades y tabla de pruebas: otro equipo podría reproducir el sistema.	Documentación suficiente, con algún cálculo, unidad o comentario sin indicar.	Faltan esquemas, cálculos o pruebas; cuesta reproducir el sistema.	Documentación insuficiente para entender el sistema.	
Seguridad, ética y sostenibilidad	Trabaja en baja tensión y con la alimentación desconectada al cablear, define un estado seguro razonado, usa datos ficticios, guarda los registros en el espacio del centro y valora el consumo del actuador y la reutilización de componentes.	Cumple las normas de baja tensión y define un estado seguro; considera algún aspecto de consumo o datos.	Necesita recordatorios de seguridad o no razona el estado seguro.	Incumple normas de seguridad o ignora el fallo del sensor.	
Iteración y cooperación	Usa los datos de calibración, de la simulación y de los fallos para mejorar el sistema (parámetros o algoritmo) y vuelve a medir; los roles se cumplen y las decisiones se registran en las versiones del programa.	Propone y aplica una mejora a partir de los datos y coopera adecuadamente.	La mejora es superficial o no se vuelve a medir; la cooperación es irregular.	No revisa el sistema o dificulta el trabajo del equipo.	

Observaciones del docente

Valoración global

ANEXO 7

Autoevaluación y coevaluación

SdA 7 · Control programado

ALUMNADO

Nombre: _____ Curso/grupo: _____ Fecha: _____

Parte 1 · Autoevaluación

Afirmación	Aún no	Con ayuda	Bien	Muy bien
Sé convertir una lectura del ADC en tensión y en temperatura y calcular la resolución de la medida.	○	○	○	○
Sé explicar para qué sirven la histéresis y el modo seguro y comprobar si funcionan con datos.	○	○	○	○
He cumplido mi rol y mis tareas dentro del equipo.	○	○	○	○
He escuchado y tenido en cuenta las ideas de los demás.	○	○	○	○
He usado datos, pruebas o evidencias para justificar mis decisiones.	○	○	○	○
He revisado y mejorado mi trabajo a partir de la retroalimentación.	○	○	○	○

Dos aprendizajes que he logrado

_____

_____

_____

Una dificultad que he tenido

_____

_____

_____

Una mejora que haré la próxima vez

_____

_____

Parte 2 · Coevaluación de otro equipo

Equipo evaluado: _____

Fortaleza 1

_____

_____

Fortaleza 2

_____

_____

Propuesta de mejora

_____

_____

ANEXO 8

Refuerzo

SdA 7 · Control programado

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Aquí tienes el programa base del ventilador con un solo umbral y el sensor TMP36 ya asignado. Tu trabajo es entenderlo, convertir lecturas y añadir la histéresis siguiendo los pasos guiados.

Programa base (un solo umbral) y datos del sensor

Sensor asignado: TMP36 con 10 mV/°C y 500 mV a 0 °C; entrada A0 de 10 bits y 5 V.

Programa base: cada segundo calcula la temperatura *t* a partir de A0; si $t \geq 26{,}0$ °C enciende el ventilador (pin 9) y si no lo apaga. Con un solo umbral, el ruido hace que conmute sin parar.

Pasos guiados

1. Convierte la lectura: V = adc · 5 / 1023; después T = (V − 0,5) · 100.
2. Para añadir histéresis necesitas una variable `ventilador` (verdadero o falso) que recuerde el estado.
3. Enciende solo si el ventilador está apagado y T ≥ 27 °C; apaga solo si está encendido y T ≤ 25 °C.
4. Entre 25 °C y 27 °C no cambies nada.

1 **Completa la tabla de conversión del sensor asignado.**

Lectura (adc)	Tensión (V)	Temperatura (°C)
153		
165		
190		

2 **Completa el programa con histéresis (los huecos ___ son valores o variables).**

ARDUINO (C++)

```
bool ventilador = false;
void loop() {
  float t = (analogRead(A0) * 5.0 / 1023.0 - 0.5) * 100.0;
  if (!ventilador && t ⩾ ___) {
    ventilador = ___;
  } else if (ventilador && t ⩽ ___) {
    ventilador = false;
  }
  digitalWrite(9, ventilador ? HIGH : LOW);
  delay(1000);
}
```

3 **¿Qué hace el ventilador si la temperatura vale 26 °C y estaba encendido? ¿Y si estaba apagado? Explica por qué.**

ANEXO 9

Ampliación

SdA 7 · Control programado

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Histéresis y temporización óptimas

Los umbrales y el tiempo mínimo del invernadero (27/25 °C y 60 s) se eligieron con criterio, pero ¿son los mejores? Usa el modelo de F8 para encontrar la combinación que cumpla **todos** estos objetivos: 30 cambios por hora o menos, ventilador encendido el 45 % del tiempo o menos, temperatura real máxima de 28 °C o menos y mínima de 23,5 °C o más.

Pasos

1. Añade al menos cinco casos a la lista `casos` de F8 con distintas histéresis (por ejemplo 28/24 y 26,5/25,5) y tiempos mínimos (60, 120 y 180 s) y ejecuta la simulación.
2. Completa la tabla de resultados y marca las combinaciones que cumplen los cuatro objetivos.
3. Elige una y justifica por qué es mejor que las otras (menos cambios, menos consumo o menos riesgo para las plántulas). Calcula el consumo diario del ventilador con la fórmula de F5.
4. Explica qué ocurre si el ruido sube a 0,6 °C y qué cambio de programa (más promedio, otro tiempo mínimo) lo compensaría.

1 **Tabla de resultados de la simulación.**

Histéresis (ON / OFF)	Tiempo mínimo (s)	Cambios/h	Ventilador ON (%)	Tmax / Tmin (°C)	¿Cumple?
27 / 25	60				
27 / 25	120				
28 / 24	60				
28 / 24	120				
28 / 24	180				

Entrega

Ficha de optimización con la tabla de resultados, la combinación elegida, el consumo diario estimado y la justificación.

ANEXO 10

Guía docente y soluciones

SdA 7 · Control programado

DOCENTE

Ficha 1

1. Diagnóstico: medir la variable controlada y devolver el dato al controlador; usar dos umbrales distintos (encender y apagar); 1024 niveles; el componente que convierte la orden del controlador en una acción.
2. TMP36 → sensor; microcontrolador → controlador; transistor y diodo → etapa de potencia; ventilador → actuador; sol y temperatura exterior → perturbación.
3. Variable controlada: temperatura del aire (°C), medida con termómetro de referencia. Sensor: TMP36 en A0 (comprobar con termómetro). Consigna: ON 27 °C, OFF 25 °C. Actuador: ventilador de 5 V (se comprueba que arranca y para). Perturbaciones: sol, viento, puerta abierta, temperatura exterior. Estado seguro: ventilador ON y LED rojo.
4. Con un único umbral, el ruido de la medida (± 0,3 °C) hace que la lectura cruce el umbral muchas veces por minuto y el ventilador conmuta continuamente (F8: unos 1758 cambios por hora). En F1 se usa histéresis (27/25 °C), tiempo mínimo (60 s) y promedio de 10 lecturas.
5. Ejemplos: funcionamiento: «el ventilador se enciende con 27 °C o más y se apaga con 25 °C o menos, con un máximo de 60 cambios por hora»; seguridad: «si adc < 80 o > 230, el ventilador se enciende y el LED rojo se ilumina en menos de 2 s».

Ficha 2

1. adc 120 → 0,587 V → 8,7 °C; adc 153 → 0,748 V → 24,8 °C; adc 165 → 0,806 V → 30,6 °C; adc 190 → 0,929 V → 42,9 °C.
2. Escalón: 5 / 1023 = 4,89 mV = 0,49 °C. A 25 °C: V = 0,750 V → adc = 153,45 → 153. Un escalón más (154) da 25,3 °C (0,49 °C más que 153, que da 24,8 °C).
3. R1 = (5 − 0,7) / (150 mA / 20) = 4,3 / 0,0075 = 573 Ω → 560 Ω (E12). Ib real = 4,3 / 560 = 7,7 mA (< 20 mA del pin). LED: R = (5 − 2) / 0,010 = 300 Ω → 330 Ω; I = 3 / 330 = 9,1 mA.
4. Valores plausibles: aire del aula: adc 152, 24,6 °C, ref. 23,9 °C, diferencia 0,7 °C; entre los dedos 30 s: adc 165-175, 30-35 °C; junto a ventana soleada: 27 °C. Valorar que se anote la diferencia con signo y que sea de 2 °C o menos (error típico del TMP36).
5. Todas las casillas marcadas antes de conectar el USB.

Ficha 3

1. OFF con T ≥ 27 °C y ≥ 60 s → encender ventilador → ON; ON con T ≤ 25 °C y ≥ 60 s → apagar → OFF; cualquiera con adc fuera de rango → ventilador ON, LED rojo ON, LED verde OFF y aviso serie → FALLO; FALLO con lectura válida → LED rojo OFF, LED verde ON, vuelve a evaluar según el estado actual → ON u OFF.
2. Estrategia A (≥ 26): OFF, ON, OFF, ON, OFF, ON, ON, OFF, ON, ON, ON, OFF, ON, OFF, OFF, OFF. Estrategia B (27/25): OFF en las lecturas 1 a 9; ON de la 10 a la 14 (27,3; 26,4; 25,7; 26,3; 25,2); OFF en la 15 (24,8) y la 16.
3. Cambios de A: 10 (en 16 s). Cambios de B: 2. La estrategia B protege mejor el motor. Su inconveniente: la temperatura puede oscilar entre 25 y 27 °C (±1 °C alrededor de 26 °C) y el sistema reacciona algo más tarde.
4. Pseudocódigo modelo: si adc < 80 o adc > 230 entonces fallo ← verdadero; ventilador ← ON; LED rojo ← ON; LED verde ← OFF; avisar por serie; si no, fallo ← falso; LED rojo ← OFF; LED verde ← ON; continuar con el control normal. El ventilador se enciende porque, sin saber la temperatura, lo más seguro para las plántulas es ventilar (mejor un gasto de energía que perder el cultivo).

Ficha 4

1. Huecos: 5.0; 0.5; OUTPUT; T_ON; T_OFF; HIGH.
2. Errores: 1) `adc * 5 / 1023` es división entera: da 0 y la temperatura es siempre −50 °C → usar 5.0 / 1023.0. 2) `if (t = 27.0)` asigna en vez de comparar (siempre verdadero) → `t ⩾ 27.0`. 3) Falta `pinMode(PIN_VENT, OUTPUT)` en setup → el pin no actúa como salida. 4) `delay(60000)` bloquea el programa un minuto: no lee ni vigila el fallo → medir el tiempo con millis().
3. Pruebas: 1) OFF y LED verde; 2) ON al llegar a 28 °C; 3) sigue ON con 26 °C (zona de histéresis); 4) OFF a 24 °C. Anotar el resultado observado.
4. Registro de versiones: abierto; valorar nombres con versión y fecha y cambio descrito en una frase.

Ficha 5

1. Media = (24,6 + 24,9 + 24,7 + 25,1 + 24,8) / 5 = 124,1 / 5 = 24,82 °C. Diferencia = 24,82 − 23,9 = 0,92 °C. OFFSET_C = −0,9 °C (se resta lo que el sensor marca de más).
2. g = (29,8 − 17,5) / (30,9 − 18,4) = 12,3 / 12,5 = 0,984. T_cal(25,0) = 0,984 · (25,0 − 18,4) + 17,5 = 0,984 · 6,6 + 17,5 = 24,0 °C.
3. Registro abierto con valores plausibles: la temperatura oscila entre 25 y 27 °C con 1 o 2 conmutaciones en 10 minutos si hay una fuente de calor; valorar que se anoten datos reales.
4. 49 cambios/h ÷ 6 ≈ 8 cambios en 10 minutos (en un modelo con calor constante). En la práctica del aula, mucho menos si la temperatura no llega a los umbrales: lo importante es comparar con el modelo y explicar las diferencias (el modelo es simplificado).
5. Datos útiles: temperatura, hora, radiación solar, temperatura exterior y estado del ventilador. No deben recogerse datos personales (nombres, fotos, ubicaciones de alumnado). Riesgo: una IA que decide sola y se equivoca puede dejar el ventilador apagado durante un episodio de calor; hace falta modo seguro y supervisión humana.

Ficha 6

1. Vout a GND: adc ≈ 0 → fuera de rango → ventilador ON, LED rojo, aviso FALLO. Vout a +5 V: adc 1023 → igual. Ventilador desconectado: el sistema no detecta el problema; la temperatura sigue subiendo, lo que muestra que hace falta una alarma (por ejemplo, si T > 30 °C con ventilador ON, avisar).
2. Resultados de F8: un solo umbral 1758 cambios/h y 38,0 % ON; histéresis 27/25: 74 cambios/h y 37,8 %; con 60 s mínimo: 49 cambios/h y 40,7 %. Con ruido de 0,6 °C: 1726, 230 y 54 cambios/h. Conclusión: el tiempo mínimo hace al sistema robusto frente al ruido.
3. Ventilador no se enciende con 30 °C mostrados → etapa de potencia o actuador; −50 °C → cálculo o lectura (división entera, sensor mal conectado); conmuta cada segundo → algoritmo; 33 °C con 24 °C en la sala → sensor y calibración.
4. Mejora modelo: añadir alarma cuando T supere 30 °C con el ventilador ON (ventilador averiado). Dato: la prueba del ventilador desconectado. Comprobación: repetir la prueba y verificar que el LED rojo parpadea.

Ficha 7

1. 3,0 V → 3,0 / 5 · 1023 = 614 (614,4). 1,8 V → 1,8 / 5 · 1023 = 368 (368,3).
2. Diagrama: consigna (600/450) → controlador → etapa de potencia → bomba de 5 V → suelo (proceso), sensor de humedad → ADC → controlador, perturbación: sol o lluvia. Valorar los bloques y las flechas con magnitud.
3. Umbral único 600: OFF, OFF, ON, OFF, ON, OFF, OFF, OFF, OFF, OFF, OFF, ON → 5 cambios. Histéresis 600/450: OFF, OFF, ON, ON, ON, ON, OFF (440), OFF, OFF, OFF, OFF, ON (612) → 3 cambios.
4. Pseudocódigo modelo: si adc < 50 o adc > 950 entonces bomba ← OFF; LED rojo ← ON; avisar. Para la bomba el estado seguro es apagada, porque si el sensor falla y la bomba sigue encendida se inunda el semillero, se desperdicia agua y se estropean las plantas; en el ventilador, en cambio, el riesgo es el calor. Medida extra: tiempo máximo de riego (por ejemplo, 2 minutos por ciclo).

Refuerzo (Anexo 8)

1. adc 153 → 0,748 V → 24,8 °C; adc 165 → 0,806 V → 30,6 °C; adc 190 → 0,929 V → 42,9 °C.
2. Huecos: 27.0; true; 25.0.
3. A 26 °C y encendido: sigue encendido (todavía no ha bajado a 25 °C). A 26 °C y apagado: sigue apagado (todavía no ha llegado a 27 °C). Es la zona de histéresis, en la que el estado se mantiene para evitar conmutaciones continuas.

Ampliación (Anexo 9)

1. Resultados del modelo F8 (ruido 0,3 °C): 27/25 y 60 s: 49 cambios/h, 40,7 % ON, Tmax 26,71 °C, Tmin 24,65 °C (no cumple solo por tener 49 cambios); 27/25 y 120 s: 29, 46,8 %, 26,90 y 23,62 (no cumple, supera el 45 % ON); 28/24 y 60 s: 27, 38,1 %, 27,76 y 24,20 (cumple); 28/24 y 120 s: 24, 40,3 %, 27,77 y 23,95 (cumple); 28/24 y 180 s: 18, 45,0 %, 27,82 y 23,18 (no cumple, Tmin < 23,5 °C).
2. Elección modelo: 28/24 y 120 s (24 cambios/h, 40,3 % ON). Consumo diario = 0,75 W · 0,403 · 24 h = 7,3 Wh. Con ruido de 0,6 °C: 26 cambios/h con 28/24 y 120 s (sigue cumpliendo): ampliar el promedio de lecturas o mantener un tiempo mínimo de 120 s compensa el ruido. Valorar también la discusión del riesgo de una banda más ancha para las plántulas.

Notas para el docente: temporalización, seguridad y diferenciación

- Temporalización: sesión 1 (lazo y requisitos, 50 min), sesión 2 (conversiones y montaje), sesión 3 (algoritmo, sin ordenador), sesión 4 (programación; tener preparado el IDE o el simulador), sesión 5 (calibración y registro de 10 minutos), sesión 6 (fallos y mejora) y sesión 7 (demo de 3 minutos por equipo y ficha individual de 15 minutos).
- Seguridad: solo 5 V; revisar los montajes antes de conectar, sobre todo la orientación del TMP36 (si está al revés, se calienta). El ventilador debe tener rejilla. No dejar que el alumnado conecte nada a la red de 230 V. Los datos de los registros son ficticios o del aula, sin datos personales.
- Diferenciación: el Anexo 8 entrega el programa base y los pasos para añadir histéresis; el Anexo 9 propone optimizar con la simulación. Versión sin placa: el simulador de circuitos permite hacer todo (sensor, ventilador y programa), y F8 sustituye las medidas largas.
- Preparación: tener TMP36, transistores y diodos revisados; un termómetro de referencia por grupo; el modelo de F8 en el ordenador del aula; y un espacio compartido con carpetas por equipo (invernadero_v1, v2…).

Errores frecuentes

- Calcular la temperatura sin restar el desfase de 500 mV, o usar 1024 en lugar de 1023 sin explicarlo (error de 0,1 %).
- Dividir enteros en el programa (5 / 1023 da 0) o confundir `=` con `==`.
- Usar `delay()` largos para temporizar: el sistema deja de leer y de vigilar el fallo.
- Conectar el LED sin resistencia o el ventilador directamente a un pin de la placa.
- Olvidar el diodo en paralelo con el motor o ponerlo al revés.
- Comparar el sistema con un umbral único y no con histéresis, y dar por bueno un sistema que conmuta cada segundo.

Criterios para valorar respuestas abiertas

- Aceptar umbrales, tiempos y requisitos distintos de los de F1 si están justificados con datos y el sistema funciona con histéresis.
- Valorar más el diagrama de bloques correcto, los cálculos con unidades, el modo seguro y las pruebas con datos que el acabado del montaje.
- En el modo seguro, admitir otro estado seguro si se razona (por ejemplo, apagado en el riego).
- En la ficha 7, exigir los cálculos de adc, la traza con los dos criterios y el estado seguro razonado.

08

SITUACIÓN DE APRENDIZAJE

Sistemas conectados: IoT, datos e IA

PREGUNTA GUÍA

¿Cuándo mejora realmente un sistema al conectarlo y qué riesgos aparecen?

CURSO 4.º ESO	**SESIONES** 7 sesiones	**BLOQUES DE SABERES** C · D
COMPETENCIAS ESPECÍFICAS CE4, CE5, CE6	**PRODUCTO FINAL** Arquitectura IoT con análisis crítico de datos/IA	**CRITERIOS DE EVALUACIÓN** 4.2, 5.1, 6.1

Contexto, reto y producto

El IES Costa Serena (centro ficticio) tiene 18 aulas con ventanas que casi nunca se abren a la vez. La jefa de estudios, Marta Vidal, pide ayuda al taller de Tecnología: quiere saber en qué aulas el aire se queda «cargado» y cuándo avisar al profesorado. Sofía Okafor (4.º ESO) propone un medidor de CO_2 en cada aula, conectado por Wi-Fi a un panel. Su compañero Hugo Ferrer no lo ve claro: «Un semáforo de LED ya avisa; ¿para qué conectar nada?»

En esta situación el alumnado compara tres **arquitecturas** (solo aviso local, red local con panel y nube con IA externa) y decide cuándo conectar un sistema lo mejora de verdad. Dibuja los **flujos de datos**, calcula el volumen de datos, la energía y las emisiones, simula con Python el nodo, la red con pérdidas y el panel, prueba una **decisión basada en datos** (predicción lineal de la subida del CO_2) y estudia sus límites. Después audita amenazas, privacidad y consumo. Todo se hace en una red local simulada, con datos ficticios y sin exposición a internet.

Reto

Diseñar, simular y defender la arquitectura de un sistema IoT que vigile el CO_2 de las aulas, con una decisión basada en datos, y concluir con argumentos cuándo conviene conectarlo y cuándo no.

Producto final

Arquitectura IoT con análisis crítico de datos/IA.

Enfoque: Proyecto / análisis / simulación / prototipado

Vinculación curricular

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS MOVILIZADAS (SÍNTESIS)

- **CE4** Desarrollar soluciones automatizadas e incorporar tecnologías emergentes para diseñar y construir sistemas de control programables y robóticos.
- **CE5** Aprovechar y configurar las herramientas digitales aplicando conocimientos interdisciplinares para resolver tareas de forma eficiente.
- **CE6** Analizar procesos tecnológicos y su impacto social y ambiental con criterios de sostenibilidad y accesibilidad, para un uso ético y ecosocialmente responsable.

Criterios de evaluación seleccionados (redacción oficial del RD 217/2022)

- **4.2** Integrar en las máquinas y sistemas tecnológicos aplicaciones informáticas y tecnologías digitales emergentes de control y simulación como el internet de las cosas, el big data y la inteligencia artificial con sentido crítico y ético.

5.1 Resolver tareas propuestas de manera eficiente, mediante el uso y configuración de diferentes aplicaciones y herramientas digitales, aplicando conocimientos interdisciplinares con autonomía.

6.1 Hacer un uso responsable de la tecnología, mediante el análisis y aplicación de criterios de sostenibilidad y accesibilidad en la selección de materiales y en el diseño de estos, así como en los procesos de fabricación de productos tecnológicos, minimizando el impacto negativo en la sociedad y en el planeta.

Saberes básicos oficiales seleccionados (transcripción del RD 217/2022)

Código	Saber básico
C2	El ordenador y los dispositivos móviles como elementos de programación y control. Trabajo con simuladores informáticos en la verificación y comprobación del funcionamiento de los sistemas diseñados. Iniciación a la inteligencia artificial y el big data: aplicaciones. Espacios compartidos y discos virtuales.
C3	Telecomunicaciones en sistemas de control digital: internet de las cosas; elementos, comunicaciones y control. Aplicaciones prácticas.
D1	Sostenibilidad y accesibilidad en la selección de materiales y diseño de procesos, de productos y sistemas tecnológicos.

Concreción didáctica en esta situación

- Internet de las cosas (C3): nodo (sensor de CO_2 y microcontrolador con Wi-Fi), red local, broker MQTT, almacén y panel; temas, mensajes JSON y direcciones privadas 192.168.1.x.
- Flujos y dimensionamiento de datos: bytes por mensaje, mensajes por día y MB por año de 18 nodos según el periodo de envío (64 bytes por mensaje, 1440 mensajes al día).
- Energía y emisiones (D1): consumo del nodo en modo continuo (100 mA a 3,3 V) frente a sueño profundo (2,2 mA de media), kWh al año, kg de CO_2 con 0,13 kg/kWh y vida útil de una batería de 2000 mAh.
- Simulación con ordenador (C2): modelo de CO_2 del aula, semáforo local con histéresis, red con pérdidas y búfer en Python, y hoja de cálculo para el registro y las versiones en un espacio compartido.
- Iniciación a big data e IA (C2): conjunto de datos pequeño, tendencia lineal y predicción del cruce de 1000 ppm, error de la predicción y límites (pocos datos, una sola aula, intervenciones no previstas, sesgos).
- Seguridad, privacidad y sostenibilidad (D1): plantilla de amenazas y medidas, minimización de datos, accesibilidad del aviso (color, símbolo y texto), vida útil y residuos, y comparación borde frente a nube.

Objetivos didácticos

- Diseñar una arquitectura local, de red o de nube y justificar la elección.
- Identificar los datos necesarios, calcular su volumen y decidir quién responde de ellos.
- Simular un sistema conectado y una decisión basada en datos o IA sencilla.
- Auditar privacidad, ciberseguridad y consumo energético de la propuesta.
- Explicar los límites de la IA y del big data y defender «conectar o no conectar».

Metodología

Aprendizaje basado en retos

La tarea parte de una necesidad, problema, sistema o decisión técnica con un producto verificable.

Iteración

Se planifica, construye/configura/simula, prueba, registra el fallo y se mejora.

Pensamiento técnico

Las decisiones se justifican mediante requisitos, esquemas, datos, pruebas, criterios de seguridad y limitaciones.

Trabajo cooperativo

Roles rotatorios: coordinación, documentación, material/seguridad, pruebas y comunicación.

Competencia digital

Las herramientas digitales se usan cuando aportan diseño, simulación, programación, documentación o colaboración, no como mero adorno.

Secuencia de sesiones y actividades

Cada sesión genera una **evidencia** que se recoge en la ficha correspondiente del Anexo 3. Los datos, esquemas, especificaciones y ejemplos de trabajo están en el dossier técnico del Anexo 2.

1

SESIÓN 1

Analizamos casos IoT: qué mide cada sistema, adónde van los datos y qué aporta estar conectado

Evidencia: Ficha 1: diagnóstico, relación de elementos de la arquitectura (F3), análisis de cuatro casos (F2) y criterios de éxito medibles.

Ficha: Anexo 3 · ficha 1

2

SESIÓN 2

Dibujamos los flujos de datos: mensaje, tema, tamaño y volumen por día y por año

Evidencia: Ficha 2: bytes del mensaje, tabla de volumen de datos para tres periodos de envío (F5, F6), diagrama del recorrido de una lectura y comprobación del diseño.

Ficha: Anexo 3 · ficha 2

3

SESIÓN 3

Diseñamos el sistema conectado: arquitectura local, de red o de nube, direcciones, energía y decisión ponderada

Evidencia: Ficha 3: plan de direccionamiento, cálculo de la corriente media y la duración de la batería, matriz de decisión ponderada y justificación.

Ficha: Anexo 3 · ficha 3

4

SESIÓN 4

Simulamos control y monitorización: aviso local, red con pérdidas y búfer

Evidencia: Ficha 4: semáforo completado, tabla de resultados con pérdidas del 10, 30 y 50 % (F8), análisis del búfer y registro de versiones.

Ficha: Anexo 3 · ficha 4

5

SESIÓN 5

Introducimos una decisión basada en datos: predicción de la subida del CO_2 y sus límites

Evidencia: Ficha 5: predicción con dos puntos, tabla de errores, ejecución de F9, verdadero o falso sobre límites de la IA y uso crítico de un chatbot.

Ficha: Anexo 3 · ficha 5

6

SESIÓN 6

Auditamos el sistema: amenazas, privacidad de los datos y consumo energético

Evidencia: Ficha 6: matriz de riesgos (F10), clasificación de datos, cálculo de energía y emisiones y lista de verificación previa a la puesta en marcha.

Ficha: Anexo 3 · ficha 6

7

SESIÓN 7

Defensa técnica: conectar o no conectar, y evidencia individual con un caso nuevo

Evidencia: Producto final (Anexo 4) y Ficha 7: contenedores de papel con sensor de llenado, con cálculos de datos y energía y decisión argumentada.

Ficha: Anexo 3 · ficha 7

Evaluación

La evaluación combina evidencia del proceso, producto o configuración final, documentación técnica, pruebas/validación, trabajo seguro y una tarea individual de transferencia. El acabado visual no sustituye la funcionalidad, el razonamiento ni la trazabilidad de las decisiones.

Criterios, evidencias e instrumentos

Criterio	Evidencia principal	Instrumento
4.2	Integración crítica y ética de tecnologías digitales emergentes: arquitectura de IoT con flujos de datos, simulación de monitorización y decisión basada en datos o IA con sus límites y su impacto.	Fichas 1, 2, 3 y 5 y arquitectura / rúbrica y lista de cotejo
5.1	Uso eficiente de herramientas digitales: simulación en Python con red con pérdidas y búfer, predicción con datos, hoja de cálculo de volumen y consumo y gestión de versiones en el espacio compartido.	Fichas 2, 4 y 5, programa y registros / rúbrica y observación sistemática
6.1	Uso responsable: criterios de sostenibilidad (energía, emisiones, vida útil y residuos) y de accesibilidad (aviso no solo por color), privacidad y ciberseguridad en el diseño y la decisión final.	Fichas 3, 6 y 7, plantilla (Anexo 4) / rúbrica y lista de cotejo

Rúbrica del producto final

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial
Necesidad y diseño	Traduce la necesidad del aula en requisitos medibles, compara las tres arquitecturas con una matriz ponderada y justifica la elección con datos propios (volumen, energía y riesgos).	Define requisitos y compara al menos dos arquitecturas con una justificación suficiente.	Los requisitos son vagos o la comparación no usa datos; la decisión se apoya sobre todo en opiniones.	No relaciona la arquitectura con la necesidad ni compara alternativas.

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial
Funcionamiento / evidencia	La simulación funciona y los resultados (pérdidas, búfer y predicción) se interpretan con sus límites: error de la predicción, pocos datos y casos en que falla.	La simulación funciona y hay resultados con alguna interpretación de sus límites.	La simulación se ejecuta solo en parte o los resultados no se comparan ni se interpretan.	No hay simulación ni evidencia suficiente del funcionamiento.
Documentación técnica	Diagrama de arquitectura y de flujo de datos, temas y direcciones, cálculos con unidades y código comentado: otro equipo podría reproducir y auditar el sistema.	Documentación suficiente con algún cálculo, unidad o dirección sin indicar.	Faltan esquemas, cálculos o pruebas; cuesta reproducir el sistema.	Documentación insuficiente para comprender el sistema.
Seguridad, ética y sostenibilidad	Integra desde el diseño la minimización de datos, las medidas de seguridad, el aviso accesible y el consumo y la vida útil; usa datos ficticios y valora los riesgos de la IA.	Cumple las normas (red local, datos ficticios) y considera las amenazas y el consumo principales.	Necesita recordatorios o trata la privacidad y la energía de forma superficial.	Expone el sistema a internet, usa datos personales o ignora riesgos e impactos.
Iteración y cooperación	Usa los resultados de la simulación y de la auditoría para cambiar el diseño y vuelve a comprobarlo; roles bien repartidos y decisiones registradas.	Revisa el diseño tras las pruebas y coopera adecuadamente.	La revisión es limitada o no se vuelve a comprobar; la cooperación es irregular.	No revisa el trabajo o dificulta el del equipo.

Recursos y seguridad

Recursos y materiales

- Por equipo: ordenador con Python 3 y hoja de cálculo; simulador de circuitos o de microcontroladores en el navegador (por ejemplo, Wokwi o Tinkercad Circuits) y, si el taller dispone de placas con sensor de CO_2, una red Wi-Fi de prácticas aislada de internet.
- Plantillas de los Anexos 3 y 4, conjunto de datos ficticio de F8 y F9, plantilla de amenazas de F10 y un espacio compartido del centro con carpetas por equipo y versiones.
- Papel cuadriculado, regla y colores para los esquemas (los avisos se dibujan con color, símbolo y texto).

Seguridad, privacidad y uso responsable

Sin exposición a internet público: solo red local o simulada (192.168.1.x), sin abrir puertos del router. Datos ficticios y ninguna IA con información personal.

Interdisciplinariedad: Digitalización (redes, datos, ciberseguridad e inteligencia artificial) y Valores éticos (privacidad, consentimiento, equidad y responsabilidad en el uso de los datos).

Atención a la diversidad (DUA), refuerzo y ampliación

Representación

Modelos, esquemas, fotografías, simulaciones, tutoriales breves, ejemplos resueltos y vocabulario técnico visual.

Acción y expresión

Memoria, maqueta, prototipo, simulación, código, plano o presentación cuando sea compatible con el criterio evaluado.

Implicación

Retos cercanos, elección acotada, roles de equipo y pruebas con propósito realista.

Apoyo / refuerzo

Anexo 8

Arquitectura plantilla y dataset pequeño.

Ampliación

Anexo 9

Comparar procesamiento local (edge) vs nube.

ANEXO 1

Lanzamiento del reto

SdA 8 · Sistemas conectados: IoT, datos e IA

ALUMNADO

Marta, la jefa de estudios, quiere saber qué aulas del IES Costa Serena tienen el aire cargado. Sofía propone un medidor de CO_2 conectado en cada aula. Hugo responde: «Un semáforo de LED ya avisa; conectar solo trae problemas». ¿Quién tiene razón? Durante siete sesiones dibujaréis los flujos de datos, calcularéis volumen, energía y emisiones, simularéis el sistema con una red que falla, probaréis una predicción con datos, auditaréis la seguridad y defenderéis una decisión: conectar o no conectar.

> *¿Cuándo mejora realmente un sistema al conectarlo y qué riesgos aparecen?*

Vuestro reto

Diseñar, simular y defender la arquitectura de un sistema IoT que vigile el CO_2 de las aulas, con una decisión basada en datos, y concluir con argumentos cuándo conviene conectarlo y cuándo no.

Lo que vais a producir

Arquitectura IoT con análisis crítico de datos/IA.

Seguridad. Sin exposición a internet público: solo red local o simulada (192.168.1.x), sin abrir puertos del router. Datos ficticios y ninguna IA con información personal.

Hoja de ruta · 7 sesiones

1. Analizamos casos IoT.
2. Dibujamos los flujos de datos.
3. Diseñamos el sistema conectado.
4. Simulamos control y monitorización.
5. Decidimos con datos y valoramos la IA.
6. Auditamos seguridad, privacidad y energía.
7. Defendemos y resolvemos un caso nuevo.

Al terminar seré capaz de…

- ✓ Diseñar una arquitectura local, de red o de nube y justificar la elección.
- ✓ Identificar los datos necesarios, calcular su volumen y decidir quién responde de ellos.
- ✓ Simular un sistema conectado y una decisión basada en datos o IA sencilla.
- ✓ Auditar privacidad, ciberseguridad y consumo energético de la propuesta.
- ✓ Explicar los límites de la IA y del big data y defender «conectar o no conectar».

¿Cómo me evaluarán?

Con la rúbrica del producto final (Anexo 6), la lista de cotejo (Anexo 5) y una reflexión personal (Anexo 7). ¡Revisadlas antes de empezar!

ANEXO 2

Dossier técnico

SdA 8 · Sistemas conectados: IoT, datos e IA

ALUMNADO

Todo lo necesario para decidir: el caso del IES Costa Serena, cuatro casos IoT para comparar, la arquitectura y el recorrido de un mensaje, los datos de partida, un ejemplo resuelto, el nodo en pseudocódigo, dos programas en Python (simulación y predicción), la plantilla de amenazas, el marco normativo, el protocolo y un glosario.

F1 Aire cargado en el IES Costa Serena: ¿medidores conectados o semáforo local?

ESTUDIO DE CASO

Marta Vidal, jefa de estudios del IES Costa Serena, recibe quejas: en varias aulas «el aire se carga» a partir de la tercera hora. Quiere saber en qué aulas y a qué horas conviene ventilar. Como orientación, el CO_2 del aire exterior ronda las 420 ppm y 1000 ppm se usa como **indicador de que falta ventilación** (no es un valor tóxico).

Sofía Okafor (4.º ESO) propone un nodo con sensor de CO_2 en cada aula, conectado a un panel. Hugo Ferrer replica que con un semáforo de LED basta. El equipo directivo fija estos **requisitos**:

1. **R1.** Un nodo por aula mide CO_2 (ppm), temperatura y humedad cada 60 s, con la media de 3 lecturas.
2. **R2. Semáforo local:** verde por debajo de 800 ppm, ámbar de 800 a 999 y rojo desde 1000, con histéresis (de rojo a ámbar por debajo de 950; de ámbar a verde por debajo de 750).
3. **R3.** El aviso local debe funcionar **aunque se caiga la red**.
4. **R4. Accesibilidad:** el aviso no depende solo del color (símbolo o posición del LED, texto en el panel y parpadeo en rojo).
5. **R5.** Los datos viajan por la Wi-Fi del centro hasta un servidor local (192.168.1.x); **ningún puerto se abre a internet**.
6. **R6.** Solo se recogen CO_2, temperatura y humedad por aula: ni nombres, ni fotos, ni sonido, ni ubicación de personas.
7. **R7.** Mensaje de menos de 100 bytes y nodo capaz de ahorrar energía.
8. **R8.** El panel muestra la gráfica del día y avisa con antelación («en unos 10 minutos se alcanzarán 1000 ppm»), explicando el método y sus límites.
9. **R9.** Se documentan amenazas, privacidad, energía y la decisión final.

Fuente: Caso didáctico ficticio (centro, personas y suceso), creado para este cuaderno. Referencias de CO_2: Guía para ventilación en aulas del CSIC (IDAEA-CSIC y Mesura, 2020), que indica unas 420 ppm en el exterior; 1000 ppm (UNE 100-011) y 800 ppm (NTP 549) como indicadores de ventilación, según el documento de medición de CO_2 de la Universidad de Valladolid (2021).

¿Qué aporta conectar los nodos que no aporte el semáforo local? ¿Qué requisitos son de seguridad, de privacidad y de accesibilidad?

F2 Cuatro casos IoT para comparar

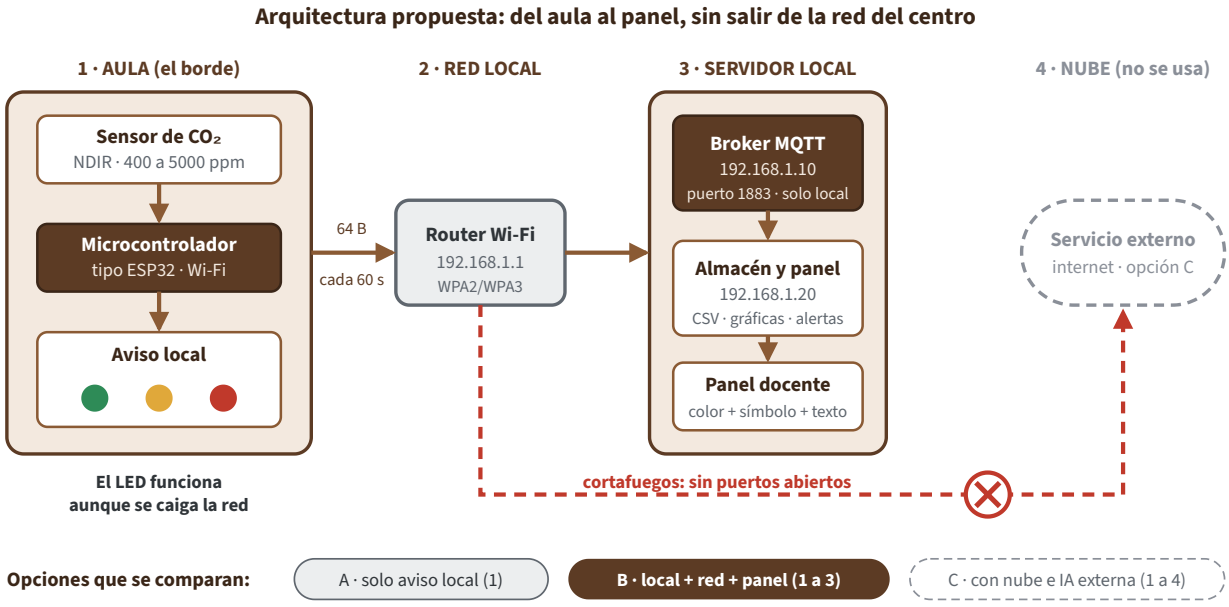
DATOS

Caso	Qué mide o controla	Adónde van los datos	Quién puede verlos
1 · Medidor de CO_2 del aula (F1)	CO_2, temperatura y humedad; semáforo de LED	Servidor local del centro	Profesorado y mantenimiento
2 · Riego automático del huerto escolar	Humedad del suelo; abre una electroválvula de 12 V	Servicio del fabricante en la nube	Quien tiene la cuenta y la empresa
3 · Pulsera de actividad	Pasos, pulso, sueño y ubicación	App del móvil y nube del fabricante	Persona usuaria y fabricante
4 · Timbre con cámara «inteligente»	Imagen, sonido y movimiento	Nube del fabricante	Propietario, fabricante y, a veces, terceros

Fuente: Casos genéricos de elaboración propia a partir de tipos de dispositivos habituales; no corresponden a un producto concreto. Según IoT Analytics (2024), a finales de 2024 había unos 18 800 millones de dispositivos IoT conectados en el mundo y se prevén unos 40 000 millones en 2030.

F3 Arquitectura propuesta: del aula al panel

ESQUEMA

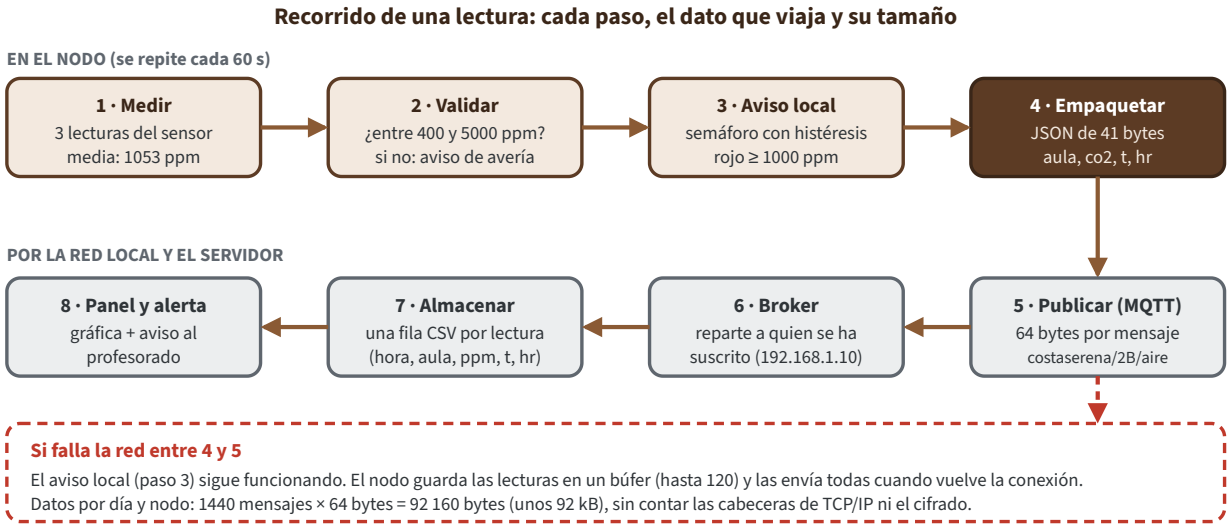


Tres opciones. A: solo el aviso local (capa 1). B: aviso local, red local y panel (capas 1 a 3), que es la propuesta. C: además, nube e IA externa (capas 1 a 4). La línea roja discontinua marca lo que **no** se permite: ningún puerto del router abierto hacia internet.

Fuente: Esquema de elaboración propia. Las direcciones 192.168.1.x son privadas (no se enrutan por internet).

F4 Recorrido de una lectura, del sensor al panel

ESQUEMA



Cada mensaje es un texto JSON de 41 bytes, por ejemplo `{"aula":"2B","co2":1053,"t":22.4,"hr":48}`, que viaja en el tema `costaserena/2B/aire`. Con las cabeceras de MQTT son 64 bytes. El paso 3 (aviso local) no depende de la red.

Fuente: Esquema de elaboración propia. Tamaños calculados con Python (ejemplo resuelto de F6).

F5 Datos de partida para los cálculos

DATOS

Elemento	Dato	Valor
Mensaje MQTT	Carga útil JSON	{"aula":"2B","co2":1053,"t":22.4,"hr":48} = 41 bytes
	Mensaje completo	2 (cabecera) + 2 (longitud del tema) + 19 (tema costaserena/2B/aire) + 41 = 64 bytes, sin TCP/IP ni cifrado
Red del centro	Direcciones privadas	Router 192.168.1.1; broker 192.168.1.10; almacén y panel 192.168.1.20
	Nodos (uno por aula)	1A = .21, 1B = .22, 1C = .23, 2A = .24, 2B = .25 y así hasta .38
Nodo en modo continuo	Corriente media (ilustrativa)	100 mA a 3,3 V (0,33 W), con la Wi-Fi siempre conectada
Nodo con sueño profundo	Ciclo (ilustrativo)	Despierta 5 s cada 300 s: 120 mA activo y 0,2 mA dormido
Alimentación	Batería (solo se calcula)	2000 mAh útiles; no se manipulan baterías de litio en el aula
Energía y emisiones	Factor de emisión	0,13 kg de CO_2 eq por kWh
	Precio de la electricidad (ilustrativo)	0,15 € por kWh
Centro	Número de aulas con nodo	18

Fuente: Cifras del chip ESP32 (Wi-Fi: hasta 240 mA al transmitir y 95 a 100 mA al recibir; sueño profundo: de 10 a 150 µA) de la hoja de características de Espressif, según JLCPCB, «ESP32 Power Consumption Explained». Factor de emisión: 130 g de CO_2 eq por kWh del sistema eléctrico español en 2023 (Red Eléctrica, recogido por Energías Renovables, abril de 2025). El resto de valores son ilustrativos.

F6 Ejemplo resuelto: datos, energía y emisiones de 18 nodos

TEXTO

1. Tamaño del mensaje. 2 + 2 + 19 + 41 = **64 bytes**.

2. Volumen de datos. Con un mensaje por minuto: 86 400 s ÷ 60 s = 1440 mensajes al día. Por nodo: 1440 × 64 = **92 160 bytes al día** (unos 92 kB). Para 18 nodos: 1 658 880 bytes al día (**1,66 MB**) y, en un año, 1,66 MB × 365 = **605 MB**.

3. Energía en modo continuo. P = I · V = 0,100 A × 3,3 V = 0,33 W. En un año (8760 h): E = 0,33 W × 8760 h = 2891 Wh = **2,89 kWh** por nodo. Para 18 nodos: 52,0 kWh, es decir, 52,0 × 0,13 = **6,8 kg de CO_2** y 52,0 × 0,15 = **7,8 €**.

4. Energía con sueño profundo. Corriente media = (5 s × 120 mA + 295 s × 0,2 mA) ÷ 300 s = (600 + 59) ÷ 300 = **2,20 mA**. Es 100 ÷ 2,20 = 45 veces menos. En un año, un nodo gasta 0,0635 kWh y los 18 nodos 1,14 kWh (0,15 kg de CO_2). Una batería de 2000 mAh duraría 2000 ÷ 2,20 = 909 h = **38 días**.

5. Lectura de los resultados. El gasto eléctrico de los nodos es pequeño comparado con el del propio aula. El impacto que más pesa está en **fabricar** los dispositivos, en su **vida útil** y en los **residuos** electrónicos, que no se calculan aquí.

Fuente: Cálculos de elaboración propia, comprobados con Python, con los datos de F5.

F7 Programa del nodo de aula (pseudocódigo)

CÓDIGO

El aviso local se decide antes de usar la red, de modo que sigue funcionando si la Wi-Fi o el servidor fallan.

PSEUDOCÓDIGO

```
AL ARRANCAR
  conectar a la Wi-Fi del centro (clave en un fichero privado)
  estado ← verde ; buffer ← lista vacía
POR SIEMPRE (cada 60 s)
  ppm ← media de 3 lecturas del sensor de CO2
  SI ppm < 400 o ppm > 5000 ENTONCES
    encender el aviso de AVERIA (LED azul parpadeando)
    publicar "averia" en el tema costaserena/2B/estado
  SI NO
    estado ← semaforo(ppm, estado)    // rojo desde 1000; ámbar bajo 950
    encender el LED del estado (símbolo y parpadeo)  // sin red
    añadir (hora, ppm, t, hr) al buffer
    SI hay conexión con el broker ENTONCES
      publicar el buffer en costaserena/2B/aire (JSON de unos 41 bytes por lectura)
      vaciar el buffer cuando el broker confirma
    SI NO
      conservar el buffer (máximo 120 lecturas) y reintentar en el siguiente ciclo
  dormir hasta el siguiente ciclo (modo de bajo consumo)
```

Fuente: Pseudocódigo de elaboración propia, que sirve para programar el nodo en un microcontrolador con Wi-Fi o para simularlo. No incluye contraseñas: se leen de un fichero privado.

F8 Simulación en Python: aula, aviso local y red con pérdidas

CÓDIGO

Genera una hora de lecturas (61 valores, una por minuto), calcula el aviso local y simula una red que pierde el 10 % de los mensajes, con y sin búfer.

PYTHON

```python
import random

def aula(personas=26, ach=0.8, ventana=(35, 50), dur=60, seed=3):
    """CO2 (ppm) minuto a minuto en un aula de 180 m³ (modelo ficticio)."""
    rng = random.Random(seed)
    g = personas * 0.004 * 3600 / 180 * 1000          # ppm/h (4 mL/s por persona)
    c, lecturas = 450.0, []
    for m in range(dur + 1):
        lecturas.append(round(c + rng.gauss(0, 12)))  # el sensor mide con ruido
        n = 6.0 if ventana and ventana[0] ⩽ m < ventana[1] else ach
        c += (g - n * (c - 420)) / 60                 # balance de CO2 en 1 min
    return lecturas

def semaforo(ppm, estado):
    """Aviso LOCAL con histéresis: no depende de la red."""
    if estado == "rojo":
        return "rojo" if ppm > 950 else "ambar"
    if estado == "ambar":
        return "rojo" if ppm ⩾ 1000 else ("verde" if ppm < 750 else "ambar")
    return "rojo" if ppm ⩾ 1000 else ("ambar" if ppm ⩾ 800 else "verde")

def enviar(lecturas, perdida=0.10, buffer=False, seed=5):
    """Red local que pierde mensajes. Devuelve lo que llega al panel {minuto: ppm}."""
    rng = random.Random(seed)
    panel, pendientes = {}, []
    for m, ppm in enumerate(lecturas):
        pendientes.append((m, ppm))
        if rng.random() ⩾ perdida:                    # la red entrega este intento
            panel.update(pendientes if buffer else pendientes[-1:])
            pendientes = []
        elif not buffer:
            pendientes = []                           # sin buffer, se pierde
    return panel

datos = aula()
estado, cambios = "verde", []
for m, ppm in enumerate(datos):
    nuevo = semaforo(ppm, estado)
    if nuevo ≠ estado:
        cambios.append((m, nuevo))
    estado = nuevo
print("LED local:", cambios)
for buffer in (False, True):
    p = enviar(datos, buffer=buffer)
    print(f"buffer={buffer}: llegan {len(p)} de {len(datos)} lecturas al panel")
```

Salida esperada: el LED local cambia en los minutos 11 (ámbar), 19 (rojo), 48 (ámbar) y 54 (rojo), con cualquier red. Con un 10 % de pérdidas llegan al panel 54 de 61 lecturas sin búfer y 61 de 61 con búfer.

Fuente: Programa de elaboración propia, ejecutado y comprobado con Python 3. El aula (180 m^3, 26 personas a 4 mL/s de CO_2 cada una, renovación de 0,8 por hora) es un modelo simplificado y ficticio; el ruido del sensor es gaussiano con semilla fija.

F9 Predicción lineal: ¿cuándo llegaremos a 1000 ppm?

CÓDIGO

Se añade al final del programa de F8 (usa su función aula). Ajusta una recta a las últimas 10 lecturas y avisa cuando la previsión dice que se llegará al umbral en 10 minutos o menos.

PYTHON

```python
from statistics import linear_regression

def aviso_predictivo(lecturas, umbral=1000, n=10, antelacion=10):
    """Primer minuto en que la tendencia de los últimos n minutos anuncia el umbral
    para dentro de `antelacion` minutos o menos. Devuelve (minuto, pendiente)."""
    for m in range(n, len(lecturas)):
        minutos = list(range(m - n + 1, m + 1))
        pend, orig = linear_regression(minutos, lecturas[m - n + 1:m + 1])  # ppm/min
        if pend > 5 and (umbral - (orig + pend * m)) / pend ⩽ antelacion:
            return m, round(pend, 1)
    return None

casos = [("26 alumnos, ventana a los 35 min", {}),
         ("14 alumnos, sin abrir ventana", {"personas": 14, "ventana": None}),
         ("26 alumnos, ventilación cruzada", {"ach": 2.0, "ventana": None})]
for nombre, kw in casos:
    d = aula(**kw)
    real = next((m for m, x in enumerate(d) if x ⩾ 1000), None)
    print(f"{nombre}: real {real}; aviso {aviso_predictivo(d)}")
```

Salida esperada: (1) 26 alumnos con ventana a los 35 min: el umbral real llega en el minuto 19 y el aviso predictivo salta en el minuto 10 (pendiente 32,7 ppm/min), con 9 minutos de antelación. (2) 14 alumnos: umbral real en el minuto 38 y aviso en el 25: la recta supone que la subida seguirá igual, pero la curva se aplana y el aviso sale demasiado pronto. (3) Ventilación cruzada: umbral en el minuto 24 y aviso en el 10.

Fuente: Programa de elaboración propia, ejecutado con Python 3 (módulo statistics, Python 3.10 o posterior). Es un modelo de inteligencia artificial mínimo: una recta ajustada por mínimos cuadrados.

F10 Plantilla de amenazas, impacto y medidas defensivas

DATOS

Amenaza	Cómo podría ocurrir	Impacto posible	Medida defensiva
Contraseña por defecto	Se deja la clave de fábrica en el nodo o el panel	Cualquiera en la red puede ver o cambiar los datos	Cambiar las claves; una distinta por dispositivo; guardarlas en el gestor del centro
Tráfico sin cifrar	MQTT sin TLS (puerto 1883) en una red compartida	Otro equipo de la red lee los mensajes	Red de prácticas aislada; en producción, MQTT con TLS y usuario por nodo
Dispositivos sin actualizar	Firmware con fallos conocidos	Un tercero toma el control del nodo	Calendario de actualizaciones; elegir fabricantes con soporte
Puerto abierto a internet	Se redirige un puerto «para ver el panel desde casa»	Escaneos y ataques automáticos	No abrir puertos; si hace falta acceso remoto, VPN autorizada por el centro
Datos falsos	Un equipo publica lecturas inventadas en el mismo tema	Decisiones de ventilación erróneas	Usuario y permisos por nodo; validar rango y variación de la lectura
Caída de la red o del servidor	Corte de Wi-Fi o avería del servidor	Sin datos ni avisos en el panel	Aviso local independiente; búfer en el nodo; copia de seguridad
Recogida excesiva de datos	Añadir micrófono o cámara «por si acaso»	Datos personales y riesgo legal	Minimización: solo CO_2, temperatura y humedad; revisión por el responsable de protección de datos
Obsolescencia y residuos	Nodos sin soporte a los pocos años	Residuos electrónicos y coste	Componentes estándar y reutilizables; vida útil prevista; punto limpio

Fuente: Plantilla de elaboración propia, de nivel escolar y con enfoque defensivo, a partir de las recomendaciones de INCIBE para dispositivos IoT (cambiar contraseñas predeterminadas, mantener actualizados los dispositivos, desactivar funciones innecesarias y revisar los permisos de privacidad).

F11 Marco normativo y guías que conviene conocer

DATOS

Norma o guía	Qué establece (resumen)	Qué implica en este proyecto
RGPD (Reglamento UE 2016/679) y LOPDGDD (Ley Orgánica 3/2018)	Los datos personales se tratan con una finalidad concreta y solo los necesarios; si el tratamiento se basa en el consentimiento, el de la persona menor solo vale si es mayor de catorce años (art. 7 de la LOPDGDD)	Datos ficticios; en el sistema real, nada que identifique a personas
Reglamento de Ciberresiliencia (UE) 2024/2847	Exige seguridad en los productos con elementos digitales: configuración segura por defecto, actualizaciones y notificación de vulnerabilidades (desde el 11 de septiembre de 2026; aplicación completa el 11 de diciembre de 2027)	Elegir dispositivos con soporte y actualizaciones
Reglamento de Inteligencia Artificial (UE) 2024/1689	Clasifica los sistemas de IA por nivel de riesgo y exige transparencia y supervisión humana en los de mayor riesgo	Un predictor de CO_2 es de riesgo bajo, pero se explica el método y una persona decide
Guía de ventilación en aulas (CSIC) y UNE 100-011	Exterior de unas 420 ppm; 1000 ppm como indicador de ventilación	Umbrales de F1 (800 y 1000 ppm)
INCIBE: dispositivos IoT	Cambiar contraseñas predeterminadas, actualizar, desactivar funciones que no se usan y revisar permisos de privacidad	Medidas de la plantilla F10

Fuente: Resumen divulgativo de elaboración propia, no sustituye a los textos oficiales (BOE y EUR-Lex). Fechas del Reglamento (UE) 2024/2847 según Cuatrecasas («Reglamento de Ciberresiliencia») y recomendaciones de INCIBE (Dispositivos IoT).

F12 Simulación y pruebas en red local (sin internet)

PROTOCOLO

Material y herramientas: ordenador con Python 3 y hoja de cálculo, simulador de microcontrolador o de circuitos y, si el taller tiene placas, una red Wi-Fi de prácticas aislada de internet. Plantilla de amenazas (F10).

Normas y riesgos: solo red local o simulada (192.168.1.x); no se abre ningún puerto del router ni se usan cuentas personales; no se recogen datos de personas; las claves no se escriben en el código ni en las fichas; no se hacen pruebas de intrusión sobre equipos que no sean los del propio ejercicio; no se manipulan baterías de litio (las placas se alimentan por USB).

Procedimiento:

1. Crea en el espacio compartido la carpeta `iot_costaserena` y guarda F8 y F9 como `simulacion.py` con un nombre de versión (v1, v2…).
2. Ejecuta el programa y anota los cambios del LED local y las lecturas que llegan con y sin búfer.
3. Cambia la pérdida de la red (10, 30 y 50 %) y rellena la tabla de la ficha 4.
4. Ejecuta la predicción (F9), compara el aviso con el momento real y anota el error.
5. Opcional, con placa: configura el nodo para publicar en el broker local del aula, comprueba con un cliente suscrito que llegan los mensajes y desconecta la Wi-Fi para verificar que el LED sigue funcionando.
6. Completa la plantilla F10 con tu arquitectura y revísala con otro equipo.
7. Guarda los resultados (CSV y capturas) sin datos personales.

Fuente: Protocolo de elaboración propia. Las normas del centro y las indicaciones del docente prevalecen; sirve igual con simuladores.

F13 Glosario de sistemas conectados

GLOSARIO

IoT (internet de las cosas)	Red de objetos con sensores y microcontrolador que intercambian datos con otros sistemas.
Nodo	Dispositivo del sistema que mide o actúa y envía o recibe datos (aquí, el medidor de cada aula).
Borde (edge)	Procesamiento de los datos en el propio nodo o cerca de él, sin enviarlos todos fuera.
Nube	Servidores de un proveedor externo, accesibles por internet, donde se almacenan o procesan datos.
MQTT y broker	Protocolo ligero de mensajes; el broker recibe los mensajes y los reparte a quienes se han suscrito a un tema.
Tema y carga útil	El tema es la «dirección» del mensaje (costaserena/2B/aire); la carga útil es el contenido (el JSON).
ppm	Partes por millón: 1000 ppm de CO_2 son 0,1 % del aire.
Búfer	Memoria donde el nodo guarda las lecturas hasta que puede enviarlas.
Big data	Grandes conjuntos de datos que se analizan para encontrar patrones; con pocos datos o sesgados las conclusiones son poco fiables.
Minimización de datos	Recoger solo los datos imprescindibles para la finalidad del sistema.
Cortafuegos	Sistema que filtra el tráfico de red y bloquea conexiones no autorizadas.

Fuente: Glosario de elaboración propia.

ANEXO 3

Fichas del alumnado

SdA 8 · Sistemas conectados: IoT, datos e IA

ALUMNADO

FICHA 1 Analizamos casos IoT

SESIÓN 1

Nombre: _____ **Curso/grupo:** _____ **Fecha:** _____

Primero, el diagnóstico individual. Después, en equipo, usa el caso del IES Costa Serena (F1), la arquitectura (F3) y los cuatro casos de F2.

1 **Diagnóstico. Marca la respuesta correcta.**

En un sistema IoT, el «nodo» es…

◯ el dispositivo con sensor y microcontrolador que mide y envía datos ◯ el servidor donde se guardan todos los datos

◯ la aplicación del móvil

Procesar los datos en el propio dispositivo, cerca de donde se generan, se llama…

◯ big data ◯ computación en el borde (edge) ◯ computación en la nube

¿Cuál de estos datos es claramente un dato personal?

◯ La ubicación del móvil de una alumna a lo largo del día ◯ La temperatura del invernadero

◯ La concentración de CO_2 de un aula, sin nombres

Un sistema conectado mejora a uno local cuando…

◯ la conexión aporta algo que lo local no puede (histórico, comparación, avisos remotos) y compensa sus riesgos y costes

◯ nunca, porque la red es insegura ◯ siempre, porque tiene más tecnología

2 **Relaciona cada elemento de la arquitectura de F3 con su función.**

1	Sensor de CO_2	a	Decide el aviso y envía el mensaje
2	Microcontrolador	b	Guarda las lecturas y las muestra
3	Broker MQTT	c	Impide el acceso desde internet
4	Almacén y panel	d	Convierte el CO_2 en una señal eléctrica
5	Cortafuegos	e	Reparte los mensajes a quienes se han suscrito

3 **Analiza los cuatro casos de F2. Completa la tabla.**

Caso	¿Qué aporta estar conectado?	¿Funciona sin conexión? ¿Qué se pierde?	Datos personales y riesgo principal
1 · Medidor de CO_2			
2 · Riego del huerto			
3 · Pulsera de actividad			
4 · Timbre con cámara			

4 **Con tus palabras (Sofía frente a Hugo, F1): ¿qué aporta conectar los nodos a un panel que no aporte el semáforo local? Da dos ejemplos concretos y un riesgo.**

5 **Escribe dos criterios de éxito medibles de vuestra arquitectura (uno de funcionamiento y otro de seguridad o privacidad), con valor y unidad.**

FICHA 2 Dibujamos los flujos de datos

SESIÓN 2

Usa F3, F4, F5 y el ejemplo resuelto F6. Escribe siempre las unidades.

1 **Tamaño del mensaje del aula 3A. Cuenta los bytes (un carácter = 1 byte) del tema costaserena/3A/aire y de la carga útil {"aula":"3A","co2":842,"t":23.1,"hr":51}. Suma 2 bytes de cabecera y 2 de longitud del tema. Comprueba si cumple R7 de F1 (menos de 100 bytes).**

2 **Volumen de datos de los 18 nodos según el periodo de envío (mensaje de 64 bytes). Completa la tabla.**

Periodo de envío	Mensajes por día y nodo	Bytes por día y nodo	MB por día (18 nodos)	MB por año (18 nodos)
60 s				
300 s (5 min)				
900 s (15 min)				

3 **Dibuja el recorrido de una lectura del aula 3A hasta el panel (como en F4). Escribe sobre cada flecha el dato que viaja y, debajo, qué ocurre si falla ese tramo.**

4 **¿Es siempre necesario enviar un mensaje por minuto? Compara lo que se pierde y lo que se gana enviando cada 15 minutos y di qué pasa con el aviso local en ese caso.**

5 **Comprueba tu diagrama. Marca lo que incluye.**

- [ ] Cada flecha indica el dato que viaja y su tamaño.
- [ ] El aviso local aparece separado de la red.
- [ ] Hay un búfer o una solución para cuando falla la conexión.
- [ ] Todas las direcciones son privadas (192.168.1.x).
- [ ] No aparece ningún dato personal.

FICHA 3

Diseñamos el sistema conectado

SESIÓN 3

Usa F3, F5, F6 y los requisitos de F1. Después de calcular, decide con la matriz y justifica.

1 **Plan de direccionamiento y temas MQTT. Completa con los datos de F5 (nodos: 1A = .21, 1B = .22, 1C = .23, 2A = .24, 2B = .25).**

Dispositivo	Dirección IP (192.168.1.x)	Tema MQTT que publica o al que se suscribe
Router Wi-Fi		
Broker MQTT		
Almacén y panel		
Nodo del aula 1A		
Nodo del aula 2B		

2 **Energía con otro ciclo. El nodo despierta 5 s cada 120 s (120 mA activo y 0,2 mA dormido). Calcula la corriente media y cuántos días duraría una batería de 2000 mAh. Compara con los 38 días de F6 y di qué ocurre al enviar con más frecuencia.**

3 **Matriz de decisión ponderada. Puntúa cada opción de 1 (mal) a 5 (muy bien), multiplica por el peso y suma.**

Criterio	Peso	A · solo local	B · red local + panel	C · nube + IA externa
Utilidad para el profesorado	3			
Privacidad y seguridad	3			
Consumo y coste	2			
Fiabilidad si falla la red	2			
Mantenimiento	1			
Total ponderado				

4 **Elige una opción y justifícala con dos datos de tus cálculos y un riesgo que aceptas.**

5 **Requisitos de F1 que cumple tu arquitectura. Marca y, si alguno no se cumple, anota cómo lo resolverías.**

- [ ] R3: el aviso local funciona sin red.
- [ ] R4: el aviso es accesible (no solo por color).
- [ ] R5: ningún puerto abierto a internet.
- [ ] R6: no se recogen datos personales.
- [ ] R7: mensaje de menos de 100 bytes.

FICHA 4 Simulamos control y monitorización

SESIÓN 4

Usa el protocolo F12 y el programa F8 (Python). Ejecuta, cambia un parámetro cada vez y anota el resultado en el registro de versiones.

1 **Completa los huecos ___ de la función del semáforo local (verde por debajo de 800, ámbar de 800 a 999 y rojo desde 1000; de ámbar a verde por debajo de 750).**

PYTHON

```
def semaforo(ppm, estado):
    if estado == "rojo":
        return "rojo" if ppm > 950 else "ambar"
    if estado == "ambar":
        return "rojo" if ppm ⩾ ___ else ("verde" if ppm < ___ else "ambar")
    return "rojo" if ppm ⩾ 1000 else ("ambar" if ppm ⩾ ___ else "verde")
```

2 **Red con pérdidas. Ejecuta enviar(datos, perdida=…, buffer=…) y cuenta los cambios del LED local en cada caso. Completa la tabla.**

Pérdida de la red	Lecturas que llegan sin búfer (de 61)	Lecturas que llegan con búfer (de 61)	Cambios del LED local
10 %			
30 %			
50 %			

3 **¿Por qué el número de cambios del LED no depende de la pérdida de la red? ¿Qué requisito de F1 se está comprobando?**

4 **Con búfer llegan todas las lecturas. Explica una ventaja y dos inconvenientes (piensa en la memoria del nodo, en los datos que llegan tarde y en el aviso del panel).**

5 Registro de versiones en el espacio compartido: anota cada versión del programa, qué cambia y su resultado.

Versión	Qué cambia	Resultado

FICHA 5 Decidimos con datos: predicción y límites de la IA

SESIÓN 5

Usa los datos de una clase de 26 alumnos con la ventana abierta a partir del minuto 35 (una lectura cada 5 minutos) y el programa F9.

1 Datos de la sesión (ppm). Léelos antes de calcular.

Minuto	CO_2 (ppm)	Minuto	CO_2 (ppm)
0	451	35	1423
5	614	40	1161
10	786	45	992
15	913	50	888
20	1053	55	1031
25	1185	60	1164
30	1296		

2 Modelo de dos puntos. Calcula la pendiente entre los minutos 5 y 15 (ppm por minuto) y, desde el minuto 15, cuántos minutos faltan para 1000 ppm. Compara con lo que ocurrió en realidad.

3 Usa la misma pendiente para prever el CO_2 en los minutos 30 y 45 y calcula el error.

Minuto	Valor previsto (ppm)	Valor real (ppm)	Error (ppm)	Error (%)
30				
45				

4 **Ejecuta F9 y anota para cada caso el minuto en que el umbral se supera de verdad y el minuto del aviso predictivo. Explica por qué falla la predicción en el minuto 45 (¿qué hizo el aula que el modelo no sabía?).**

5 **Verdadero o falso. Corrige las falsas en el margen.**

	V	F
Si el modelo acierta en una clase, acertará siempre en cualquier otra aula.	☐	☐
Una predicción lineal funciona peor cuando la curva se aplana o alguien abre una ventana.	☐	☐
Con datos de más aulas, el modelo suele ser más fiable, pero nunca es perfecto.	☐	☐
Si decide solo el algoritmo, no hace falta que nadie revise el aviso.	☐	☐
Para predecir la ocupación del aula hay que grabar a las personas.	☐	☐

6 **Un compañero quiere pegar los datos del panel en un chatbot de internet para que «los interprete». ¿Qué comprobarías antes y qué cuidado tendrías con la respuesta?**

FICHA 6

Auditamos ética, energía y seguridad

SESIÓN 6

Usa la plantilla de amenazas (F10), el marco normativo (F11) y los datos de energía (F5 y F6).

1 **Matriz de riesgos de vuestra arquitectura. Puntúa de 1 (bajo) a 3 (alto) la probabilidad y el impacto, calcula el riesgo (P × I) y elige la medida de F10 que aplicaríais.**

Amenaza (F10)	Probabilidad	Impacto	Riesgo (P × I)	Medida elegida
Contraseña por defecto				
Puerto abierto a internet				
Datos falsos en el broker				
Caída de la red				
Recogida excesiva de datos				

2 **Clasifica los datos que podría recoger el sistema.**

Dato	¿Es personal? (sí, no, depende)	¿Hace falta? (sí o no)	Decisión
CO_2 por aula			
Temperatura y humedad por aula			
Nombre del profesor que usa el aula			
Sonido para «contar alumnos»			
Horario de ocupación del aula			

3 **Auditoría energética. Supón 24 nodos de 120 mA a 3,3 V sin ahorro. Calcula kWh al año, kg de CO_2 (0,13 kg/kWh) y coste (0,15 €/kWh). Repite con ahorro (corriente media de 2,2 mA).**

4 **El consumo eléctrico de los nodos es pequeño. ¿Cuál es entonces el impacto ambiental más importante de un sistema IoT y qué decisión de diseño lo reduce?**

5 **Lista de verificación antes de poner el sistema en marcha.**

- [ ] Contraseñas cambiadas, una distinta por dispositivo.
- [ ] Ningún puerto abierto a internet.
- [ ] Solo se recogen los datos mínimos.
- [ ] Hay plan de actualizaciones.
- [ ] El aviso local funciona sin red.
- [ ] El aviso es accesible: color, símbolo y texto.
- [ ] Hay una persona responsable de los datos.
- [ ] Hay plan de retirada y reciclaje de los nodos.

FICHA 7 Defensa técnica: conectar o no conectar

SESIÓN 7

Tarea individual de 20 minutos. Caso nuevo: el centro quiere saber cuándo se llenan sus 12 contenedores de papel para avisar al personal de limpieza. Cada contenedor lleva un nodo con sensor de distancia que mide el nivel (%) cada 30 minutos. Mensaje: {"cont":"P3","nivel":78,"bat":3.1} en el tema costaserena/P3/nivel (58 bytes con la cabecera MQTT). El nodo despierta 4 s a 130 mA y duerme a 0,2 mA, con pilas de 2000 mAh. Hoy el personal revisa los contenedores una vez por semana.

1 **Calcula los mensajes por día, los bytes por día de los 12 nodos, la corriente media del nodo y los días que duran las pilas.**

2 **Dibuja la arquitectura (nodo, red, servidor y panel) y señala dónde se decide el aviso de «contenedor lleno» y qué datos se guardan.**

3 **Compara las dos opciones.**

Criterio	Con conexión	Sin conexión (revisión semanal)
Utilidad		
Seguridad y privacidad		
Energía y residuos (pilas)		

4 **«Conectar o no conectar»: escribe tu decisión con dos datos de tus cálculos y una condición que te haría cambiar de opinión.**

5 **Un modelo predice el llenado con los datos de una semana de clases. Indica dos límites de esa predicción.**

ANEXO 4

Plantilla del producto final

SdA 8 · Sistemas conectados: IoT, datos e IA

ALUMNADO

Nombre: **Curso/grupo:** **Fecha:**

Memoria técnica de la arquitectura conectada. Completadla en equipo a lo largo de las sesiones; es la base de la defensa final.

Arquitectura y flujo de datos

Nodo, red, servidor y panel con direcciones, temas y tamaño del mensaje.

Datos necesarios y volumen

Qué se recoge, bytes por día y MB por año.

Control y simulación

Aviso local, red con pérdidas y resultados.

IA o analítica y sus límites

Método, error y casos en que falla.

Seguridad y privacidad

Amenazas, medidas y datos mínimos.

Energía y sostenibilidad

kWh al año, kg de CO_2 y vida útil.

Accesibilidad

Cómo se avisa sin depender solo del color.

Decisión: conectar o no conectar

Opción elegida, tres argumentos con datos y condición para cambiarla.

ANEXO 5

Lista de cotejo

SdA 8 · Sistemas conectados: IoT, datos e IA

ALUMNADO

Nombre: _____ **Curso/grupo:** _____ **Fecha:** _____

Antes de entregar **Arquitectura IoT con análisis crítico de datos/IA**, comprueba cada punto y marca la casilla. Si alguno falla, todavía estás a tiempo de mejorarlo.

Contenido del producto

- [ ] La arquitectura distingue nodo, red, servidor y panel, con direcciones privadas 192.168.1.x y ningún puerto abierto a internet.
- [ ] El diagrama del flujo de datos indica el dato, el tema y el tamaño del mensaje, y qué ocurre si falla la red.
- [ ] Los cálculos de volumen de datos, energía, kg de CO_2 y duración de la batería llevan unidades y concuerdan con F5.
- [ ] El aviso local con histéresis funciona sin red y se ha comprobado con la simulación de F8.
- [ ] La decisión basada en datos (predicción) incluye el error calculado y al menos dos límites del modelo.
- [ ] La plantilla de amenazas está completada con probabilidad, impacto y medidas para vuestra arquitectura.
- [ ] Se recogen solo los datos mínimos, ficticios y sin información personal; no se ha usado ninguna IA con datos personales.
- [ ] El aviso es accesible (color, símbolo y texto) y se ha valorado el consumo, la vida útil y los residuos.
- [ ] La defensa argumenta «conectar o no conectar» con datos y fuentes citadas, y los programas están guardados con versiones.

Calidad y rigor

- [ ] He usado el vocabulario técnico, la simbología normalizada y las unidades correctas.
- [ ] He justificado las decisiones con requisitos, pruebas, datos o esquemas, y he indicado sus límites.
- [ ] He respetado las normas de seguridad, privacidad y uso responsable de la situación.
- [ ] He citado las fuentes y respetado las licencias de imágenes, código o modelos utilizados.
- [ ] He revisado la presentación y he incorporado las mejoras de la coevaluación o de las pruebas.

Lo que más me ha costado

_____

_____

Firma del equipo / fecha de entrega

_____

_____

ANEXO 6

Rúbrica imprimible

SdA 8 · Sistemas conectados: IoT, datos e IA

ALUMNADO · DOCENTE

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Rúbrica para valorar **Arquitectura IoT con análisis crítico de datos/IA**. Marca el nivel alcanzado en cada indicador.

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial	Nivel
Necesidad y diseño	Traduce la necesidad del aula en requisitos medibles, compara las tres arquitecturas con una matriz ponderada y justifica la elección con datos propios (volumen, energía y riesgos).	Define requisitos y compara al menos dos arquitecturas con una justificación suficiente.	Los requisitos son vagos o la comparación no usa datos; la decisión se apoya sobre todo en opiniones.	No relaciona la arquitectura con la necesidad ni compara alternativas.	
Funcionamiento / evidencia	La simulación funciona y los resultados (pérdidas, búfer y predicción) se interpretan con sus límites: error de la predicción, pocos datos y casos en que falla.	La simulación funciona y hay resultados con alguna interpretación de sus límites.	La simulación se ejecuta solo en parte o los resultados no se comparan ni se interpretan.	No hay simulación ni evidencia suficiente del funcionamiento.	
Documentación técnica	Diagrama de arquitectura y de flujo de datos, temas y direcciones, cálculos con unidades y código comentado: otro equipo podría reproducir y auditar el sistema.	Documentación suficiente con algún cálculo, unidad o dirección sin indicar.	Faltan esquemas, cálculos o pruebas; cuesta reproducir el sistema.	Documentación insuficiente para comprender el sistema.	
Seguridad, ética y sostenibilidad	Integra desde el diseño la minimización de datos, las medidas de seguridad, el aviso accesible y el consumo y la vida útil; usa datos ficticios y valora los riesgos de la IA.	Cumple las normas (red local, datos ficticios) y considera las amenazas y el consumo principales.	Necesita recordatorios o trata la privacidad y la energía de forma superficial.	Expone el sistema a internet, usa datos personales o ignora riesgos e impactos.	
Iteración y cooperación	Usa los resultados de la simulación y de la auditoría para cambiar el diseño y vuelve a comprobarlo; roles bien repartidos y decisiones registradas.	Revisa el diseño tras las pruebas y coopera adecuadamente.	La revisión es limitada o no se vuelve a comprobar; la cooperación es irregular.	No revisa el trabajo o dificulta el del equipo.	

Observaciones del docente

Valoración global

ANEXO 7

Autoevaluación y coevaluación

SdA 8 · Sistemas conectados: IoT, datos e IA

ALUMNADO

Nombre: _____ Curso/grupo: _____ Fecha: _____

Parte 1 · Autoevaluación

Afirmación	Aún no	Con ayuda	Bien	Muy bien
Sé calcular el volumen de datos y el consumo de un sistema conectado y compararlo con otra opción.	○	○	○	○
Sé explicar los límites de una predicción hecha con pocos datos y los riesgos de privacidad y seguridad de un sistema IoT.	○	○	○	○
He cumplido mi rol y mis tareas dentro del equipo.	○	○	○	○
He escuchado y tenido en cuenta las ideas de los demás.	○	○	○	○
He usado datos, pruebas o evidencias para justificar mis decisiones.	○	○	○	○
He revisado y mejorado mi trabajo a partir de la retroalimentación.	○	○	○	○

Dos aprendizajes que he logrado

_____

_____

_____

Una dificultad que he tenido

_____

_____

_____

Una mejora que haré la próxima vez

_____

_____

Parte 2 · Coevaluación de otro equipo

Equipo evaluado: _____

Fortaleza 1

_____

_____

Fortaleza 2

_____

_____

Propuesta de mejora

_____

_____

ANEXO 8

Refuerzo

SdA 8 · Sistemas conectados: IoT, datos e IA

ALUMNADO

Nombre: _____ **Curso/grupo:** _____ **Fecha:** _____

Aquí tienes la arquitectura ya dibujada por partes y un conjunto de datos pequeño de otra aula. Tu trabajo es completar la plantilla, aplicar el semáforo y decidir si conectarías el nodo.

Plantilla de arquitectura

Elementos: sensor, microcontrolador, Wi-Fi, broker, panel, cortafuegos.

Recorrido: **aula** → **red local** → **servidor local** → **panel**. El aviso local no usa la red.

Semáforo y mensaje

Verde: menos de 800 ppm. Ámbar: de 800 a 999. Rojo: 1000 o más.

Mensaje de 64 bytes, uno por minuto.

1 **Completa la arquitectura con los elementos de la lista.**

El _____ mide el CO_2 y el _____ decide el color del aviso.

Los mensajes viajan por la red _____ hasta el _____ MQTT, que los reparte al panel.

El _____ impide el acceso desde internet.

2 **Aplica el semáforo a estos datos (una lectura cada 5 minutos).**

Minuto	CO_2 (ppm)	Color del aviso
10	631	
15	697	
20	774	
25	849	
30	887	
35	966	
40	1016	
45	1059	

3 **¿Cuántos mensajes y cuántos bytes envía el nodo en una hora? ¿Conectarías este nodo? Da un argumento a favor y uno en contra.**

ANEXO 9

Ampliación

SdA 8 · Sistemas conectados: IoT, datos e IA

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Procesar en el borde o en la nube

Los 18 nodos de F1 pueden enviar todos los datos a la nube o decidir en el propio nodo y enviar solo lo importante. Compara tres estrategias con mensajes de 64 bytes y decide cuál combina mejor datos, privacidad, fiabilidad y energía.

Pasos

1. Calcula los mensajes y los bytes por día y nodo, y los MB al año de 18 nodos, para cada estrategia.
2. Valora cada estrategia en tres aspectos: ¿se mantiene el aviso si cae internet?, ¿qué datos salen del centro? y ¿cuánto tiempo transmite el nodo?
3. Elige una estrategia (puede ser mixta) y justifica la elección con los números y con un riesgo que aceptas.

1 **Comparación de estrategias (A: datos crudos cada 60 s a la nube; B: datos crudos cada 15 min a la nube; C: borde, con media de 15 min y los cambios de color, unos 4 al día).**

Estrategia	Mensajes por día y nodo	Bytes por día y nodo	MB por año (18 nodos)	¿Aviso si cae internet?	Datos que salen del centro
A · crudos cada 60 s					
B · crudos cada 15 min					
C · borde					

Entrega

Ficha de comparación con la tabla completada, la estrategia elegida y su justificación en cinco líneas.

ANEXO 10

Guía docente y soluciones

SdA 8 · Sistemas conectados: IoT, datos e IA

DOCENTE

Ficha 1

1. Diagnóstico: el dispositivo con sensor y microcontrolador que mide y envía datos; computación en el borde (edge); la ubicación del móvil de una alumna; la conexión aporta algo que lo local no puede y compensa sus riesgos y costes.
2. Sensor → convierte el CO_2 en una señal eléctrica; microcontrolador → decide el aviso y envía el mensaje; broker MQTT → reparte los mensajes a quienes se han suscrito; almacén y panel → guarda las lecturas y las muestra; cortafuegos → impide el acceso desde internet.
3. Caso 1: aporta histórico, comparación entre aulas y aviso al profesorado; sin conexión sigue el LED y se pierde el panel; sin datos personales; riesgo: red y claves. Caso 2: programar el riego y verlo desde fuera; sin conexión puede regar con un temporizador; datos de humedad (no personales); riesgo: cuenta y nube del fabricante. Caso 3: análisis y sincronización; sin conexión mide, pero no sincroniza; datos personales de salud y ubicación; riesgo: privacidad. Caso 4: ver quién llama desde fuera; sin conexión pierde casi todo; imagen y sonido de personas; riesgo: privacidad y acceso de terceros.
4. Ejemplos de lo que aporta conectar: comparar aulas y horas del día, ver el histórico para decidir cuándo ventilar, avisar al profesorado sin entrar en el aula, detectar sensores averiados. Riesgos: claves por defecto, datos que se recogen de más y dependencia de la red. Valorar la argumentación con datos.
5. Ejemplos de criterios: funcionamiento: «el LED pasa a rojo en menos de 70 s desde que el CO_2 llega a 1000 ppm»; seguridad: «ningún puerto abierto hacia internet y claves distintas por nodo».

Ficha 2

1. Tema costaserena/3A/aire = 19 bytes; carga útil = 40 bytes; mensaje completo: 2 + 2 + 19 + 40 = 63 bytes (menos de 100: cumple R7). Aceptar 63 o 64 bytes si el recuento de caracteres está bien explicado.
2. 60 s: 1440 mensajes; 92 160 bytes; 1,66 MB al día; 605 MB al año. 300 s: 288; 18 432; 0,33 MB; 121 MB. 900 s: 96; 6144; 0,11 MB; 40 MB.
3. Diagrama esperado: lectura, validación, aviso local, JSON, publicación (64 bytes), broker, almacén y panel. Si falla la red: se pierde el panel, el LED sigue y el búfer guarda las lecturas.
4. Enviar cada 15 min reduce los datos 15 veces (de 605 a 40 MB al año) y el uso del radio, pero el panel va con más retraso. El aviso local no cambia, porque no usa la red.
5. Comprobación: valorar que cada flecha tenga dato y tamaño y que el aviso local esté fuera de la red.

Ficha 3

1. Router 192.168.1.1, sin tema; broker 192.168.1.10, recibe todos los temas (costaserena/#); almacén y panel 192.168.1.20, suscrito a costaserena/#; nodo 1A 192.168.1.21, publica en costaserena/1A/aire; nodo 2B 192.168.1.25, publica en costaserena/2B/aire.
2. Corriente media = (5 s × 120 mA + 115 s × 0,2 mA) ÷ 120 s = (600 + 23) ÷ 120 = 5,19 mA. Duración = 2000 ÷ 5,19 = 385 h = 16 días (frente a 38 días con un ciclo de 300 s): enviar más a menudo gasta más energía.
3. Matriz abierta; con pesos 3, 3, 2, 2 y 1 un resultado plausible es A: 3·2 + 3·5 + 2·5 + 2·5 + 1·5 = 46; B: 3·5 + 3·4 + 2·4 + 2·5 + 1·3 = 48; C: 3·5 + 3·2 + 2·3 + 2·2 + 1·2 = 33. Valorar que la elección se justifique con los números y no solo con la puntuación; A también puede ser válida si se razona.
4. Justificación modelo: se elige B porque aporta histórico y comparación entre aulas con pocos datos (605 MB al año) y poca energía (52 kWh y 6,8 kg de CO_2 al año en modo continuo, mucho menos con sueño profundo); el riesgo aceptado es la red, mitigado con las medidas de F10.
5. Requisitos: R3 (LED independiente de la red), R4 (símbolo, texto y parpadeo), R5 (sin puertos abiertos), R6 (solo CO_2, temperatura y humedad), R7 (64 bytes).

Ficha 4

1. Huecos: 1000; 750; 800.
2. 10 %: 54 sin búfer y 61 con búfer; 30 %: 40 y 61; 50 %: 31 y 61. Cambios del LED local: 4 en todos los casos (minutos 11, 19, 48 y 54).
3. El LED depende solo del sensor y del programa del nodo, no de la red. Se comprueba R3 (el aviso local funciona aunque se caiga la red).
4. Ventaja: no se pierden lecturas y el histórico es completo. Inconvenientes: ocupa memoria del nodo, los datos llegan tarde (el panel avisa con retraso) y si se supera la capacidad (120 lecturas) se pierden las más antiguas.
5. Registro: valorar que cada versión indique el cambio (por ejemplo, perdida=0.3 o buffer=True) y el resultado observado.

Ficha 5

1. Datos leídos de la tabla; valorar que se identifique la ventana abierta en el minuto 35.
2. Pendiente = (913 − 614) ÷ (15 − 5) = 29,9 ppm/min. Tiempo hasta 1000: (1000 − 913) ÷ 29,9 = 2,9 min, es decir, hacia el minuto 18; en realidad se superó en el minuto 19 (la lectura del minuto 20 ya es 1053): error de aproximadamente 1 min.
3. Minuto 30: previsto 913 + 29,9 × 15 = 1361,5 ≈ 1362 ppm; real 1296; error 66 ppm (5 %). Minuto 45: previsto 913 + 29,9 × 30 = 1810 ppm; real 992; error 818 ppm (82 %).
4. F9: caso 1, real 19 y aviso 10; caso 2, real 38 y aviso 25 (demasiado pronto); caso 3, real 24 y aviso 10. En el minuto 45 falla porque a los 35 min se abrió la ventana y el modelo supone que todo sigue igual; además, el CO_2 no crece indefinidamente (la curva se aplana).
5. Falso, verdadero, verdadero, falso, falso.
6. Respuesta esperada: usar solo datos ficticios o sin identificación, con la cuenta del centro, sin pegar nada que identifique a personas ni a aulas reales; contrastar la respuesta con los cálculos propios y no fiarse a ciegas: puede inventar o equivocarse.

Ficha 6

1. Matriz abierta. Ejemplo: contraseña por defecto P = 3, I = 3, riesgo 9, cambiar claves; puerto abierto P = 2, I = 3, riesgo 6, no abrir puertos; datos falsos P = 1, I = 2, riesgo 2, permisos por nodo y validación de rango; caída de la red P = 3, I = 1, riesgo 3, aviso local y búfer; recogida excesiva P = 2, I = 3, riesgo 6, minimización.
2. CO_2 por aula: no personal, hace falta. Temperatura y humedad: no personal, hace falta. Nombre del profesor: personal, no hace falta, no recoger. Sonido para contar alumnos: puede ser personal, no hace falta, descartar. Horario de ocupación: depende (puede permitir identificar a personas), se agrega por aula y no se vincula a nombres.
3. Sin ahorro: 0,120 A × 3,3 V = 0,396 W; 0,396 W × 8760 h = 3469 Wh = 3,47 kWh por nodo; 24 nodos: 83,3 kWh; 10,8 kg de CO_2; 12,5 €. Con ahorro (2,2 mA): 0,00726 W; 0,0636 kWh por nodo; 1,53 kWh; 0,20 kg de CO_2; 0,23 €.
4. El mayor impacto está en la fabricación de los dispositivos, su vida útil y los residuos electrónicos (no en la electricidad). Decisiones: componentes estándar y reparables, vida útil larga, actualizaciones y retirada en un punto limpio; no cambiar nodos si siguen funcionando.
5. Aceptar la lista marcada; valorar que se justifiquen las casillas que no se cumplan.

Ficha 7

1. 48 mensajes al día; 48 × 58 = 2784 bytes por nodo y 33 408 bytes (33,4 kB) al día de los 12 nodos, unos 12 MB al año. Corriente media = (4 × 130 + 1796 × 0,2) ÷ 1800 = 0,488 mA; duración = 2000 ÷ 0,488 = 4095 h = 171 días (unos 5,6 meses), es decir, unos 25 cambios de pilas al año para los 12 nodos.
2. Arquitectura: nodo (sensor de distancia y microcontrolador), Wi-Fi o red local, broker y panel. El aviso se decide en el nodo (nivel de 80 % o más) o en el servidor; se guardan el nivel, la hora y la batería; no hay datos personales.
3. Con conexión: evita visitas inútiles (52 al año por contenedor) y avisa cuando está lleno; riesgos de red y mantenimiento; unos 25 cambios de pilas al año. Sin conexión: sin riesgos de red ni residuos de pilas, pero con revisiones a ciegas.
4. Decisión abierta; valorar el uso de datos propios y una condición razonable (por ejemplo, conectar solo los contenedores que se llenan antes de una semana).
5. Límites: pocos datos, semanas de vacaciones o eventos, cambios de hábitos y fallos del sensor; la predicción no es una garantía.

Refuerzo (Anexo 8)

1. sensor; microcontrolador; Wi-Fi; broker; cortafuegos.
2. 10: 631 verde; 15: 697 verde; 20: 774 verde; 25: 849 ámbar; 30: 887 ámbar; 35: 966 ámbar; 40: 1016 rojo; 45: 1059 rojo.
3. 60 mensajes por hora y 60 × 64 = 3840 bytes. Argumentos: a favor, histórico y comparación entre aulas; en contra, claves, red y mantenimiento. Valorar la respuesta razonada.

Ampliación (Anexo 9)

1. A: 1440 mensajes, 92 160 bytes por día y nodo, 605 MB al año (18 nodos). B: 96, 6144 bytes, 40 MB. C: unos 100 (96 medias y 4 cambios), 6400 bytes, 42 MB. C reduce los datos 14,4 veces respecto de A.
2. Aviso si cae internet: A y B, no (dependen de la nube); C, sí (decide el nodo). Datos que salen: A, todos los datos en bruto; B, datos en bruto más espaciados; C, solo medias y cambios de color. Energía: C y B transmiten menos tiempo.
3. Elección esperada: estrategia C (o mixta: aviso en el borde y medias en la nube o en el servidor local); justificar con los números, la privacidad y la fiabilidad, y aceptar un riesgo (por ejemplo, perder detalle de los datos en bruto).

Notas para el docente: temporalización, seguridad y diferenciación

- Temporalización: sesión 1 (casos y arquitectura, 50 min), sesión 2 (flujos y volumen de datos), sesión 3 (diseño y matriz), sesión 4 (simulación; tener Python o el simulador preparado), sesión 5 (decisión con datos y límites de la IA), sesión 6 (auditoría) y sesión 7 (defensa de 3 minutos por equipo y ficha individual de 20 minutos).
- Seguridad y privacidad: todo en red local o simulada (192.168.1.x), sin abrir puertos del router y sin cuentas personales. Los datos son ficticios; ningún dato personal en servicios de IA. No se manipulan baterías de litio: las placas, si se usan, funcionan por USB. La ciberseguridad se trata solo de forma defensiva.
- Diferenciación: el Anexo 8 entrega la arquitectura por partes y un conjunto de datos pequeño; el Anexo 9 compara el procesamiento en el borde con el de la nube. Versión sin placas: F8 y F9 sustituyen todas las medidas.
- Datos a verificar antes de usar con el alumnado: las cifras de consumo de nodo (100 y 120 mA, 0,2 mA) y el precio de 0,15 €/kWh son ilustrativos; el factor de 0,13 kg/kWh es de 2023 (conviene actualizarlo con el último dato de Red Eléctrica); revisar en el BOE y en EUR-Lex los textos y fechas del RGPD, la LOPDGDD y los reglamentos europeos (ciberresiliencia e inteligencia artificial).

Errores frecuentes

- Pensar que conectar siempre mejora el sistema o, al contrario, que conectar siempre es inseguro, sin comparar datos.
- Olvidar que el aviso local debe funcionar sin red, o mezclarlo con el envío de datos.
- Confundir bits con bytes, o contar solo la carga útil sin la cabecera del mensaje.
- Calcular la energía sin pasar mA a A o W a kW (errores de 1000), o confundir mAh con Wh.
- Extrapolar una tendencia lineal sin avisar de que se aplana o de que alguien abre una ventana.
- Usar datos reales de personas, o pegar datos en un servicio de IA sin comprobar qué contienen.

Criterios para valorar respuestas abiertas

- Aceptar arquitecturas distintas de la propuesta si la decisión se justifica con volumen de datos, energía, riesgos y requisitos.
- Valorar más las unidades, las comprobaciones y la interpretación de límites que la complejidad del montaje.
- En la defensa «conectar o no conectar», admitir ambas decisiones si usan datos propios y reconocen un riesgo.
- En la ficha 7, exigir los cálculos, la arquitectura con el lugar de la decisión, una condición para cambiar de opinión y los límites de la predicción.

09

SITUACIÓN DE APRENDIZAJE

Edificio que trabaja con el clima

PREGUNTA GUÍA

¿Cómo puede un edificio reducir consumo antes de añadir tecnología activa?

CURSO 4.º ESO	SESIONES 7 sesiones	BLOQUES DE SABERES A · D
COMPETENCIAS ESPECÍFICAS CE1, CE2, CE6	PRODUCTO FINAL Modelo/propuesta bioclimática	CRITERIOS DE EVALUACIÓN 1.1, 2.1, 6.1, 6.2

Contexto, reto y producto

El IES Altos del Cierzo (centro ficticio) está en Villafría del Cierzo, una localidad inventada con el clima de Valladolid: inviernos fríos y veranos secos y calurosos. El centro quiere construir en el huerto un pabellón-aula-taller de 8 m × 6 m, pero el presupuesto es limitado y al principio no habrá aire acondicionado ni una calefacción potente. La arquitecta técnica del ayuntamiento, Aitana Ruiz, plantea la pregunta que guía todo el proyecto: **¿cómo puede un edificio reducir su consumo antes de añadir tecnología activa?**

En esta situación el alumnado estudia cómo se adaptan los edificios al clima, calcula la **altura del sol** y la longitud de un **alero**, dimensiona el **aislamiento** con el coeficiente de transmitancia U y los límites del CTE, comprueba una **rampa accesible**, dibuja el plano y la maqueta y simula con Python un día caluroso de junio para comparar estrategias pasivas. Después estima el ahorro de calefacción y de CO_2 con datos simplificados y defiende una propuesta indicando sus límites. Todo con datos ficticios o ilustrativos, sin intervenir en edificios reales.

Reto

Diseñar, calcular y simular una propuesta bioclimática para el pabellón (orientación, alero, aislamiento, rampa y plano o maqueta), estimar su ahorro y defenderla indicando los límites de los datos.

Producto final

Modelo/propuesta bioclimática.

Enfoque: Proyecto / análisis / simulación / prototipado

Vinculación curricular

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS MOVILIZADAS (SÍNTESIS)

- **CE1** Identificar y proponer problemas tecnológicos del entorno con iniciativa y creatividad, y planificar soluciones mediante procesos iterativos y colaborativos.
- **CE2** Aplicar con seguridad técnicas y conocimientos interdisciplinares, analizando el ciclo de vida de los productos, para fabricar soluciones accesibles y sostenibles.
- **CE6** Analizar procesos tecnológicos y su impacto social y ambiental con criterios de sostenibilidad y accesibilidad, para un uso ético y ecosocialmente responsable.

Criterios de evaluación seleccionados (redacción oficial del RD 217/2022)

- **1.1** Idear y planificar soluciones tecnológicas emprendedoras que generen un valor para la comunidad a partir de la observación y el análisis del entorno más cercano, estudiando sus necesidades, requisitos y posibilidades de mejora.

2.1 Analizar el diseño de un producto que dé respuesta a una necesidad planteada, evaluando su demanda, evolución y previsión de fin de ciclo de vida con un criterio ético, responsable e inclusivo.

6.1 Hacer un uso responsable de la tecnología, mediante el análisis y aplicación de criterios de sostenibilidad y accesibilidad en la selección de materiales y en el diseño de estos, así como en los procesos de fabricación de productos tecnológicos, minimizando el impacto negativo en la sociedad y en el planeta.

6.2 Analizar los beneficios que, en el cuidado del entorno, aportan la arquitectura bioclimática y el ecotransporte, valorando la contribución de las tecnologías al desarrollo sostenible.

Saberes básicos oficiales seleccionados (transcripción del RD 217/2022)

Código	Saber básico
D1	Sostenibilidad y accesibilidad en la selección de materiales y diseño de procesos, de productos y sistemas tecnológicos.
D2	Arquitectura bioclimática y sostenible. Ahorro energético en edificios.
A3	Técnicas de ideación.
A6	Estrategias de selección de materiales en base a sus propiedades o requisitos.

Concreción didáctica en esta situación

- Arquitectura bioclimática (D2): orientación sur de la fachada principal, huecos según la fachada, alero que sombrea el sol alto de verano y deja pasar el sol bajo de invierno, masa térmica, ventilación cruzada y nocturna y vegetación de hoja caduca.
- Geometría solar sencilla: altura del sol al mediodía = 90° − latitud ± 23,44°; longitud del alero p entre (d + h) ÷ tan(altura de verano) y d ÷ tan(altura de invierno), para latitud 41,65° N (24,9°, 48,4° y 71,8°).
- Envolvente y aislamiento (D2, A6): resistencia térmica R = e ÷ λ, U = 1 ÷ R total con Rsi = 0,13 y Rse = 0,04 m^2·K/W, límites del CTE para la zona D (muros 0,41; cubierta 0,35; huecos 1,80 W/(m^2·K)) y espesor mínimo del aislante.
- Estimación de consumo (D2): pérdidas por transmisión Q = U · A · grados-día · 24 ÷ 1000 con datos simplificados (2000 K·día ilustrativos), ahorro en kWh y en kg de CO_2 (0,202 kg/kWh del gas natural) y balance sol-pérdidas de un mediodía de enero.
- Accesibilidad y materiales (D1, A6): rampa con pendiente máxima según su longitud (10 %, 8 % o 6 %), ancho libre de 1,20 m, puerta de 0,80 m o más, círculo de giro de 1,50 m y selección del aislante por λ, origen renovable y reciclabilidad.
- Ideación y comunicación (A3): técnicas de ideación para generar alternativas, planta y sección acotadas, escalas 1:50 y 1:100, maqueta y simulación en Python del día caluroso de junio, con sus límites.

Objetivos didácticos

- Reconocer cómo la orientación, el aislamiento, el sombreado y la ventilación se adaptan al clima.
- Relacionar la latitud con la altura del sol y calcular un alero y un espesor de aislante.
- Aplicar criterios de accesibilidad y de selección responsable de materiales.
- Estimar con datos simplificados el ahorro de energía y simular el confort de verano.
- Comunicar la propuesta con plano, sección o maqueta y explicar sus límites.

Metodología

Aprendizaje basado en retos

La tarea parte de una necesidad, problema, sistema o decisión técnica con un producto verificable.

Iteración

Se planifica, construye/configura/simula, prueba, registra el fallo y se mejora.

Pensamiento técnico

Las decisiones se justifican mediante requisitos, esquemas, datos, pruebas, criterios de seguridad y limitaciones.

Trabajo cooperativo

Roles rotatorios: coordinación, documentación, material/seguridad, pruebas y comunicación.

Competencia digital

Las herramientas digitales se usan cuando aportan diseño, simulación, programación, documentación o colaboración, no como mero adorno.

Secuencia de sesiones y actividades

Cada sesión genera una **evidencia** que se recoge en la ficha correspondiente del Anexo 3. Los datos, esquemas, especificaciones y ejemplos de trabajo están en el dossier técnico del Anexo 2.

1

SESIÓN 1

Analizamos edificios y climas: soluciones tradicionales y datos del emplazamiento

Evidencia: Ficha 1: diagnóstico, relación de soluciones con su principio, análisis de tres climas (F2), ficha del emplazamiento (F5) y criterios de éxito medibles.

Ficha: Anexo 3 · ficha 1

2

SESIÓN 2

Estudiamos las ganancias y pérdidas de calor de forma cualitativa

Evidencia: Ficha 2: clasificación de ganancias y pérdidas en invierno y verano, croquis de flujos sobre la sección (F3), verdadero o falso y explicación del papel del alero.

Ficha: Anexo 3 · ficha 2

3

SESIÓN 3

Diseñamos la orientación y la envolvente: altura del sol, alero, aislante y U

Evidencia: Ficha 3: alturas solares, intervalo y longitud del alero, cálculo de U, espesor mínimo del aislante (F6, F7) y estimación del consumo de calefacción.

Ficha: Anexo 3 · ficha 3

4

SESIÓN 4

Creamos el plano y la maqueta: escala, rampa accesible y piezas

Evidencia: Ficha 4: cálculos de escala, rampa con 10 %, 8 % y 6 %, planta a escala 1:100 y tabla de piezas de la maqueta a 1:50.

Ficha: Anexo 3 · ficha 4

5

SESIÓN 5

Simulamos el asoleo y la ventilación con datos: un día caluroso de junio

Evidencia: Ficha 5: tabla de resultados de F8 para cuatro casos, interpretación, completado de la regla de ventilación nocturna y ensayos propios.

Ficha: Anexo 3 · ficha 5

6

SESIÓN 6

Revisamos accesibilidad y materiales: matriz del aislante y comprobación del DB-SUA

Evidencia: Ficha 6: matriz de aislantes con λ, origen y reciclaje, comprobación de accesibilidad, análisis de un material de estructura y decisión argumentada.

Ficha: Anexo 3 · ficha 6

7

SESIÓN 7

Presentamos la propuesta y sus límites, y resolvemos individualmente un caso nuevo

Evidencia: Producto final (Anexo 4) y Ficha 7: caseta de aperos en Burgos (zona E), con alero, aislamiento, rampa y estrategias, además de los límites de los cálculos.

Ficha: Anexo 3 · ficha 7

Evaluación

La evaluación combina evidencia del proceso, producto o configuración final, documentación técnica, pruebas/validación, trabajo seguro y una tarea individual de transferencia. El acabado visual no sustituye la funcionalidad, el razonamiento ni la trazabilidad de las decisiones.

Criterios, evidencias e instrumentos

Criterio	Evidencia principal	Instrumento
1.1	Análisis del entorno y de la necesidad: lectura del clima, de la parcela y de los requisitos, estudio de edificios tradicionales y criterios de éxito medibles (U, temperatura, pendiente de la rampa).	Fichas 1, 2 y 3 y plantilla (Anexo 4) / rúbrica y observación sistemática
2.1	Diseño y selección de recursos con criterio ético e inclusivo: orientación y alero calculados, envolvente que cumple el CTE, aislante elegido por λ, origen y reciclaje, y plano o maqueta.	Fichas 3, 4 y 6, plano y maqueta / rúbrica y lista de cotejo
6.1	Sostenibilidad y accesibilidad en materiales y diseño: aislante y estructura valorados por su origen y su fin de vida, rampa, puertas y espacio de giro según el DB-SUA.	Fichas 4 y 6 y plantilla (Anexo 4) / lista de cotejo y rúbrica
6.2	Beneficios de la arquitectura bioclimática en el entorno: simulación de verano, ahorro de calefacción y de CO_2 y valoración de los límites de los datos.	Fichas 5 y 7 y simulación / rúbrica y observación sistemática

Rúbrica del producto final

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial
Necesidad y diseño	Traduce el clima y la necesidad del pabellón en requisitos medibles (U, temperatura, pendiente), compara alternativas de orientación, alero y aislante y justifica la elección con cálculos propios.	Define los requisitos principales y justifica la orientación, el alero y el aislante con algún cálculo.	Los requisitos son vagos o la elección del alero o del aislante no se apoya en cálculos.	No relaciona el diseño con el clima ni con la necesidad.

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial
Funcionamiento / evidencia	Los cálculos (altura solar, alero, U, espesor, rampa) son correctos y la simulación de verano se interpreta con sus límites, comparando al menos cuatro casos.	Los cálculos principales son correctos y la simulación se ejecuta e interpreta con alguna limitación.	Hay errores en los cálculos o la simulación se ejecuta sin interpretarla.	No hay cálculos ni simulación suficientes.
Documentación técnica	Planta y sección acotadas a escala, tabla de capas con unidades, cálculos ordenados y maqueta o modelo coherentes: otro equipo podría comprobar la propuesta.	Documentación suficiente, con alguna cota, unidad o escala sin indicar.	Faltan cotas, escalas o cálculos; cuesta comprobar la propuesta.	Documentación insuficiente para entender la propuesta.
Seguridad, ética y sostenibilidad	Integra desde el diseño la accesibilidad (rampa, puerta y giro), la selección del aislante por origen y reciclaje, el ahorro de energía y la inclusión, y trabaja sin intervenir en instalaciones reales.	Cumple la accesibilidad básica y considera el origen del material y el ahorro de energía.	Trata la accesibilidad o la sostenibilidad de forma superficial o necesita recordatorios.	Incumple la accesibilidad o la seguridad, o ignora los impactos.
Iteración y cooperación	Revisa la propuesta con los resultados de la simulación y de la maqueta y la mejora; roles bien repartidos y decisiones registradas.	Revisa el diseño tras las pruebas y coopera adecuadamente.	La revisión es limitada o la cooperación irregular.	No revisa el trabajo o dificulta el del equipo.

Recursos y seguridad

Recursos y materiales

- Por equipo: papel milimetrado, regla, escuadra, cartabón, transportador y calculadora; cartón pluma o cartulina gruesa, tijeras, pegamento y celo para la maqueta (el cúter solo lo usa el docente); linterna LED.
- Ordenador con Python 3 y hoja de cálculo; opcionalmente, un simulador solar en línea gratuito y un programa de dibujo o CAD sencillo.
- Plantillas de los Anexos 3 y 4, datos climáticos simplificados de F5 y tablas de materiales de F6.

Seguridad, privacidad y uso responsable

Maquetas solo con herramientas escolares y el cúter únicamente con el docente. No se interviene en edificios ni instalaciones reales; el sol y el calor se simulan o se usa una linterna LED.

Interdisciplinariedad: Geografía (clima, latitud, orientación y paisaje) y Física y Química (calor, conductividad térmica, energía y potencia).

Atención a la diversidad (DUA), refuerzo y ampliación

Representación

Modelos, esquemas, fotografías, simulaciones, tutoriales breves, ejemplos resueltos y vocabulario técnico visual.

Acción y expresión

Memoria, maqueta, prototipo, simulación, código, plano o presentación cuando sea compatible con el criterio evaluado.

Implicación

Retos cercanos, elección acotada, roles de equipo y pruebas con propósito realista.

Apoyo / refuerzo

Anexo 8

Parcela y clima ya fijados.

Ampliación

Anexo 9

Comparar estrategias para dos climas diferentes.

ANEXO 1

Lanzamiento del reto

SdA 9 · Edificio que trabaja con el clima

ALUMNADO

En el huerto del IES Altos del Cierzo van a construir un pabellón-aula-taller, pero sin dinero para aire acondicionado ni una gran calefacción. Aitana, la arquitecta técnica, pregunta: ¿qué puede hacer un edificio por sí mismo antes de añadir tecnología? Durante siete sesiones calcularéis dónde llega el sol, cuánto debe medir un alero y cuánto aislante hace falta, comprobaréis una rampa accesible, haréis un plano y una maqueta y simularéis un día de junio. Después defenderéis la propuesta y sus límites.

> *“¿Cómo puede un edificio reducir consumo antes de añadir tecnología activa?”*

Vuestro reto

Diseñar, calcular y simular una propuesta bioclimática para el pabellón (orientación, alero, aislamiento, rampa y plano o maqueta), estimar su ahorro y defenderla indicando los límites de los datos.

Lo que vais a producir

Modelo/propuesta bioclimática.

Seguridad. Maquetas solo con herramientas escolares y el cúter únicamente con el docente.

Hoja de ruta · 7 sesiones

1. Analizamos edificios y climas.
2. Estudiamos ganancias y pérdidas de calor.
3. Diseñamos orientación y envolvente.
4. Creamos el plano y la maqueta.
5. Simulamos el asoleo y la ventilación.
6. Revisamos accesibilidad y materiales.
7. Defendemos y resolvemos un caso nuevo.

Al terminar seré capaz de…

- Reconocer cómo la orientación, el aislamiento, el sombreado y la ventilación se adaptan al clima.
- Relacionar la latitud con la altura del sol y calcular un alero y un espesor de aislante.
- Aplicar criterios de accesibilidad y de selección responsable de materiales.
- Estimar con datos simplificados el ahorro de energía y simular el confort de verano.
- Comunicar la propuesta con plano, sección o maqueta y explicar sus límites.

¿Cómo me evaluarán?

Con la rúbrica del producto final (Anexo 6), la lista de cotejo (Anexo 5) y una reflexión personal (Anexo 7). ¡Revisadlas antes de empezar!

ANEXO 2

Dossier técnico

SdA 9 · Edificio que trabaja con el clima

ALUMNADO

Todo lo necesario para diseñar la propuesta: el caso del pabellón, la arquitectura tradicional y el clima, la sección solar y la planta acotada, los datos climáticos y normativos, las propiedades de los materiales, un ejemplo resuelto, una simulación en Python, la tabla de estrategias pasivas, el protocolo de la maqueta y un glosario.

F1 Un pabellón para el huerto que trabaja con el clima

ESTUDIO DE CASO

Aitana Ruiz, arquitecta técnica del ayuntamiento de Villafría del Cierzo, y el IES Altos del Cierzo preparan un pabellón-aula-taller para el huerto. En invierno hiela con frecuencia y en junio hay días de más de 30 °C. De momento no hay presupuesto para aire acondicionado ni para una calefacción potente, por lo que el edificio debe **trabajar con el clima**. Estos son los **requisitos**:

1. **R1. Solar.** Parcela de 20 m × 15 m, con la calle al este y un desnivel de 0,45 m entre la calle y el suelo interior. El pabellón mide 8 m × 6 m y 3 m de altura libre.
2. **R2. Huecos.** Tres ventanas de 1,50 m × 1,20 m en la fachada sur y una de 1,25 m × 1,20 m en la norte. El alero sur está a 0,30 m sobre las ventanas; su longitud la calcula el equipo.
3. **R3. Envolvente.** Los muros, la cubierta y los huecos deben cumplir los límites de transmitancia del CTE para la zona D: 0,41, 0,35 y 1,80 W/(m²·K).
4. **R4. Verano.** En un día caluroso de junio, la temperatura interior de 9 a 14 h no debe superar los 27 °C.
5. **R5. Accesibilidad.** Itinerario sin escalones desde la calle: rampa con la pendiente que permita su longitud, ancho libre de 1,20 m, puerta de 0,80 m o más y círculo de giro de 1,50 m.
6. **R6. Materiales.** Se elige el aislante por su conductividad, su origen (mejor renovable y local) y su reciclabilidad.
7. **R7. Estimación.** Se calcula cuánta energía de calefacción se ahorra respecto a un edificio sin aislar.
8. **R8. Documentación.** Planta y sección acotadas, maqueta o modelo, cálculos con unidades y límites de la propuesta.

Fuente: Caso didáctico ficticio (centro, localidad, personas y encargo), creado para este cuaderno. La localidad tiene el clima de Valladolid (zona D2 del CTE, latitud 41,65° N).

¿Qué requisitos son de ahorro de energía, de confort, de accesibilidad y de documentación? ¿Cuál crees que será el más difícil de cumplir y por qué?

F2 Arquitectura tradicional y clima

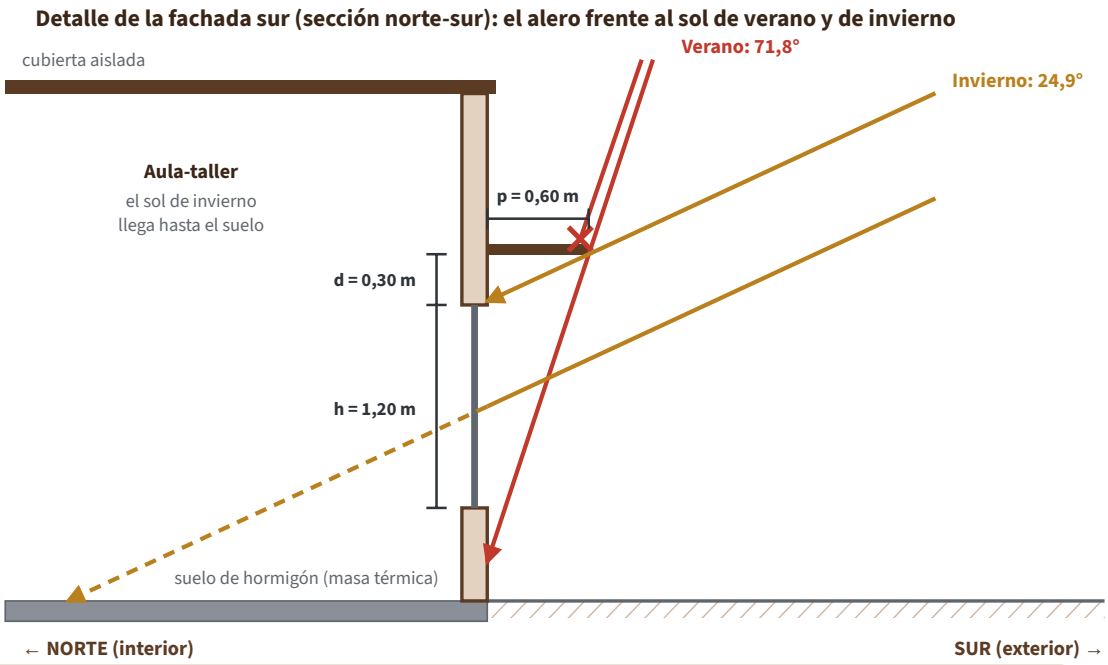
DATOS

Clima y zona	Problema principal	Soluciones tradicionales	Principio que aprovechan
Continental frío (meseta norte)	Inviernos largos y fríos; veranos secos	Muros gruesos de adobe o piedra, huecos pequeños al norte, galerías acristaladas al sur y casas compactas	Masa térmica, captación del sol bajo y poca superficie de pérdidas
Mediterráneo cálido (sur y valle del Guadalquivir)	Veranos muy calurosos	Patios con plantas y agua, calles estrechas, fachadas encaladas, celosías y persianas de lamas y ventilación nocturna	Sombra, reflexión de la radiación y refrigeración por evaporación y ventilación
Atlántico húmedo (Galicia y cornisa cantábrica)	Lluvia, humedad y inviernos suaves	Galerías o solanas acristaladas, cubiertas de fuerte pendiente con aleros grandes y construcciones ventiladas	Captación solar protegida de la lluvia y ventilación contra la humedad
Alta montaña (Pirineos y sierras)	Frío intenso y nieve	Edificios compactos de piedra, cubiertas de pizarra de fuerte pendiente y estancias con estufa	Compacidad, aislamiento y masa térmica

Fuente: Síntesis divulgativa de elaboración propia sobre soluciones tradicionales de la arquitectura española; son ejemplos generales y no corresponden a edificios concretos.

F3 Sección solar: el alero frente al sol de verano y de invierno

ESQUEMA

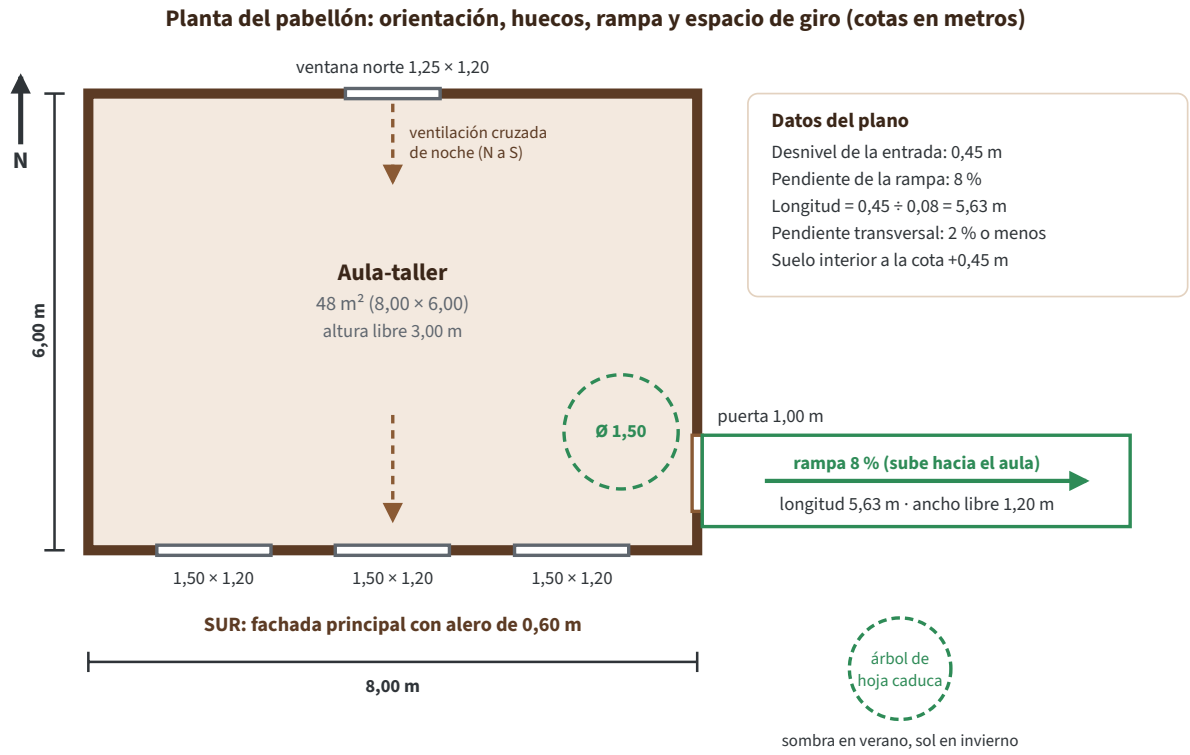


Verano: la sombra del alero baja 0,60 × tan 71,8° = 1,82 m, más que 0,30 + 1,20 = 1,50 m: cubre toda la ventana.
Invierno: la sombra baja 0,60 × tan 24,9° = 0,28 m, menos que 0,30 m: la ventana recibe todo el sol.

Fórmulas. Altura del sol al mediodía = 90° − latitud + declinación (verano, +23,44°), − declinación (invierno) o sin declinación (equinoccios). La sombra que baja un alero de longitud p es p · tan(altura del sol). Para que sombree la ventana en verano: p · tan(altura de verano) ≥ d + h; para dejar pasar el sol en invierno: p · tan(altura de invierno) < d.

Fuente: Esquema de elaboración propia. Alturas solares al mediodía para la latitud 41,65° N con la declinación de ±23,44° de los solsticios.

F4 **Planta del pabellón con rampa y espacio de giro** ESQUEMA



El dibujo está a una escala aproximada de 1:100 cuando se imprime a este tamaño. Observa que la fachada principal (con tres ventanas) mira al sur, que la ventana norte permite la **ventilación cruzada** nocturna y que la rampa llega a la puerta este con un espacio de giro de 1,50 m dentro.

Fuente: Esquema de elaboración propia. Dimensiones de accesibilidad según el DB-SUA del CTE (ver F5); contrastar siempre con el texto vigente.

F5 Datos del emplazamiento, de la normativa y de los cálculos

DATOS

Elemento	Dato	Valor
Emplazamiento (ficticio)	Clima de referencia	Valladolid: zona D2 del CTE, latitud 41,65° N
	Grados-día de calefacción	2000 K·día al año (valor ilustrativo)
	Día caluroso de junio (ilustrativo)	Media de 24 °C y oscilación de ± 8 °C: de 16 °C a las 3 h a 32 °C a las 15 h
Sol	Altura al mediodía	Invierno 24,9°; equinoccios 48,4°; verano 71,8°
Límites del CTE (zona D)	U máxima, W/(m²·K)	Muros 0,41; cubiertas 0,35; huecos 1,80
Resistencias superficiales	Rsi / Rse, m²·K/W	Muros: 0,13 / 0,04; cubiertas: 0,10 / 0,04
Edificio sin aislar (hipótesis)	U, W/(m²·K)	Muro 1,67 (capas de F7); cubierta 2,5; vidrio simple 5,7
Pabellón	Superficies	Muros opacos 77,1 m²; cubierta 48,0 m²; ventanas 6,9 m² (5,4 al sur y 1,5 al norte)
Accesibilidad (DB-SUA)	Rampa accesible	Pendiente máxima: 10 % si mide menos de 3 m; 8 % si mide menos de 6 m; 6 % si mide 6 m o más. Transversal: 2 %. Tramo máximo: 9 m
	Anchos y giro	Ancho libre de la rampa 1,20 m; puerta de paso 0,80 m o más; círculo libre de 1,50 m
Energía y emisiones	Calefacción con gas natural	0,202 kg de CO_2 por kWh (56,1 kg/GJ ÷ 277,8 kWh/GJ)

Fuente: Zona D2 de Valladolid según el Anejo B del CTE DB-HE; límites de transmitancia de la tabla 3.1.1.a del DB-HE 1 (ediciones recientes), consultados en Normatia (2026); resistencias superficiales del Documento de Apoyo DB-HE/1 (tabla 1); pendientes de rampa del DB-SUA, consultadas en Normatia; factor del gas natural de 56,1 kg CO_2/GJ (IPCC, 2006); grados-día, temperaturas de junio, U de elementos sin aislar y demás valores, ilustrativos. Contrastar siempre con los textos vigentes.

F6 Propiedades de materiales de construcción

DATOS

Material	λ, W/(m·K)	Origen y fin de vida	Observaciones
Lana mineral (roca o vidrio)	0,036	Mineral; reciclable; fabricación a alta temperatura	Incombustible y buen aislante acústico
Poliestireno expandido (EPS)	0,037	Derivado del petróleo; reciclable con dificultad	Ligero y barato; sensible al fuego y al calor
Corcho aglomerado	0,040	Renovable (alcornoque) y local; reciclable	Buen comportamiento en verano; más caro
Fibra de madera	0,040	Renovable, con madera de gestión forestal certificada; reciclable	Retrasa mucho el paso del calor; sensible a la humedad
Hormigón armado	2,3	Cemento con gran emisión de CO_2; difícil de reciclar	Alta masa térmica y resistencia
Ladrillo hueco y perforado	0,44 y 0,55	Arcilla cocida; el horno consume mucha energía	Masa térmica media
Placa de yeso laminado	0,25	Yeso y cartón; reciclable	Acabado interior ligero
Madera de pino	0,13	Renovable; almacena carbono	Ligera; necesita protección frente a la humedad

Fuente: Valores de conductividad térmica orientativos de la norma UNE-EN ISO 10456 y de fichas de fabricantes; para un proyecto real se usa el valor declarado en la ficha del producto. La valoración de origen y de fin de vida es cualitativa y de elaboración propia.

F7 Ejemplo resuelto: alero, aislamiento, consumo y rampa

TEXTO

1. Altura del sol (41,65° N). Invierno: 90 − 41,65 − 23,44 = **24,9°**. Equinoccio: 90 − 41,65 = **48,4°**. Verano: 90 − 41,65 + 23,44 = **71,8°**.

2. Alero (d = 0,30 m, h = 1,20 m). En verano debe cumplirse p · tan 71,8° ≥ 1,50, es decir, p ≥ 1,50 ÷ 3,03 = **0,49 m**. En invierno, p · tan 24,9° < 0,30, es decir, p < 0,30 ÷ 0,464 = **0,65 m**. Se elige p = 0,60 m: sombra de 0,60 · 3,03 = 1,82 m en verano (cubre la ventana) y de 0,60 · 0,464 = 0,28 m en invierno (la ventana recibe sol).

3. Muro sin aislar. R = 0,13 + 0,015 ÷ 0,25 + 0,070 ÷ 0,44 + 0,115 ÷ 0,55 + 0,04 = 0,13 + 0,060 + 0,159 + 0,209 + 0,04 = 0,598 m^2·K/W, por lo que **U = 1 ÷ 0,598 = 1,67 W/(m^2·K)**. Para cumplir 0,41 hace falta R total ≥ 1 ÷ 0,41 = 2,439; el aislante debe aportar 2,439 − 0,598 = 1,841 m^2·K/W, es decir, e = 1,841 · 0,036 = **66,3 mm** de lana mineral. Con espesores comerciales de 20 en 20 mm se toman 80 mm: R = 0,598 + 0,080 ÷ 0,036 = 2,820 y **U = 0,355 W/(m^2·K)**, que cumple. Con corcho (λ = 0,040) harían falta 73,6 mm; con 80 mm, U = 0,385.

4. Cubierta. Hormigón de 200 mm: R = 0,10 + 0,20 ÷ 2,3 + 0,04 = 0,227. Para U ≤ 0,35, R total ≥ 2,857, y el aislante debe aportar 2,630: e = 2,630 · 0,036 = 94,7 mm, así que se toman 100 mm y **U = 0,333**.

5. Pérdidas y ahorro. Sin aislar: UA = 1,67 · 77,1 + 2,5 · 48,0 + 5,7 · 6,9 = 128,8 + 120,0 + 39,3 = **288,1 W/K**. Proyectado: 0,355 · 77,1 + 0,333 · 48,0 + 1,8 · 6,9 = 27,4 + 16,0 + 12,4 = **55,8 W/K**. Con Q = UA · GD · 24 ÷ 1000: 288,1 · 2000 · 24 ÷ 1000 = **13 829 kWh** al año frente a 55,8 · 2000 · 24 ÷ 1000 = **2 678 kWh**. Ahorro: 11 151 kWh (el 80,6 %), que con gas natural son 11 151 · 0,202 = **2 252 kg de CO_2**.

6. Rampa. Con 10 % harían falta 0,45 ÷ 0,10 = 4,50 m, pero ese valor solo vale para rampas de menos de 3 m: no se puede. Con **8 %**: 0,45 ÷ 0,08 = **5,63 m**, que es menos de 6 m y cumple. Con 6 %: 7,5 m, que también cumple, pero ocupa más parcela.

Fuente: Cálculos de elaboración propia, comprobados con Python, con los datos de F5 y F6.

F8 Simulación en Python: un día caluroso de junio en el pabellón

CÓDIGO

Simula la temperatura interior hora a hora para cuatro estrategias. Cambia los parámetros de la lista `casos` para probar otras.

PYTHON

```python
import math

def dia(ua, g, sombra, n_noche, tmed=24.0, amp=8.0, vol=144.0, c=8e6):
    """Temperatura interior (°C) a cada hora de un día de junio (modelo simplificado).
    ua: W/K de la envolvente · g: factor solar del vidrio · sombra: fracción de sol que pasa el alero
    n_noche: renovaciones por hora de 21 h a 7 h con ventanas abiertas (0,5 = cerradas)."""
    ti, horas = tmed, []
    for d in range(4):                                  # 3 días de arranque y 1 de resultados
        for minuto in range(24 * 60):
            h = minuto / 60
            te = tmed + amp * math.sin(2 * math.pi * (h - 9) / 24)      # máxima a las 15 h
            sol = 280 * math.sin(math.pi * (h - 6) / 12) if 6 < h < 18 else 0.0   # W/m² en el sur
            q_sol = 5.4 * g * sombra * sol + 1.5 * g * (40 if 6 < h < 18 else 0)   # sur y norte
            q_int = 1200 if 9 ⩽ h < 14 else 0          # 15 personas y equipos de 9 a 14 h
            n = n_noche if (h ⩾ 21 or h < 7) and te < ti else 0.5
            q_vent = 0.335 * vol * n * (te - ti)         # 0,335 Wh/(m³·K) del aire
            ti += 60 * (ua * (te - ti) + q_vent + q_sol + q_int) / c
            if d == 3 and minuto % 60 == 0:
                horas.append(ti)
    return horas

casos = [("1 Sin estrategias", 288, 0.85, 1.0, 0.5),
         ("2 Aislamiento y doble vidrio", 56, 0.60, 1.0, 0.5),
         ("3 Caso 2 + alero de 0,60 m", 56, 0.60, 0.25, 0.5),
         ("4 Caso 3 + ventilación nocturna", 56, 0.60, 0.25, 5.0)]
for nombre, ua, g, sombra, n in casos:
    t = dia(ua, g, sombra, n)
    uso = max(t[9:15])                                   # horario de uso, 9 a 14 h
    print(f"{nombre}: máx {max(t):.1f} °C a las {t.index(max(t))} h; en uso {uso:.1f} °C; "
          f"horas > 27 °C: {sum(x > 27 for x in t)}")
```

Salida esperada: (1) sin estrategias: máx. 31,0 °C, 29,3 °C en horario de uso, 11 horas sobre 27 °C; (2) con aislamiento y doble vidrio: 32,9 °C, 32,3 °C y 24 h (aislar sin sombra ni ventilación empeora el verano); (3) con alero: 29,7 °C, 29,2 °C y 17 h; (4) con ventilación nocturna: 25,9 °C, 24,7 °C y 0 h.

Fuente: Programa de elaboración propia, ejecutado y comprobado con Python 3. Modelo de una sola zona con parámetros ilustrativos (capacidad térmica de 8 MJ/K, radiación sur de 280 W/m² como máximo, 1200 W de ganancias internas de 9 a 14 h); no sustituye a un programa de simulación energética.

F9 Estrategias pasivas: qué hacen en invierno y en verano

DATOS

Estrategia	En invierno	En verano	Cómo se comprueba
Fachada principal y huecos al sur	Capta el sol bajo	Recibe poco sol, porque está alto	Alturas solares (F3)
Alero o voladizo	Deja pasar el sol	Sombrea el sol alto	Longitud p entre el mínimo y el máximo
Aislamiento y estanqueidad	Reduce las pérdidas	Frena el calor de fuera, pero también guarda el de dentro	U menor o igual que el límite del CTE
Masa térmica (suelo y muros pesados)	Guarda el sol del día y lo cede de noche	Amortigua y retrasa los picos de calor	Hora de la temperatura máxima
Ventilación cruzada y nocturna	Solo la higiénica, para no perder calor	Evacúa el calor acumulado cuando fuera hace más fresco	Renovaciones por hora y T máxima
Vegetación de hoja caduca	Sin hojas, deja pasar el sol	Con hojas, da sombra	Sombra proyectada en la fachada
Colores claros en cubierta y fachada	Poco efecto	Reflejan parte de la radiación	Temperatura de la superficie
Huecos pequeños al norte	Menos pérdidas	Luz sin sol directo y ventilación cruzada	Área de huecos por fachada

Fuente: Tabla de elaboración propia a partir de los principios de la arquitectura bioclimática.

F10 Maqueta a escala 1:50 y prueba de sombra con linterna

PROTOCOLO

Material y herramientas: cartón pluma o cartulina gruesa, regla, escuadra, transportador, tijeras, pegamento, celo, cinta métrica y una linterna LED. Opcional: simulador solar en línea gratuito.

Normas y riesgos: el cúter solo lo usa el docente; se corta sobre una base protegida y siempre alejando el filo del cuerpo. Las fuentes de calor y de sol solo se simulan: se usa una linterna LED (no se calienta) y no se emplean bombillas halógenas ni de incandescencia. No se interviene en edificios reales. Se reutiliza el cartón sobrante.

Procedimiento:

1. Pasa a 1:50 las medidas de la tabla de piezas de la ficha 4 (por ejemplo, el muro sur de 8,00 × 3,00 m es de 160 × 60 mm).
2. Dibuja las piezas en el cartón, marca los huecos y recorta (el docente corta lo que requiera cúter).
3. Monta el pabellón con el alero de 0,60 m (12 mm a 1:50) y orienta la maqueta al sur con la ayuda de una brújula o de la planta.
4. Recorta un soporte de cartulina con un ángulo de 24,9° y otro de 71,8° (para el ángulo usa tan = cateto opuesto ÷ cateto adyacente o el transportador).
5. Apoya la linterna en cada soporte, a unos 40 cm de la fachada sur, y mide la sombra del alero sobre la ventana.
6. Compara con lo calculado a 1:50: en invierno, 0,28 m = 5,6 mm; en verano, 1,82 m = 36,4 mm. Anota la diferencia y sus causas.
7. Fotografía la maqueta (sin personas) y guarda las medidas en la plantilla.

Fuente: Protocolo de elaboración propia. Las normas del centro y las indicaciones del docente prevalecen.

F11 Glosario de arquitectura bioclimática

GLOSARIO

Arquitectura bioclimática	Diseño de edificios que aprovecha el clima y el entorno para reducir el consumo de energía antes de añadir sistemas activos.
Estrategia pasiva	Solución de diseño (orientación, aislamiento, sombra, ventilación) que funciona sin consumir energía.
Altura solar	Ángulo del sol sobre el horizonte; al mediodía vale 90° menos la latitud más o menos la declinación.
Alero o voladizo	Elemento que sobresale de la fachada y da sombra a las ventanas.
Conductividad térmica (λ)	Cantidad de calor que pasa por un material por metro de espesor y por kelvin; se mide en W/(m·K). Cuanto menor, mejor aislante.
Resistencia térmica (R)	R = e ÷ λ, en m^2·K/W. Las resistencias de las capas se suman.
Transmitancia térmica (U)	U = 1 ÷ R total, en W/(m^2·K). Cuanto menor, menos calor se pierde por el cerramiento.
Grados-día	Suma de las diferencias entre una temperatura de confort y la exterior; sirve para estimar la energía de calefacción.
Masa térmica	Capacidad de un material pesado de acumular calor y cederlo despacio.
Ventilación cruzada	Corriente de aire entre huecos de fachadas opuestas.
Itinerario accesible	Recorrido sin escalones ni obstáculos que puede usar cualquier persona, incluidas las que usan silla de ruedas.

Fuente: Glosario de elaboración propia.

ANEXO 3

Fichas del alumnado

SdA 9 · Edificio que trabaja con el clima

ALUMNADO

FICHA 1 Analizamos edificios y climas

SESIÓN 1

Nombre: _____ **Curso/grupo:** _____ **Fecha:** _____

Primero, el diagnóstico individual. Después, en equipo, usa el caso del pabellón (F1), la arquitectura tradicional (F2) y los datos del emplazamiento (F5).

1 Diagnóstico. Marca la respuesta correcta.

La arquitectura bioclimática busca…

◯ aprovechar el clima (sol, viento, vegetación) para reducir la necesidad de calefacción y de refrigeración

◯ añadir más aparatos de climatización ◯ usar solo materiales importados

En el hemisferio norte, la fachada que más sol directo recibe en invierno es la…

◯ sur ◯ oeste ◯ norte

La masa térmica de un muro de piedra o de un suelo de hormigón sirve para…

◯ impedir la ventilación ◯ reflejar la luz ◯ acumular calor y cederlo despacio

Antes de añadir tecnología activa, un edificio debería…

◯ instalar un equipo de potencia mayor ◯ aprovechar la orientación, el aislamiento, la sombra y la ventilación

◯ cerrar todas las ventanas

2 Relaciona cada solución tradicional de F2 con el principio que aprovecha.

1	Patio con plantas y agua	a	Captar el sol bajo de invierno
2	Galería acristalada al sur	b	Almacenar y retrasar el calor
3	Fachada encalada	c	Reflejar la radiación solar
4	Muros gruesos de adobe o piedra	d	Dar sombra al sol alto
5	Aleros y celosías	e	Refrescar con sombra y evaporación

3 Analiza tres de los climas de F2. Completa la tabla.

Clima	Problema principal	Solución tradicional que lo resuelve	¿Sirve para Villafría del Cierzo? ¿Por qué?
Continental frío			
Mediterráneo cálido			
Atlántico húmedo			

4 **Ficha del emplazamiento con los datos de F5. Anota cada dato y qué decisión de diseño sugiere.**

Dato	Valor	Decisión de diseño que sugiere
Latitud y altura del sol		
Zona climática y límites de U		
Grados-día		
Temperaturas de junio		

5 **Escribe tres criterios de éxito medibles de vuestra propuesta (uno de energía, uno de confort y uno de accesibilidad), con valor y unidad.**

FICHA 2 Estudiamos ganancias y pérdidas de calor

SESIÓN 2

Usa la sección de F3, la tabla de estrategias de F9 y el caso F1. Esta sesión es cualitativa: razona sin calcular.

1 **Clasifica cada situación como ganancia (G) o pérdida (P) de calor para el pabellón y propón una mejora.**

Elemento o situación	En invierno: ¿G o P?	En verano: ¿G o P?	Estrategia que lo mejora
Ventana sur sin alero ni protección			
Muro norte sin aislar			
Cubierta sin aislar			
Ventana abierta al mediodía de un día de calor			
Personas y equipos dentro del aula			
Suelo de hormigón al sol de enero			

2 **Dibuja sobre un croquis de la sección de F3 las ganancias de calor con línea continua y las pérdidas con línea discontinua, en invierno y en verano.**

3 **Verdadero o falso. Corrige las falsas en el margen.**

	V	F
El vidrio deja pasar la radiación del sol, pero retiene parte del calor del interior.	☐	☐
Un aislante térmico produce calor.	☐	☐
Un edificio muy aislado y cerrado puede sobrecalentarse en verano si no tiene sombra ni ventilación.	☐	☐
En verano el sol del mediodía está más bajo que en invierno.	☐	☐
La ventilación nocturna refresca el edificio cuando fuera hace más fresco que dentro.	☐	☐

4 **Explica con tus palabras por qué la misma ventana sur es una ventaja en invierno y un problema en verano, y cómo lo resuelve el alero.**

5 **Escribe una hipótesis para la sesión de simulación: ¿qué crees que ocurrirá en verano si solo se añade aislamiento y no se da sombra ni se ventila de noche?**

FICHA 3 Diseñamos la orientación y la envolvente

SESIÓN 3

Usa las fórmulas de F3, los datos de F5 y F6 y el ejemplo resuelto F7. Escribe siempre las unidades y redondea como en F7.

1 **Alturas solares en latitud 41,65° N (declinación ±23,44°). Completa.**

Invierno: 90° − 41,65° − 23,44° = _____ °

Equinoccio: 90° − 41,65° = _____ °

Verano: 90° − 41,65° + 23,44° = _____ °

2 **Alero. Con d = 0,30 m y h = 1,20 m, calcula el intervalo de longitudes p posibles, elige un valor y comprueba la sombra que baja en verano, en invierno y en el equinoccio.**

3 **Resistencia y transmitancia del muro sin aislar. Completa la tabla (R = e ÷ λ) y calcula U = 1 ÷ R total.**

Capa, de dentro a fuera	Espesor e (m)	λ (W/m·K)	R (m²·K/W)
Resistencia superficial interior			0,13
Placa de yeso laminado	0,015	0,25	
Ladrillo hueco	0,070	0,44	
Ladrillo perforado	0,115	0,55	
Resistencia superficial exterior			0,04
R total y U			

4 **Espesor mínimo del aislante. El CTE exige U ≤ 0,41 W/(m²·K). Calcula la R total necesaria, la R que debe aportar el aislante y el espesor mínimo con lana mineral (λ = 0,036) y con corcho (λ = 0,040). Elige un espesor comercial (de 20 en 20 mm) y calcula la U final.**

5 **Pérdidas y ahorro. Completa la tabla y calcula la energía de calefacción al año con Q = UA · 2000 · 24 ÷ 1000 (kWh), el ahorro y los kg de CO_2 evitados con gas natural (0,202 kg/kWh).**

Elemento	Área (m²)	U sin aislar	U proyectada	A · U sin aislar (W/K)	A · U proyectada (W/K)
Muros opacos	77,1	1,67	0,355		
Cubierta	48,0	2,5	0,333		
Ventanas	6,9	5,7	1,8		
Total (UA)					

6 **Cálculo de energía, ahorro y CO_2.**

FICHA 4 Creamos el plano y la maqueta

SESIÓN 4

Usa la planta de F4, la rampa y los datos de accesibilidad de F5 y el protocolo de la maqueta F10.

1 **Escalas. Completa.**

En escala 1:50, 8,00 m se dibujan con _____ mm y 6,00 m con _____ mm.

Una ventana de 1,50 m mide _____ mm y el alero de 0,60 m mide _____ mm.

En escala 1:100, el pabellón mide _____ mm × _____ mm.

2 **Rampa. El desnivel es 0,45 m. Calcula la longitud con una pendiente del 10 %, del 8 % y del 6 %, y di cuál cumple el DB-SUA (F5) y cabe en un espacio de 8 m de longitud.**

3 **Dibuja a escala 1:100 la planta del pabellón con la orientación (N), las cuatro ventanas, la puerta, la rampa con su pendiente y longitud y el círculo de giro de 1,50 m.**

4 **Tabla de piezas de la maqueta a escala 1:50.**

Pieza	Medida real (m)	Medida en la maqueta (mm)	Material
Muro sur	8,00 × 3,00		
Muro este	6,00 × 3,00		
Cubierta	8,00 × 6,00		
Alero	8,00 × 0,60		
Rampa	5,63 × 1,20		

5 **Comprueba el plano. Marca lo que incluye.**

- ☐ La orientación (N) y la escala están indicadas.
- ☐ Las cotas llevan unidades.
- ☐ La rampa indica pendiente, longitud y ancho.
- ☐ Se ve el círculo de giro de 1,50 m y la puerta de 0,80 m o más.
- ☐ Los huecos son coherentes con el alero calculado.

FICHA 5 Simulamos el asoleo y la ventilación con datos

SESIÓN 5

Usa el programa de F8 (Python) y la tabla de estrategias de F9. Ejecuta, cambia un parámetro cada vez y anota lo que observas.

1 **Ejecuta F8 y completa la tabla con los resultados de los cuatro casos.**

Caso	T máxima (°C)	Hora de la máxima	T máxima de 9 a 14 h (°C)	Horas sobre 27 °C
1 · Sin estrategias				
2 · Aislamiento y doble vidrio				
3 · Caso 2 + alero				
4 · Caso 3 + ventilación nocturna				

2 **Compara los casos 1 y 2: ¿por qué aislar sin dar sombra ni ventilar empeora el verano? ¿Qué aporta el alero? ¿Y la ventilación nocturna?**

3 **Completa los huecos de la línea que decide si la ventilación nocturna está activa (de 21 h a 7 h y solo si fuera hace más fresco que dentro) y explica por qué se exige esa condición.**

PYTHON

```
n = n_noche if (h ⩾ ___ or h < ___) and te < ___ else 0.5
```

4 **Ensayos propios. Cambia la sombra (0,25 es el alero actual) y las renovaciones nocturnas (n_noche) y anota cómo cambia la temperatura de 9 a 14 h. ¿Cumple 27 °C (R4)?**

Ensayo	sombra	n_noche	T máxima de 9 a 14 h (°C)	¿Cumple 27 °C?

5 **Escribe tres limitaciones del modelo de F8 (mira los parámetros ilustrativos de la fuente) y di qué dato real mejoraría la simulación.**

FICHA 6 Revisamos accesibilidad y materiales

SESIÓN 6

Usa las propiedades de F6, el ejemplo F7 y los datos de accesibilidad de F5.

1 **Matriz de selección del aislante del muro (U ≤ 0,41). Calcula el espesor mínimo con la R que debe aportar (1,841 m^2·K/W) y puntúa de 1 (poco) a 3 (mucho) el origen renovable y la reciclabilidad según F6.**

Aislante	λ (W/m·K)	Espesor mínimo (mm)	Origen renovable (1-3)	Reciclable (1-3)	Total (1-6)
Lana mineral	0,036				
Poliestireno expandido	0,037				
Corcho aglomerado	0,040				
Fibra de madera	0,040				

2 **Comprobación del itinerario accesible (F4 y F5). Marca lo que cumple vuestro diseño y corrige lo que no.**

- ☐ Rampa con la pendiente permitida para su longitud (8 % si mide menos de 6 m).
- ☐ Pendiente transversal de 2 % o menos.
- ☐ Ancho libre de la rampa de 1,20 m o más.
- ☐ Puerta de paso de 0,80 m o más.
- ☐ Círculo de giro de 1,50 m libre dentro del aula.
- ☐ Itinerario sin escalones desde la calle.

3 **Material de la estructura. Analiza dos materiales (hormigón armado, ladrillo o madera) con los datos de F6.**

Material	Masa térmica	Origen y energía de fabricación	Vida útil y fin de vida	Ventaja y desventaja para este pabellón

4 **Elige el aislante del muro y justifica la decisión con dos datos de la matriz y un criterio no técnico (por ejemplo, producción local o fin de vida).**

5 **Inclusión. ¿A quién podría dejar fuera el pabellón tal como está diseñado (niñas y niños pequeños, personas mayores, usuarias de silla de ruedas, personas con baja visión)? Propón dos mejoras concretas.**

FICHA 7 Presentamos la propuesta y sus límites

SESIÓN 7

Tarea individual de 20 minutos. Caso nuevo: una caseta de aperos de 3 m × 2 m × 2,40 m en el huerto de Burgos (zona climática E1, latitud 42,34° N). Su fachada principal mira al sur y tiene una ventana de 1,20 m × 0,80 m con el alero a 0,20 m sobre ella. El muro existente aporta R = 0,45 m^2·K/W sin contar las resistencias superficiales (0,13 y 0,04). El CTE limita en la zona E el U de los muros a 0,37 W/(m^2·K). El aislante será corcho (λ = 0,040) en espesores de 20 en 20 mm. El desnivel de la entrada es de 0,30 m.

1 **Calcula las alturas solares de invierno y de verano, el intervalo de longitudes del alero (d = 0,20 m, h = 0,80 m) y elige un valor.**

2 **Calcula el espesor mínimo de corcho para cumplir U ≤ 0,37, elige el espesor comercial y comprueba si cumplen 80 mm y 100 mm.**

3 **Rampa de entrada. Calcula la longitud con una pendiente del 10 % y del 8 % y di cuál se puede usar según el DB-SUA.**

4 **Indica tres estrategias pasivas prioritarias para esta caseta y dos riesgos (uno de verano y uno de invierno), justificándolo con los datos.**

5 **Escribe dos límites de los cálculos que has hecho (datos simplificados) y qué comprobarías antes de construir.**

ANEXO 4

Plantilla del producto final

SdA 9 · Edificio que trabaja con el clima

ALUMNADO

Nombre: _____ **Curso/grupo:** _____ **Fecha:** _____

Memoria técnica de la propuesta bioclimática. Completadla en equipo a lo largo de las sesiones; es la base de la presentación final.

Clima y requisitos

Latitud, zona, grados-día, temperaturas y requisitos medibles.

Estrategias pasivas

Orientación, alero (p, sombras) y ventilación.

Envolvente y materiales

Capas, R, U, espesor del aislante y criterios de elección.

Accesibilidad

Rampa, puerta, giro e inclusión.

Estimación y simulación

UA, kWh, kg de CO_2 y resultados de F8.

Límites de la propuesta

Datos ilustrativos y qué comprobar antes de construir.

Plano o maqueta

Planta y sección acotadas a escala, o foto de la maqueta con la prueba de sombra.

ANEXO 5

Lista de cotejo

SdA 9 · Edificio que trabaja con el clima

ALUMNADO

Nombre: _____ **Curso/grupo:** _____ **Fecha:** _____

Antes de entregar **Modelo/propuesta bioclimática**, comprueba cada punto y marca la casilla. Si alguno falla, todavía estás a tiempo de mejorarlo.

Contenido del producto

- [ ] El análisis del clima y del emplazamiento (latitud, zona, grados-día) está completo y sugiere decisiones de diseño.
- [ ] La orientación de la fachada principal y los huecos están justificados con las alturas solares (24,9°, 48,4° y 71,8°).
- [ ] La longitud del alero está calculada con su intervalo y comprobada en verano y en invierno.
- [ ] El U del muro y de la cubierta llevan unidades, se calculan con $R = e \div \lambda$ y cumplen los límites del CTE con el aislante elegido.
- [ ] La rampa cumple el DB-SUA (pendiente según su longitud, ancho de 1,20 m, puerta de 0,80 m y círculo de giro de 1,50 m).
- [ ] La planta y la sección están acotadas, con escala y orientación, y la maqueta coincide con el plano.
- [ ] La simulación de F8 se ha ejecutado, comparado cuatro casos y se interpreta con sus limitaciones.
- [ ] El aislante y la estructura se han elegido con λ, origen y fin de vida; se estima el ahorro en kWh y en kg de CO_2.
- [ ] Las fuentes están citadas, los datos ilustrativos están indicados y no se ha intervenido en instalaciones reales.

Calidad y rigor

- [ ] He usado el vocabulario técnico, la simbología normalizada y las unidades correctas.
- [ ] He justificado las decisiones con requisitos, pruebas, datos o esquemas, y he indicado sus límites.
- [ ] He respetado las normas de seguridad, privacidad y uso responsable de la situación.
- [ ] He citado las fuentes y respetado las licencias de imágenes, código o modelos utilizados.
- [ ] He revisado la presentación y he incorporado las mejoras de la coevaluación o de las pruebas.

Lo que más me ha costado

_____

_____

Firma del equipo / fecha de entrega

_____

_____

ANEXO 6

Rúbrica imprimible

SdA 9 · Edificio que trabaja con el clima

ALUMNADO · DOCENTE

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Rúbrica para valorar **Modelo/propuesta bioclimática**. Marca el nivel alcanzado en cada indicador.

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial	Nivel
Necesidad y diseño	Traduce el clima y la necesidad del pabellón en requisitos medibles (U, temperatura, pendiente), compara alternativas de orientación, alero y aislante y justifica la elección con cálculos propios.	Define los requisitos principales y justifica la orientación, el alero y el aislante con algún cálculo.	Los requisitos son vagos o la elección del alero o del aislante no se apoya en cálculos.	No relaciona el diseño con el clima ni con la necesidad.	
Funcionamiento / evidencia	Los cálculos (altura solar, alero, U, espesor, rampa) son correctos y la simulación de verano se interpreta con sus límites, comparando al menos cuatro casos.	Los cálculos principales son correctos y la simulación se ejecuta e interpreta con alguna limitación.	Hay errores en los cálculos o la simulación se ejecuta sin interpretarla.	No hay cálculos ni simulación suficientes.	
Documentación técnica	Planta y sección acotadas a escala, tabla de capas con unidades, cálculos ordenados y maqueta o modelo coherentes: otro equipo podría comprobar la propuesta.	Documentación suficiente, con alguna cota, unidad o escala sin indicar.	Faltan cotas, escalas o cálculos; cuesta comprobar la propuesta.	Documentación insuficiente para entender la propuesta.	
Seguridad, ética y sostenibilidad	Integra desde el diseño la accesibilidad (rampa, puerta y giro), la selección del aislante por origen y reciclaje, el ahorro de energía y la inclusión, y trabaja sin intervenir en instalaciones reales.	Cumple la accesibilidad básica y considera el origen del material y el ahorro de energía.	Trata la accesibilidad o la sostenibilidad de forma superficial o necesita recordatorios.	Incumple la accesibilidad o la seguridad, o ignora los impactos.	
Iteración y cooperación	Revisa la propuesta con los resultados de la simulación y de la maqueta y la mejora; roles bien repartidos y decisiones registradas.	Revisa el diseño tras las pruebas y coopera adecuadamente.	La revisión es limitada o la cooperación irregular.	No revisa el trabajo o dificulta el del equipo.	

Observaciones del docente

Valoración global

ANEXO 7

Autoevaluación y coevaluación

SdA 9 · Edificio que trabaja con el clima

ALUMNADO

Nombre: _____ Curso/grupo: _____ Fecha: _____

Parte 1 · Autoevaluación

Afirmación	Aún no	Con ayuda	Bien	Muy bien
Sé calcular la altura del sol, la longitud de un alero y el espesor de un aislante para cumplir un valor de U.	○	○	○	○
Sé explicar qué estrategias pasivas ayudan en invierno y en verano y comprobar con una simulación si funcionan.	○	○	○	○
He cumplido mi rol y mis tareas dentro del equipo.	○	○	○	○
He escuchado y tenido en cuenta las ideas de los demás.	○	○	○	○
He usado datos, pruebas o evidencias para justificar mis decisiones.	○	○	○	○
He revisado y mejorado mi trabajo a partir de la retroalimentación.	○	○	○	○

Dos aprendizajes que he logrado

_____

_____

_____

Una dificultad que he tenido

_____

_____

_____

Una mejora que haré la próxima vez

_____

_____

Parte 2 · Coevaluación de otro equipo

Equipo evaluado: _____

Fortaleza 1

_____

_____

Fortaleza 2

_____

_____

Propuesta de mejora

_____

_____

ANEXO 8

Refuerzo

SdA 9 · Edificio que trabaja con el clima

ALUMNADO

Nombre: _____ **Curso/grupo:** _____ **Fecha:** _____

La parcela y el clima ya están fijados. Tu trabajo es decidir qué huecos poner en cada fachada, calcular la altura del sol y explicar cómo trabaja el alero.

Parcela y clima fijados

Pabellón de 8 m × 6 m en una parcela de 20 m × 15 m, con la calle al este (N arriba). Clima de Valladolid: zona D2, latitud 41,65° N, inviernos fríos y veranos calurosos.

Fórmulas

Altura del sol al mediodía = 90° − latitud ± 23,44°. Sombra del alero = p · tan(altura). En verano interesa dar sombra; en invierno, dejar pasar el sol.

1 **Decide qué tipo de huecos pondrías en cada fachada y por qué.**

Fachada	Sol directo en invierno	Sol directo en verano	Decisión sobre los huecos (grandes, pequeños o ninguno)
Sur	Mucho, con el sol bajo	Poco, con el sol alto	
Norte	Casi ninguno	Algo, a primera y última hora	
Este	Poco, por la mañana	Mucho, por la mañana	
Oeste	Poco, por la tarde	Mucho, por la tarde	

2 **Calcula la altura del sol al mediodía.**

Invierno: 90° − 41,65° − 23,44° = _____ °

Verano: 90° − 41,65° + 23,44° = _____ °

3 **Con un alero de 0,60 m, la sombra que baja es 0,28 m en invierno y 1,82 m en verano. Explica qué le pasa a una ventana sur de 1,20 m de altura, situada 0,30 m bajo el alero, en cada estación.**

ANEXO 9

Ampliación

SdA 9 · Edificio que trabaja con el clima

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Dos climas, dos estrategias

El mismo pabellón se podría construir en Valladolid (zona D2, 41,65° N) o en Sevilla (zona B4, 37,38° N). Usa los datos del enunciado y el programa F8 para comparar qué estrategias son prioritarias en cada clima y decide cuál es la mejor combinación para Sevilla.

Pasos

1. Calcula para Sevilla las alturas solares, el intervalo del alero (d = 0,30 m, h = 1,20 m) y los espesores mínimos de lana mineral con los límites del CTE para la zona B (muros 0,56; cubierta 0,44; huecos 2,30).
2. Ejecuta F8 con los parámetros de un día caluroso de Sevilla (tmed = 28 y amp = 9) y anota la temperatura máxima de 9 a 14 h de los cuatro casos.
3. Prueba al menos dos combinaciones más (por ejemplo, sombra = 0,15 y n_noche = 8) y propón la estrategia prioritaria para cada ciudad.

1 Comparación de los dos climas.

Aspecto	Valladolid (D2)	Sevilla (B4)
Altura del sol al mediodía en invierno y en verano	24,9° y 71,8°	
Intervalo del alero p (m)		
Espesor mínimo de lana mineral en muros (mm)		
Espesor mínimo de lana mineral en cubierta (mm)		
T máxima de 9 a 14 h con los 4 casos de F8 (°C)		
Estrategia prioritaria		

Entrega

Cuadro comparativo completado y recomendación de cinco líneas para Sevilla, con los datos de la simulación.

ANEXO 10

Guía docente y soluciones

SdA 9 · Edificio que trabaja con el clima

DOCENTE

Ficha 1

1. Diagnóstico: aprovechar el clima (sol, viento, vegetación) para reducir la necesidad de calefacción y refrigeración; sur; acumular calor y cederlo despacio; aprovechar la orientación, el aislamiento, la sombra y la ventilación.
2. Patio con plantas y agua → refrescar con sombra y evaporación; galería acristalada al sur → captar el sol bajo de invierno; fachada encalada → reflejar la radiación solar; muros gruesos → almacenar y retrasar el calor; aleros y celosías → dar sombra al sol alto.
3. Continental frío: inviernos fríos; muros gruesos, galerías al sur y casas compactas; sirve en gran parte (es el clima de Villafría). Mediterráneo cálido: veranos calurosos; patios, encalado, celosías y ventilación nocturna; sirve en verano (sombra, ventilación nocturna). Atlántico húmedo: lluvia y humedad; solanas y aleros grandes; sirve la captación solar, pero Villafría es más seca. Valorar la justificación.
4. Latitud 41,65° N: alturas solares de 24,9°, 48,4° y 71,8°; fachada sur con alero. Zona D2: U máximas de 0,41, 0,35 y 1,80. 2000 K·día: pérdidas importantes, hay que aislar. Junio: 16 °C a 32 °C: oscilación grande, hay que ventilar de noche y dar sombra.
5. Ejemplos: energía: «U de los muros de 0,41 W/(m²·K) o menos»; confort: «temperatura interior de 27 °C o menos de 9 a 14 h»; accesibilidad: «rampa de 8 % o menos con ancho libre de 1,20 m».

Ficha 2

1. Ventana sur sin alero: invierno G, verano G (problema); muro norte sin aislar: P en invierno y G en verano (poco); cubierta sin aislar: P en invierno y G en verano (mucho); ventana abierta al mediodía de un día de calor: G en verano (entra aire caliente); personas y equipos: G en ambas estaciones; suelo de hormigón al sol de enero: G (acumula) y cede después. Mejoras: alero, aislamiento, ventilación nocturna, protección solar, masa térmica.
2. Croquis abierto: ganancias (sol por la ventana sur, personas) y pérdidas (muros, cubierta, ventanas, ventilación). Valorar que se distingan invierno y verano.
3. Verdadero, falso, verdadero, falso (en verano el sol está más alto), verdadero.
4. En invierno el sol bajo entra por la ventana sur y calienta el aula (ganancia útil); en verano el sol alto sobrecalienta. El alero deja pasar el sol bajo y sombrea el alto.
5. Hipótesis esperada: el edificio se sobrecalentará porque el calor que entra por las ventanas y las personas no puede salir y el aislamiento lo conserva. Se contrastará con F8.

Ficha 3

1. 24,9°; 48,4°; 71,8° (24,91°, 48,35° y 71,79°).
2. $p \geq 1{,}50 \div \tan 71{,}8° = 1{,}50 \div 3{,}03 = 0{,}49$ m; $p < 0{,}30 \div \tan 24{,}9° = 0{,}30 \div 0{,}464 = 0{,}65$ m. Intervalo: de 0,49 a 0,65 m; se elige 0,60 m. Sombras: verano $0{,}60 \cdot 3{,}03 = 1{,}82$ m (cubre 1,50 m), invierno 0,28 m (< 0,30 m), equinoccio $0{,}60 \cdot 1{,}125 = 0{,}67$ m (cubre parte de la ventana).
3. R: 0,13; $0{,}015 \div 0{,}25 = 0{,}060$; $0{,}070 \div 0{,}44 = 0{,}159$; $0{,}115 \div 0{,}55 = 0{,}209$; 0,04; total 0,598 m²·K/W; $U = 1 \div 0{,}598 = 1{,}67$ W/(m²·K).
4. R total necesaria $1 \div 0{,}41 = 2{,}439$; el aislante aporta $2{,}439 - 0{,}598 = 1{,}841$ m²·K/W. Lana: $e = 1{,}841 \cdot 0{,}036 = 66{,}3$ mm; corcho: $1{,}841 \cdot 0{,}040 = 73{,}6$ mm. Con 80 mm de lana: $R = 0{,}598 + 2{,}222 = 2{,}820$ y $U = 0{,}355$; con 80 mm de corcho: $R = 0{,}598 + 2{,}000 = 2{,}598$ y $U = 0{,}385$ (ambos cumplen). Con 60 mm de lana, $U = 0{,}44$ y no cumple.
5. A · U sin aislar: 128,8; 120,0; 39,3; UA = 288,1 W/K. A · U proyectada: 27,4; 16,0; 12,4; UA = 55,8 W/K.
6. Q sin aislar = $288{,}1 \cdot 2000 \cdot 24 \div 1000 = 13\,829$ kWh; proyectado = $55{,}8 \cdot 2000 \cdot 24 \div 1000 = 2\,678$ kWh. Ahorro 11 151 kWh (80,6 %) y $11\,151 \cdot 0{,}202 = 2\,252$ kg de CO_2. Valor ilustrativo: depende de los grados-día y de las hipótesis.

Ficha 4

1. 1:50: 160 mm y 120 mm; 30 mm y 12 mm. 1:100: 80 mm × 60 mm.
2. 10 %: 0,45 ÷ 0,10 = 4,50 m, no vale (el 10 % solo para menos de 3 m). 8 %: 5,63 m, menos de 6 m, cumple y cabe en 8 m. 6 %: 7,50 m, también cumple y cabe en 8 m, pero ocupa más parcela. Aceptar 8 % o 6 % si se justifica.
3. Planta abierta: valorar orientación (N), escala 1:100, cotas, ventanas coherentes con F1, puerta, rampa con pendiente y longitud y círculo de giro.
4. Muro sur 160 × 60 mm; muro este 120 × 60 mm; cubierta 160 × 120 mm; alero 160 × 12 mm; rampa 112,6 × 24 mm (5,63 · 20 y 1,20 · 20). Material: cartón pluma o cartulina.
5. Aceptar la lista marcada y valorar que se corrija lo que no se cumpla.

Ficha 5

1. Caso 1: 31,0 °C a las 17 h, 29,3 °C en uso y 11 h sobre 27 °C. Caso 2: 32,9 °C a las 17 h, 32,3 °C y 24 h. Caso 3: 29,7 °C a las 18 h, 29,2 °C y 17 h. Caso 4: 25,9 °C a las 20 h, 24,7 °C y 0 h. Solo el caso 4 cumple R4 (27 °C de 9 a 14 h).
2. Aislar sin dar sombra ni ventilar atrapa el calor que entra por las ventanas y producen las personas: la temperatura sube más (32,3 °C) y no baja de noche (mínima de 27,8 °C). El alero reduce el sol que entra (de 32,3 a 29,2 °C) y la ventilación nocturna evacua el calor acumulado cuando fuera hace más fresco, con lo que el edificio empieza el día más frío.
3. Huecos: 21; 7; ti. La condición te < ti evita que la ventilación nocturna meta aire más caliente que el interior.
4. Resultados plausibles (Valladolid, ua = 56 y g = 0,60): sombra 0,25 y n = 2: 26,9 °C (cumple); sombra 0,25 y n = 3: 25,9 °C; sombra 0,15 y n = 5: 24,4 °C; sombra 0,50 y n = 5: 25,3 °C. Valorar que se anoten los valores y se razone.
5. Limitaciones: una sola zona sin diferencias entre habitaciones; irradiación y temperaturas inventadas; ganancias internas fijas; capacidad térmica estimada; sin efecto del viento ni de la humedad; el alero se resume en un solo factor. Datos reales que mejorarían: archivos climáticos horarios de la zona, medidas de temperatura de un edificio parecido y la masa real del edificio.

Ficha 6

1. Espesores mínimos: lana 66,3 mm; EPS 68,1 mm; corcho 73,6 mm; fibra de madera 73,6 mm. Puntuaciones plausibles: lana (renovable 1, reciclable 3, total 4); EPS (1, 2, 3); corcho (3, 3, 6); fibra de madera (3, 3, 6). Aceptar otras si se justifican con F6. Con espesores comerciales de 20 en 20 mm, los cuatro necesitan 80 mm.
2. Aceptar las casillas marcadas y valorar que se corrija lo que no se cumpla (por ejemplo, ancho libre de 1,20 m y círculo de giro de 1,50 m).
3. Tabla abierta. Ejemplos: hormigón armado: alta masa térmica, cemento con gran emisión de CO_2, vida útil larga y difícil de reciclar; madera: renovable, ligera y con poca masa; ladrillo: masa media y cocción con alto consumo.
4. Decisión modelo: corcho o fibra de madera (80 mm), porque suman la máxima puntuación de origen y reciclaje y cumplen U = 0,385 y 0,385; se acepta el mayor coste o espesor. Criterio no técnico: producción local o fin de vida. Valorar que la lana mineral o el EPS se justifiquen con un criterio razonado (coste o espacio).
5. Inclusión: la altura de los alféizares y de los interruptores, las puertas con peso y manilla accesibles, la iluminación, la señalización con símbolos y la rampa con pasamanos. Valorar propuestas concretas.

Ficha 7

1. Alturas solares en latitud 42,34° N: invierno 90 − 42,34 − 23,44 = 24,2°; verano 90 − 42,34 + 23,44 = 71,1°. p ≥ (0,20 + 0,80) ÷ tan 71,1° = 1,00 ÷ 2,92 = 0,34 m; p < 0,20 ÷ tan 24,2° = 0,20 ÷ 0,450 = 0,44 m. Se elige p = 0,40 m: sombra en verano 0,40 · 2,92 = 1,17 m (≥ 1,00 m) y en invierno 0,40 · 0,450 = 0,18 m (< 0,20 m).
2. R total necesaria = 1 ÷ 0,37 = 2,703; R aislante = 2,703 − 0,13 − 0,04 − 0,45 = 2,083 m^2·K/W; e = 2,083 · 0,040 = 83,3 mm, así que se toman 100 mm. Con 80 mm: R = 0,17 + 0,45 + 2,00 = 2,62 y U = 0,382 > 0,37 (no cumple); con 100 mm: R = 3,12 y U = 0,321 (cumple).
3. 10 %: 0,30 ÷ 0,10 = 3,00 m, que no es menor de 3 m, así que no se puede usar el 10 %. 8 %: 0,30 ÷ 0,08 = 3,75 m, menos de 6 m, cumple.
4. Estrategias prioritarias (clima frío, E1): aislamiento, ganancia solar por la ventana sur con alero ajustado y compacidad. Riesgo de verano: sobrecalentamiento si no hay ventilación nocturna y sombra; riesgo de invierno: pérdidas por la ventana y los puentes térmicos. Valorar la justificación con datos.
5. Límites: grados-día y temperaturas simplificados, valores λ orientativos, no se considera el suelo ni los puentes térmicos, ni el viento. Antes de construir, comprobar los valores declarados de los productos y el cálculo completo con el programa oficial.

Refuerzo (Anexo 8)

1. Sur: huecos grandes (capta el sol de invierno) con alero; norte: huecos pequeños (poca luz, pérdidas) pero útiles para la ventilación cruzada; este y oeste: pocos huecos y con protección, porque el sol bajo de la mañana y de la tarde sobrecalienta en verano.
2. 24,9° y 71,8° (24,91° y 71,79°).
3. En invierno la sombra del alero baja 0,28 m, menos que los 0,30 m que hay hasta la ventana: la ventana recibe sol. En verano baja 1,82 m, más que los 1,50 m de ventana y distancia: la ventana queda a la sombra.

Ampliación (Anexo 9)

1. Sevilla (37,38° N): invierno 29,2°, verano 76,1°. $p \geq 1{,}50 \div \tan 76{,}1° = 0{,}37$ m; $p < 0{,}30 \div \tan 29{,}2° = 0{,}54$ m: de 0,37 a 0,54 m (valdría 0,45 m). Espesor mínimo de lana: muro (0,56) = (1 ÷ 0,56 − 0,598) · 0,036 = 42,8 mm; cubierta (0,44) = (1 ÷ 0,44 − 0,227) · 0,036 = 73,6 mm. Valladolid: 66,3 mm y 94,7 mm, p entre 0,49 y 0,65 m.
2. F8 con tmed = 28 y amp = 9: T máxima de 9 a 14 h: caso 1, 33,5 °C; caso 2, 36,2 °C; caso 3, 33,2 °C; caso 4, 28,3 °C (13 h sobre 27 °C). En Valladolid: 29,3; 32,3; 29,2 y 24,7 °C.
3. Combinaciones plausibles en Sevilla: sombra 0,15 y n_noche 5: 28,0 °C; sombra 0,15 y n_noche 8: 27,0 °C. Estrategia prioritaria: Valladolid, aislamiento y captación solar con alero (clima dominado por el frío); Sevilla, sombra, ventilación nocturna y masa térmica (clima dominado por el calor), con aislamiento moderado. Valorar la recomendación razonada y los límites del modelo.

Notas para el docente: temporalización, seguridad y diferenciación

- Temporalización: sesión 1 (clima y edificios tradicionales, 50 min), sesión 2 (ganancias y pérdidas), sesión 3 (cálculos: alero, U y consumo; es la más cargada), sesión 4 (plano y maqueta), sesión 5 (simulación; tener Python o el programa preparado), sesión 6 (accesibilidad y materiales) y sesión 7 (presentación de 3 minutos por equipo y ficha individual de 20 minutos).
- Seguridad: el cúter solo lo usa el docente; fuentes de calor y de sol simuladas o linterna LED; no se interviene en edificios reales. Si se usan fotografías de edificios, deben ser de dominio público o con licencia Creative Commons y sin personas identificables.
- Diferenciación: el Anexo 8 fija parcela y clima y pide decidir los huecos y calcular el sol; el Anexo 9 compara dos climas con la simulación. Versión sin ordenador: dar impresos los resultados de F8 para que el alumnado los lea y los compare.
- Datos a verificar antes de usar con el alumnado: los límites de U (tabla 3.1.1.a del DB-HE 1), las pendientes del DB-SUA, la zona D2 de Valladolid y el factor de 56,1 kg CO_2/GJ del gas natural proceden de fuentes secundarias consultadas en 2026; conviene contrastarlos con los textos vigentes del CTE. Los valores λ, los grados-día, las temperaturas de junio y el modelo de F8 son ilustrativos.

Errores frecuentes

- Confundir la altura del sol con el ángulo respecto a la vertical, o usar la declinación con el signo cambiado.
- Calcular el alero solo para una estación, sin comprobar el verano y el invierno.
- Olvidar las resistencias superficiales (Rsi y Rse) al calcular U, o sumar U en lugar de las R de las capas.
- Mezclar milímetros y metros en $R = e \div \lambda$ (e debe estar en metros).
- Elegir el 10 % de pendiente para una rampa de más de 3 m.
- Pensar que aislar siempre mejora el verano, sin dar sombra ni ventilar, o interpretar el modelo de F8 como una predicción exacta.

Criterios para valorar respuestas abiertas

- Aceptar otros valores de alero, de aislante o de pendiente si están dentro de los intervalos calculados y se justifican.
- Valorar más los cálculos con unidades, el cumplimiento de los límites y la interpretación de la simulación que la calidad del acabado de la maqueta.
- En la presentación, admitir otras estrategias si se apoyan en datos y se reconocen los límites de la propuesta.
- En la ficha 7, exigir las alturas solares, el intervalo del alero, el espesor del aislante con su comprobación, la rampa con la pendiente permitida y los límites de los cálculos.

10

SITUACIÓN DE APRENDIZAJE

Moverse mejor

PREGUNTA GUÍA

¿Qué combinación de tecnologías puede hacer la movilidad más sostenible y accesible?

CURSO 4.º ESO	**SESIONES** 7 sesiones	**BLOQUES DE SABERES** A · D
COMPETENCIAS ESPECÍFICAS CE1, CE3, CE6	**PRODUCTO FINAL** Plan de ecotransporte para un entorno ficticio/realista	**CRITERIOS DE EVALUACIÓN** 1.1, 1.2, 3.2, 6.2, 6.3

Contexto, reto y producto

El ayuntamiento de Villafría del Cierzo (localidad ficticia de 12 000 habitantes) quiere un **plan de ecotransporte** para ir al centro, donde están el instituto, el mercado y el centro de salud. Hoy el 65 % de los viajes diarios al centro se hace en coche, la línea de autobús es escasa y hay paradas y aceras que una persona con silla de ruedas, un carrito o un andador no puede usar. Julia Ortega, técnica de movilidad del ayuntamiento, plantea la pregunta que guía el proyecto: **¿qué combinación de tecnologías puede hacer la movilidad más sostenible y accesible?**

En esta situación el alumnado analiza datos ficticios de desplazamientos por zonas, compara modos de transporte (a pie, bici, autobús y coche) por tiempo y por emisiones, audita la accesibilidad de las paradas, diseña una línea circular de autobús eléctrico con ciclovías, calcula con Python el balance de CO_2 y el efecto rebote, y presenta una campaña ante un panel ciudadano ficticio, con lenguaje inclusivo y valorando proyectos abiertos y comunitarios. No se recogen ubicaciones personales ni se hacen pruebas en la vía pública.

Reto

Diseñar y defender un plan de ecotransporte para Villafría del Cierzo (línea de autobús, ciclovías y paradas accesibles), con indicadores de CO_2 y de accesibilidad y una campaña que lo explique con claridad.

Producto final

Plan de ecotransporte para un entorno ficticio/realista.

Enfoque: Proyecto / análisis / simulación / prototipado

Vinculación curricular

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS MOVILIZADAS (SÍNTESIS)

- **CE1** Identificar y proponer problemas tecnológicos del entorno con iniciativa y creatividad, y planificar soluciones mediante procesos iterativos y colaborativos.
- **CE3** Expresar, comunicar y difundir ideas y soluciones tecnológicas con la terminología y los recursos adecuados, en una dinámica de mejora continua.
- **CE6** Analizar procesos tecnológicos y su impacto social y ambiental con criterios de sostenibilidad y accesibilidad, para un uso ético y ecosocialmente responsable.

Criterios de evaluación seleccionados (redacción oficial del RD 217/2022)

- **1.1** Idear y planificar soluciones tecnológicas emprendedoras que generen un valor para la comunidad a partir de la observación y el análisis del entorno más cercano, estudiando sus necesidades, requisitos y posibilidades de mejora.

1.2 Aplicar con iniciativa estrategias colaborativas de gestión de proyectos con una perspectiva interdisciplinar y siguiendo un proceso iterativo de validación, desde la fase de ideación hasta la difusión de la solución.

3.2 Presentar y difundir las propuestas o soluciones tecnológicas de manera efectiva, empleando la entonación, expresión, gestión del tiempo y adaptación adecuada del discurso, así como un lenguaje inclusivo y no sexista.

6.2 Analizar los beneficios que, en el cuidado del entorno, aportan la arquitectura bioclimática y el ecotransporte, valorando la contribución de las tecnologías al desarrollo sostenible.

6.3 Identificar y valorar la repercusión y los beneficios del desarrollo de proyectos tecnológicos de carácter social por medio de comunidades abiertas, acciones de voluntariado o proyectos de servicio a la comunidad.

Saberes básicos oficiales seleccionados (transcripción del RD 217/2022)

Código	Saber básico
D3	Transporte y sostenibilidad.
D4	Comunidades abiertas, voluntariado tecnológico y proyectos de servicio a la comunidad.
A2	Estudio de necesidades del centro, locales, regionales, etc. Planteamiento de proyectos colaborativos o cooperativos.
A10	Presentación y difusión del proyecto. Elementos, técnicas y herramientas. Comunicación efectiva: entonación, expresión, gestión del tiempo, adaptación del discurso y uso de un lenguaje inclusivo, libre de estereotipos sexistas.

Concreción didáctica en esta situación

- Transporte y sostenibilidad (D3): modos activos, transporte colectivo y vehículo privado; reparto modal, emisión por pasajero-kilómetro (coche de 0,15 kg CO_2/km con 1,3 personas, 115 g/pkm) y comparación del autobús diésel y el eléctrico según la ocupación.
- Energía y red de transporte (D3): consumo de un autobús eléctrico (1,2 kWh/km), factor de emisión de la red eléctrica (0,13 kg CO_2/kWh, REE 2023), 504 km al día de una línea de 9 km con vueltas cada 15 minutos y balance neto de CO_2 al año con 220 días de servicio.
- Tiempo puerta a puerta (A2): tiempo a pie, en bici, en autobús (caminata, espera, trayecto y caminata final) y en coche (con aparcamiento), y por qué el autobús solo compite si se le da prioridad.
- Accesibilidad y espacio público (D3, A2): itinerario peatonal accesible con 1,80 m de ancho libre, 6 % de pendiente longitudinal máxima y 2 % de transversal (Orden TMA/851/2021), auditoría de paradas y velocidades urbanas de 20, 30 y 50 km/h del Reglamento General de Circulación.
- Efecto rebote y demanda inducida (D3): fracción del ahorro que se pierde cuando la menor congestión atrae nuevos viajes en coche, y punto de equilibrio en que el plan deja de compensar las emisiones del autobús.
- Proyectos comunitarios y comunicación (D4, A10): comunidades abiertas (mapas colaborativos), voluntariado y servicio a la comunidad; presentación con entonación, gestión del tiempo (unas 130 palabras por minuto) y lenguaje inclusivo y no sexista.

Objetivos didácticos

- Analizar las necesidades de movilidad y de accesibilidad de una localidad a partir de datos agregados.
- Comparar modos de transporte y tecnologías con criterios de tiempo, emisiones y accesibilidad.
- Incorporar la energía, la infraestructura y las personas usuarias al diseño de una red de movilidad.
- Calcular indicadores de sostenibilidad y valorar el efecto rebote y los límites de los datos.
- Presentar la propuesta con lenguaje inclusivo y valorar proyectos abiertos y comunitarios de servicio a la comunidad.

Metodología

Aprendizaje basado en retos

La tarea parte de una necesidad, problema, sistema o decisión técnica con un producto verificable.

Iteración

Se planifica, construye/configura/simula, prueba, registra el fallo y se mejora.

Pensamiento técnico

Las decisiones se justifican mediante requisitos, esquemas, datos, pruebas, criterios de seguridad y limitaciones.

Trabajo cooperativo

Roles rotatorios: coordinación, documentación, material/seguridad, pruebas y comunicación.

Competencia digital

Las herramientas digitales se usan cuando aportan diseño, simulación, programación, documentación o colaboración, no como mero adorno.

Secuencia de sesiones y actividades

Cada sesión genera una **evidencia** que se recoge en la ficha correspondiente del Anexo 3. Los datos, esquemas, especificaciones y ejemplos de trabajo están en el dossier técnico del Anexo 2.

1

SESIÓN 1

Mapeamos los desplazamientos con datos ficticios o anonimizados

Evidencia: Ficha 1: diagnóstico, vocabulario de movilidad, tabla de viajes y kilómetros en coche por zona (F2), datos que no se pueden recoger y criterios de éxito medibles.

Ficha: Anexo 3 · ficha 1

2

SESIÓN 2

Comparamos modos de transporte y tecnologías

Evidencia: Ficha 2: tiempos puerta a puerta con el modelo de F5, emisiones por pasajero-kilómetro del coche y del autobús, verdadero o falso y razonamiento sobre la competitividad del autobús.

Ficha: Anexo 3 · ficha 2

3

SESIÓN 3

Definimos las personas usuarias y las barreras

Evidencia: Ficha 3: auditoría de las seis paradas con la norma de F5, tabla de personas usuarias y barreras, mejora de una parada y mirada de género en la movilidad.

Ficha: Anexo 3 · ficha 3

4

SESIÓN 4

Diseñamos la red y el servicio

Evidencia: Ficha 4: frecuencia, autobuses necesarios y kilómetros al día, esquema de la red sobre el mapa, límite de velocidad y comprobación de la zona de bajas emisiones.

Ficha: Anexo 3 · ficha 4

5

SESIÓN 5

Añadimos indicadores de sostenibilidad

Evidencia: Ficha 5: ejecución del programa de F8, tabla de indicadores, balance neto de CO_2 con rebote, ensayos propios y límites del modelo.

Ficha: Anexo 3 · ficha 5

6

SESIÓN 6

Creamos la campaña y el dossier técnico

Evidencia: Ficha 6: guion de tres minutos con lenguaje inclusivo, mensaje de campaña, tiempo disponible, valoración de proyectos comunitarios (F9) y su beneficio social.

Ficha: Anexo 3 · ficha 6

7

SESIÓN 7

Panel ciudadano ficticio, revisión y caso nuevo individual

Evidencia: Producto final (Anexo 4), presentación ante el panel y Ficha 7: ampliación a un barrio nuevo (Los Pinos), con CO_2 neto, parada y velocidad.

Ficha: Anexo 3 · ficha 7

Evaluación

La evaluación combina evidencia del proceso, producto o configuración final, documentación técnica, pruebas/validación, trabajo seguro y una tarea individual de transferencia. El acabado visual no sustituye la funcionalidad, el razonamiento ni la trazabilidad de las decisiones.

Criterios, evidencias e instrumentos

Criterio	Evidencia principal	Instrumento
1.1	Observación y análisis del entorno para generar valor a la comunidad: datos de movilidad por zonas, necesidades de las personas usuarias y criterios de éxito medibles.	Fichas 1, 2 y 3 y plantilla (Anexo 4) / rúbrica, observación sistemática y lista de cotejo
1.2	Gestión colaborativa del proyecto y proceso iterativo de validación desde la idea hasta la difusión: reparto de roles, revisión con el panel ciudadano y mejoras tras el efecto rebote y la auditoría.	Fichas 4, 5 y 7 y plantilla (Anexo 4) / rúbrica y observación sistemática
3.2	Presentación y difusión efectiva de la propuesta: entonación y expresión, gestión del tiempo y lenguaje inclusivo y no sexista en el guion y en la campaña.	Ficha 6 y presentación ante el panel / rúbrica y lista de cotejo
6.2	Beneficios del ecotransporte en el cuidado del entorno: reparto modal, emisiones, balance neto de CO_2 con rebote y límites de los datos.	Fichas 2, 5 y 7 y plantilla (Anexo 4) / rúbrica y lista de cotejo
6.3	Repercusión y beneficios de proyectos tecnológicos de carácter social: accesibilidad de paradas y aceras, comunidades abiertas, voluntariado y servicio a la comunidad.	Fichas 3 y 6 y plantilla (Anexo 4) / lista de cotejo y rúbrica

Rúbrica del producto final

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial
Necesidad y diseño	Traduce los datos de movilidad y las necesidades de las personas usuarias en requisitos medibles, compara alternativas de modos y de red y justifica la propuesta con cálculos propios.	Define los requisitos principales y justifica la red con algunos cálculos y datos.	Los requisitos son vagos o la propuesta no se apoya en los datos.	No relaciona la propuesta con las necesidades ni con los datos.
Funcionamiento / evidencia	Los cálculos (tiempos, autobuses, kilómetros, CO_2 neto y rebote) son correctos, el programa de F8 se ejecuta y se interpreta y se comparan al menos tres valores de rebote.	Los cálculos principales son correctos y el programa se ejecuta e interpreta con alguna limitación.	Hay errores en los cálculos o el programa se ejecuta sin interpretar los resultados.	No hay cálculos ni resultados suficientes.
Documentación técnica	Esquema de la red sobre el mapa, tablas con unidades, auditoría de paradas y fuentes citadas, con datos ilustrativos señalados: otro equipo podría comprobar el plan.	Documentación suficiente, con alguna unidad o fuente sin indicar.	Faltan unidades, fuentes o cálculos; cuesta comprobar el plan.	Documentación insuficiente para entender el plan.
Seguridad, ética y sostenibilidad	Integra la accesibilidad, la privacidad (datos agregados, sin ubicaciones personales), la igualdad en el uso del espacio y el balance real de emisiones, y usa lenguaje inclusivo y no sexista.	Cumple la accesibilidad básica y considera las emisiones y la privacidad.	Trata la accesibilidad, la igualdad o las emisiones de forma superficial o necesita recordatorios.	Ignora la accesibilidad o recoge datos personales.
Iteración y cooperación	Revisa el plan con la auditoría, el rebote y los comentarios del panel y lo mejora; roles bien repartidos y decisiones registradas.	Revisa el plan tras las pruebas y coopera adecuadamente.	La revisión es limitada o la cooperación irregular.	No revisa el trabajo o dificulta el del equipo.

Recursos y seguridad

Recursos y materiales

- Por equipo: mapa impreso de la localidad (F3), regla, calculadora, rotuladores y papel milimetrado para el esquema de la red; cinta métrica y cámara, solo para la auditoría guiada de aceras del entorno escolar con permiso del docente.
- Ordenador con Python 3 y hoja de cálculo; herramienta de presentación; opcionalmente, un mapa abierto en línea del municipio del centro, sin marcar domicilios ni recorridos personales.
- Plantillas de los Anexos 3 y 4, datos ficticios de F2 y F6 y el programa de F8.

Seguridad, privacidad y uso responsable

No se recopilan ubicaciones personales ni se hacen pruebas en tráfico real: se trabaja con datos ficticios o anonimizados y las observaciones de campo solo se hacen en condiciones seguras y autorizadas, acompañados del docente y sin cruzar calzadas.

Interdisciplinariedad: Geografía (territorio, mapas, población y movilidad) y Matemáticas (porcentajes, proporciones, estadística y funciones).

Atención a la diversidad (DUA), refuerzo y ampliación

Representación

Modelos, esquemas, fotografías, simulaciones, tutoriales breves, ejemplos resueltos y vocabulario técnico visual.

Acción y expresión

Memoria, maqueta, prototipo, simulación, código, plano o presentación cuando sea compatible con el criterio evaluado.

Implicación

Retos cercanos, elección acotada, roles de equipo y pruebas con propósito realista.

Apoyo / refuerzo

Anexo 8

Datos y mapa proporcionados.

Ampliación

Anexo 9

Analizar efecto rebote o cambio de demanda tras implantar la propuesta.

ANEXO 1

Lanzamiento del reto

SdA 10 · Moverse mejor

ALUMNADO

En Villafría del Cierzo, dos de cada tres viajes al centro se hacen en coche, y a la parada de Los Olmos no puede llegar una silla de ruedas. Julia, técnica de movilidad, pregunta: ¿qué combinación de tecnologías puede hacer la movilidad más sostenible y accesible? Durante siete sesiones analizaréis datos ficticios, compararéis modos, auditaréis paradas, diseñaréis una línea de autobús eléctrico con ciclovías y calcularéis cuánto CO_2 se ahorra de verdad, incluido el efecto rebote. Después lo defenderéis ante un panel ciudadano.

> *¿Qué combinación de tecnologías puede hacer la movilidad más sostenible y accesible?*

Vuestro reto

Diseñar y defender un plan de ecotransporte para Villafría del Cierzo (línea de autobús, ciclovías y paradas accesibles), con indicadores de CO_2 y de accesibilidad y una campaña que lo explique con claridad.

Lo que vais a producir

Plan de ecotransporte para un entorno ficticio/realista.

Seguridad. No se recopilan ubicaciones personales ni se hacen pruebas en tráfico real: se trabaja con datos ficticios o anonimizados y las observaciones de campo solo se hacen en condiciones seguras y autorizadas, acompañados del docente y sin cruzar calzadas.

Hoja de ruta · 7 sesiones

1. Mapeamos los desplazamientos.
2. Comparamos modos y tecnologías.
3. Definimos personas usuarias y barreras.
4. Diseñamos la red y el servicio.
5. Añadimos indicadores de sostenibilidad.
6. Creamos la campaña y el dossier.
7. Defendemos el plan ante el panel.

Al terminar seré capaz de…

- Analizar las necesidades de movilidad y de accesibilidad de una localidad a partir de datos agregados.
- Comparar modos de transporte y tecnologías con criterios de tiempo, emisiones y accesibilidad.
- Incorporar la energía, la infraestructura y las personas usuarias al diseño de una red de movilidad.
- Calcular indicadores de sostenibilidad y valorar el efecto rebote y los límites de los datos.
- Presentar la propuesta con lenguaje inclusivo y valorar proyectos abiertos y comunitarios de servicio a la comunidad.

¿Cómo me evaluarán?

Con la rúbrica del producto final (Anexo 6), la lista de cotejo (Anexo 5) y una reflexión personal (Anexo 7). ¡Revisadlas antes de empezar!

ANEXO 2

Dossier técnico

SdA 10 · Moverse mejor

ALUMNADO

Todo lo necesario para diseñar el plan: el caso de Villafría, los datos de movilidad por zonas, el esquema de la red, los tiempos por modo, la normativa y los factores de cálculo, la auditoría de paradas, un ejemplo resuelto, un programa en Python, los proyectos comunitarios, el protocolo de observación y un glosario.

F1 Un plan para llegar al centro de otra manera

ESTUDIO DE CASO

Julia Ortega, técnica de movilidad del ayuntamiento de Villafría del Cierzo (12 000 habitantes), prepara un **plan de ecotransporte** para los viajes diarios al centro. Una encuesta ficticia y agregada muestra que el 65 % de esos viajes se hace en coche y que hay vecinas y vecinos que no pueden usar el autobús por las barreras de las paradas. Estos son los **requisitos** del plan:

1. **R1. Zonas.** Cuatro zonas (Norte, Este, Sur y Oeste) con 6 000 viajes diarios al centro en total (F2).
2. **R2. Reparto modal.** Reducir el coche del 65 % a menos del 45 % de los viajes, sin empeorar los viajes a pie.
3. **R3. Línea.** Una línea circular de unos 9 km con seis paradas, de 6:30 a 20:30, con una frecuencia que se decide con cálculos (F5 y F8).
4. **R4. Ciclovías.** Dos ciclovías al centro: una desde la zona Este y otra desde la zona Sur.
5. **R5. Accesibilidad.** Las seis paradas deben cumplir los valores de la norma de F5: itinerario peatonal de 1,80 m de ancho libre y pendientes de 6 % y 2 % como máximo.
6. **R6. Emisiones.** El balance neto de CO_2 (coche evitado menos autobús eléctrico) debe ser positivo aunque se pierda parte del ahorro por el efecto rebote.
7. **R7. Datos.** Solo se usan datos agregados y ficticios; no se recogen ubicaciones personales.
8. **R8. Comunicación.** Una campaña de tres minutos, con lenguaje inclusivo, ante un panel ciudadano.

Fuente: Caso didáctico ficticio (localidad, personas y encargo), creado para este cuaderno. Villafría del Cierzo no es un municipio real.

¿Qué requisitos son de datos, de infraestructura, de accesibilidad y de comunicación? ¿A quién podría dejar fuera el plan si solo se mira el ahorro de CO_2?

F2 Datos ficticios de movilidad por zonas

DATOS

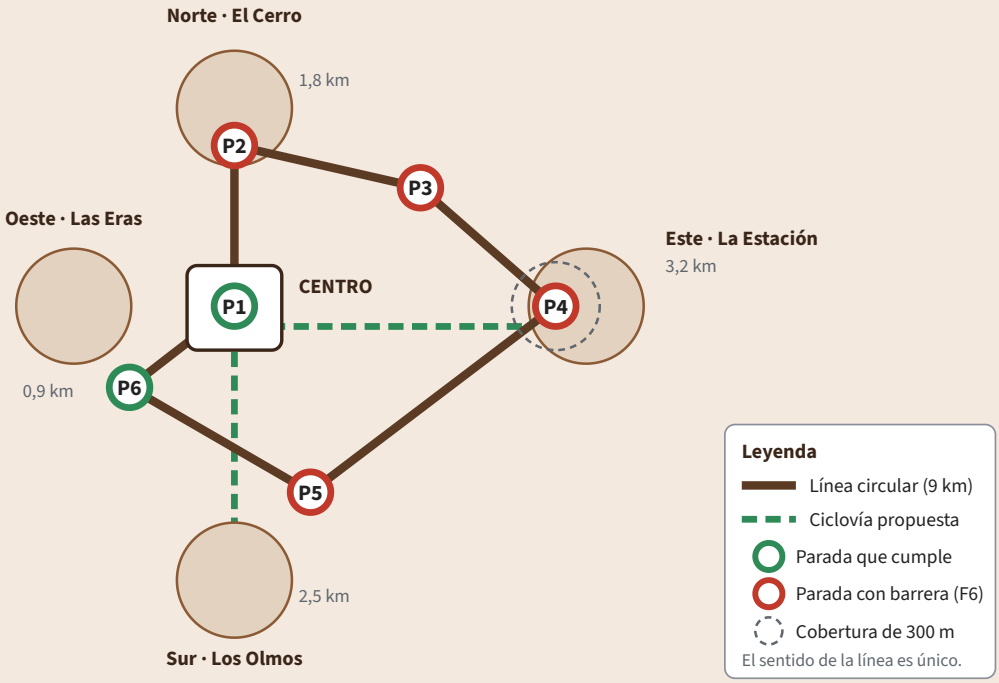
Zona	Habitantes	Distancia al centro	Viajes diarios al centro	Hoy: a pie / bici / bus / coche	Plan: a pie / bici / bus / coche	Población a 300 m o menos de una parada
Norte (El Cerro)	3 000	1,8 km	1 500	15 / 5 / 10 / 70 %	15 / 15 / 25 / 45 %	80 %
Este (La Estación)	2 400	3,2 km	1 200	5 / 3 / 12 / 80 %	5 / 10 / 30 / 55 %	60 %
Sur (Los Olmos)	3 600	2,5 km	1 800	8 / 4 / 8 / 80 %	8 / 12 / 25 / 55 %	75 %
Oeste (Las Eras)	3 000	0,9 km	1 500	55 / 10 / 5 / 30 %	55 / 15 / 10 / 20 %	95 %

Fuente: Datos ficticios, agregados y anonimizados, creados para este cuaderno (no proceden de ninguna encuesta real). Los porcentajes del plan son objetivos de la propuesta, no previsiones.

F3 Esquema de la red: zonas, línea circular y ciclovías

ESQUEMA

Villafría del Cierzo: zonas, línea circular propuesta y ciclovías (esquema no a escala)

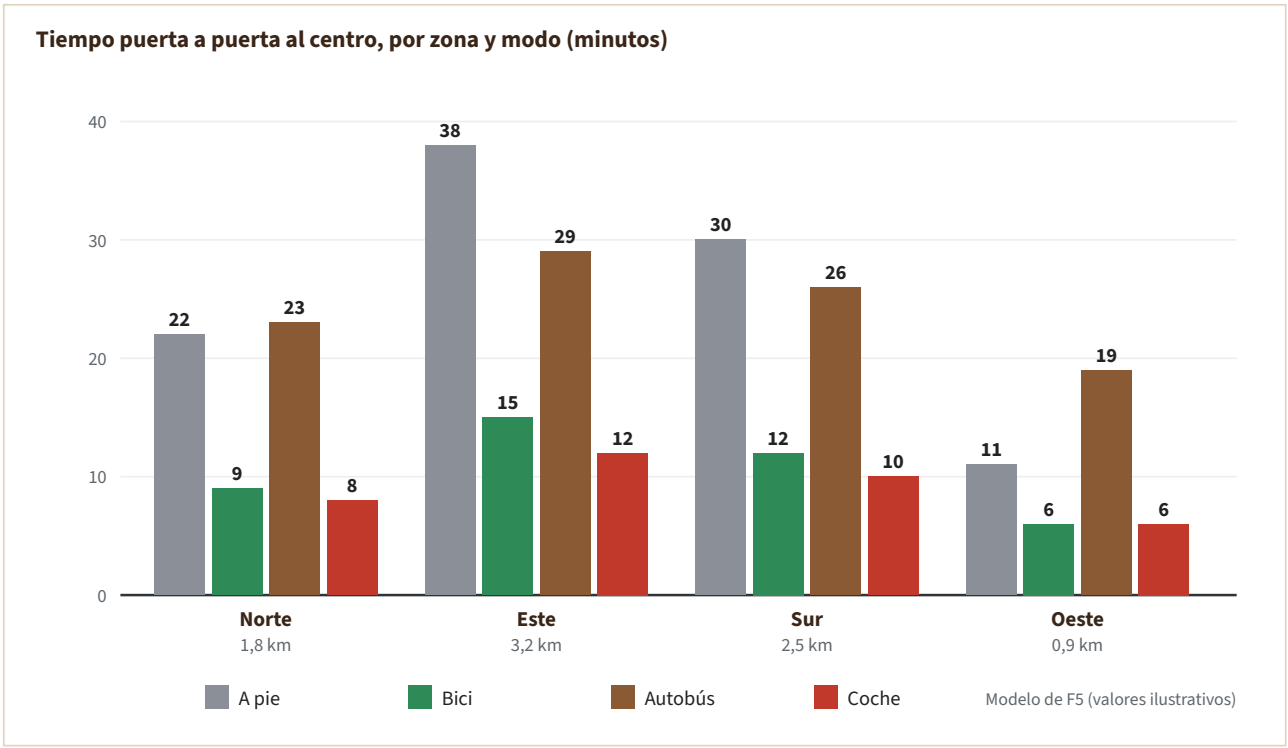


La línea circular recorre las seis paradas en un solo sentido (P1 Plaza Mayor, P2 El Cerro, P3 Instituto, P4 La Estación, P5 Los Olmos y P6 Las Eras). Las ciclovías llegan al centro desde el Este y el Sur. El círculo de trazo discontinuo muestra la cobertura de 300 m alrededor de la parada P4. Los círculos rojos señalan las paradas con barreras detectadas en la auditoría de F6.

Fuente: Esquema de elaboración propia sobre una localidad ficticia; no está a escala. Las zonas se sitúan aproximadamente según su distancia al centro (F2).

F4 Tiempo puerta a puerta al centro, por modo

ESQUEMA



El coche gana en tiempo en todas las zonas y la bici es la segunda mejor opción hasta unos 3 km. El autobús tarda entre dos y tres veces más que el coche, sobre todo por la caminata, la espera y las paradas, así que por sí solo no convence: necesita frecuencia, prioridad y medidas que encarezcan o dificulten el uso del coche.

Fuente: Gráfico de elaboración propia con el modelo de tiempos de F5 (valores ilustrativos): a pie 5 km/h; bici 15 km/h y 2 min; autobús con 5 min de caminata, espera de media frecuencia, 16 km/h sobre una ruta 1,15 veces la distancia directa y 3 min de caminata; coche con 25 km/h y 4 min de aparcamiento.

F5 Normativa y factores de cálculo

DATOS

Tema	Dato	Valor
Velocidad en vías urbanas (RGCir)	Límite genérico	20 km/h en plataforma única; 30 km/h en calzada de un carril por sentido; 50 km/h con dos o más carriles por sentido. El ayuntamiento puede modificarlos
Zonas de bajas emisiones (Ley 7/2021)	Municipios obligados	Más de 50 000 habitantes y territorios insulares. Villafría (12 000) no está obligada, aunque podría crear una zona voluntaria
Itinerario peatonal accesible (Orden TMA/851/2021)	Valores mínimos	Ancho libre 1,80 m; altura libre 2,20 m; pendiente longitudinal 6 % como máximo; pendiente transversal 2 % como máximo
Coche (ilustrativo)	Emisión	0,15 kg CO_2 por km y vehículo; ocupación media de 1,3 personas: 0,15 ÷ 1,3 = 0,1154 kg CO_2/pkm
Autobús eléctrico (ilustrativo)	Consumo y emisión	1,2 kWh/km; con 0,13 kg CO_2/kWh (REE, 2023) son 0,156 kg CO_2/km
Autobús diésel (ilustrativo)	Emisión	0,91 kg CO_2/km, que equivale a unos 0,35 l/km
Modelo de tiempos (ilustrativo)	Parámetros	A pie 5 km/h; bici 15 km/h + 2 min; autobús 16 km/h, ruta de 1,15 × d, 5 min a la parada, espera de media frecuencia y 3 min al destino; coche 25 km/h + 4 min
Servicio de la línea (ilustrativo)	Parámetros	Longitud 9 km; 16 km/h; 5 min de parada en cabecera; servicio de 14 h; frecuencia propuesta de 15 min; 220 días al año

Fuente: Velocidades: Reglamento General de Circulación, art. 50, tras el RD 970/2020 (en vigor desde mayo de 2021). Zonas de bajas emisiones: Ley 7/2021, art. 14 (fuente secundaria consultada en 2026). Itinerario peatonal: Orden TMA/851/2021 (art. 5, consultada en Normatia en 2026). Factor de la red eléctrica: Red Eléctrica de España (REE), 2023. Clasificación de eficiencia por modo: Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA), 2014 a 2018: el tren es el modo más eficiente y el autobús el más eficiente por carretera, mientras que el coche y el avión son los menos eficientes. El resto de factores (coche, autobús, velocidades, ocupación) son ilustrativos. Contrastar siempre con los textos vigentes.

F6 Auditoría ficticia de las seis paradas

DATOS

Parada	Ancho libre de la acera	Pendiente longitudinal	Pendiente transversal	Observación
P1 Plaza Mayor	2,40 m	3 %	1,5 %	Sin obstáculos
P2 El Cerro	1,10 m	5 %	2,0 %	Contenedores en la acera
P3 Instituto	1,50 m	4 %	2,0 %	Una farola reduce el paso
P4 La Estación	2,10 m	2 %	3,0 %	Acera inclinada hacia la calzada
P5 Los Olmos	1,90 m	8 %	2,0 %	Cuesta muy pronunciada
P6 Las Eras	1,85 m	5 %	1,5 %	Sin obstáculos

Fuente: Datos ficticios creados para este cuaderno. Los valores umbral proceden de la Orden TMA/851/2021 (F5).

F7 Ejemplo resuelto: zona Este, servicio de la línea y balance de CO_2

TEXTO

1. Viajes en coche de la zona Este. Hoy: 1 200 · 80 % = **960 viajes**. Plan: 1 200 · 55 % = **660 viajes**. Se evitan 300 viajes al día.

2. CO_2 evitado en la zona Este. Con 3,2 km y 0,1154 kg/pkm: hoy 960 · 3,2 · 0,1154 = 354,5 kg; plan 660 · 3,2 · 0,1154 = 243,7 kg. Ahorro: **110,8 kg de CO_2 al día**. Sumando las cuatro zonas: 1 034,7 kg hoy, 700,6 kg con el plan y **334,0 kg** evitados.

3. Tiempos de la zona Este. A pie: 3,2 ÷ 5 · 60 = **38,4 min**. Bici: 3,2 ÷ 15 · 60 + 2 = **14,8 min**. Autobús: ruta de 3,2 · 1,15 = 3,68 km; 5 + 7,5 + 3,68 ÷ 16 · 60 + 3 = **29,3 min**. Coche: 4 + 3,2 ÷ 25 · 60 = **11,7 min**.

4. Servicio de la línea. Ciclo = 9 ÷ 16 · 60 + 5 = 38,75 min. Con vueltas cada 15 min hacen falta 38,75 ÷ 15 = 2,58, es decir, **3 autobuses**. En 14 h salen 14 · 60 ÷ 15 = 56 vueltas, que son 56 · 9 = **504 km al día**.

5. Autobús eléctrico y balance neto. 504 · 1,2 = 604,8 kWh y 604,8 · 0,13 = **78,6 kg de CO_2 al día**. Balance sin rebote: 334,0 − 78,6 = **255,4 kg al día**, es decir, 255,4 · 220 ÷ 1 000 = **56,2 t de CO_2 al año**.

6. Efecto rebote. Si el 20 % del ahorro del coche se pierde por nuevos viajes: 334,0 · 0,8 − 78,6 = **188,6 kg al día** (41,5 t al año). El ahorro neto se anula si el rebote llega a 1 − 78,6 ÷ 334,0 = **76,5 %**. Con un autobús diésel de 0,91 kg/km, 504 · 0,91 = 458,6 kg al día, mayor que el ahorro del coche: el balance sería negativo (−124,6 kg al día).

Fuente: Cálculos de elaboración propia, comprobados con Python, con los datos de F2 y F5 (valores ilustrativos).

F8 Programa en Python: balance de CO_2 del plan con efecto rebote

CÓDIGO

Calcula el CO_2 del coche hoy y con el plan, el del autobús eléctrico y el balance neto para varios valores del efecto rebote. Cambia las constantes para probar otras frecuencias o factores.

PYTHON

```python
# Plan de ecotransporte de Villafría del Cierzo (datos ficticios)
# zona: (km al centro, viajes/día, % hoy, % plan) con % = (pie, bici, bus, coche)
zonas = {
    "Norte": (1.8, 1500, (15, 5, 10, 70), (15, 15, 25, 45)),
    "Este":  (3.2, 1200, (5, 3, 12, 80), (5, 10, 30, 55)),
    "Sur":   (2.5, 1800, (8, 4, 8, 80), (8, 12, 25, 55)),
    "Oeste": (0.9, 1500, (55, 10, 5, 30), (55, 15, 10, 20)),
}
KG_PKM_COCHE = 0.15 / 1.3   # 0,15 kg CO2/km por coche y 1,3 personas
KWH_KM_BUS = 1.2            # autobús eléctrico
FACTOR_RED = 0.13           # kg CO2/kWh (REE, 2023)
KM_BUS_DIA = 504            # 56 vueltas de 9 km
DIAS = 220                  # días de funcionamiento al año

def co2_coche(col):         # col 2 = hoy, col 3 = plan
    return sum(z[1] * z[col][3] / 100 * z[0] * KG_PKM_COCHE
               for z in zonas.values())

hoy, plan = co2_coche(2), co2_coche(3)
bus = KM_BUS_DIA * KWH_KM_BUS * FACTOR_RED
print(f"Coche hoy: {hoy:.1f} kg/día; con el plan: {plan:.1f} kg/día")
print(f"Autobús eléctrico: {bus:.1f} kg/día")
for rebote in (0, 0.1, 0.2, 0.3):
    neto = (hoy - plan) * (1 - rebote) - bus
    print(f"Rebote {rebote:.0%}: neto {neto:.1f} kg/día = "
          f"{neto * DIAS / 1000:.1f} t/año")
for i, m in enumerate(("a pie", "bici", "bus", "coche")):
    h = sum(z[1] * z[2][i] / 100 for z in zonas.values())
    p = sum(z[1] * z[3][i] / 100 for z in zonas.values())
    print(f"{m}: {h:.0f} → {p:.0f} viajes")
```

Salida esperada: coche hoy 1 034,7 kg/día y con el plan 700,6 kg/día; autobús eléctrico 78,6 kg/día; balance neto de 255,4 kg/día (56,2 t/año) sin rebote, 222,0 kg/día (48,8 t/año) con 10 %, 188,6 kg/día (41,5 t/año) con 20 % y 155,2 kg/día (34,1 t/año) con 30 %; viajes a pie 1 254 → 1 254, en bici 333 → 786, en autobús 513 → 1 335 y en coche 3 900 → 2 625.

Fuente: Programa de elaboración propia, ejecutado y comprobado con Python 3. Datos ficticios y factores ilustrativos de F2 y F5; no sustituye a un estudio de movilidad real.

F9 Proyectos abiertos y comunitarios sobre movilidad

DATOS

Iniciativa	Qué aporta a la comunidad	Cómo se puede participar	Cuidados y límites
Mapa abierto y colaborativo (por ejemplo, OpenStreetMap)	Datos de calles, aceras y paradas que cualquiera puede usar y mejorar	Voluntariado que completa o corrige el mapa del barrio	Revisar la licencia y no añadir datos personales ni imágenes de personas
Mapa colaborativo de accesibilidad (por ejemplo, Wheelmap)	Información sobre qué lugares son accesibles para una silla de ruedas	Valorar y subir la accesibilidad de comercios y paradas	Datos revisados por otras personas; pueden quedar desactualizados
Camino escolar seguro	Itinerarios a pie al centro con apoyo de familias, centro y ayuntamiento	Proponer rutas, señalización y puntos de encuentro	Coordinación con el ayuntamiento y consentimiento de las familias
Taller comunitario de bicicletas	Reparación y préstamo de bicis a bajo coste	Voluntariado de mecánica básica y de difusión	Seguridad en el taller y responsabilidad sobre los vehículos prestados
Servicio-aprendizaje del propio centro	El alumnado entrega al ayuntamiento un análisis útil de la localidad	Presentar datos, propuestas y una campaña de información	Honestidad sobre los límites de los datos y respeto a la privacidad

Fuente: Descripciones generales de elaboración propia sobre tipos de iniciativas. OpenStreetMap y Wheelmap son proyectos reales de mapas colaborativos: contrastar sus condiciones de uso y licencias en sus páginas oficiales (openstreetmap.org y wheelmap.org) antes de usarlos.

F10 Protocolo de observación y auditoría guiada del entorno escolar

PROTOCOLO

Material: cinta métrica o rueda medidora, nivel digital del móvil o inclinómetro (opcional), cuaderno, cámara sin personas en el encuadre y chaleco reflectante si el centro lo facilita.

Normas y riesgos: la auditoría solo se hace en un tramo de acera del entorno del centro, con permiso del centro, acompañados del docente y en grupos pequeños. No se cruzan calzadas, no se mide en la calzada ni se hacen pruebas con vehículos. No se anotan domicilios, matrículas ni recorridos de personas concretas; se fotografían elementos, no personas. Si no es posible salir, se usan los datos ficticios de F6.

Procedimiento:

1. Elegid un tramo de acera de unos 20 m y anotad su ubicación aproximada (calle, no domicilio).
2. Medid el ancho libre (la parte sin farolas, papeleras ni contenedores) en tres puntos y quedaos con el menor.
3. Medid con el nivel digital la pendiente longitudinal y la transversal; calculadla como desnivel ÷ longitud · 100.
4. Anotad los obstáculos (escalones, bordillos sin rebaje, mobiliario, aparcamiento sobre la acera).
5. Comparad con los valores de F5 (1,80 m, 6 % y 2 %) y marcad si cumple.
6. Proponed una mejora y calculad cuánto falta (por ejemplo, 1,80 − 1,10 = 0,70 m).
7. Compartid los datos agregados con el resto del grupo, sin datos personales.

Fuente: Protocolo de elaboración propia. Las normas del centro y las indicaciones del docente prevalecen.

F11 Glosario de movilidad sostenible y accesible

GLOSARIO

Reparto modal	Porcentaje de los viajes que se hace con cada modo de transporte (a pie, bici, autobús, coche).
Modo activo	Forma de desplazarse con el esfuerzo del propio cuerpo, como caminar o ir en bici.
Pasajero-kilómetro (pkm)	Unidad que mide el transporte de una persona durante un kilómetro; permite comparar emisiones por persona.
Ocupación	Número medio de personas que viajan en un vehículo; cuanto mayor, menor es la emisión por persona.
Itinerario peatonal accesible	Recorrido a pie que puede usar cualquier persona, también con silla de ruedas, carrito o andador, por su ancho, pendiente y ausencia de obstáculos.
Zona de bajas emisiones (ZBE)	Ámbito de un municipio en el que se restringe el acceso de los vehículos más contaminantes.
Efecto rebote	Pérdida de parte del ahorro previsto porque la nueva situación (por ejemplo, menos tráfico) atrae más uso.
Demanda inducida	Aumento del uso de una vía o de un modo al mejorar sus condiciones, por ejemplo cuando hay menos atascos.
Factor de emisión	Cantidad de CO_2 asociada a una unidad de energía o de actividad, como los kg de CO_2 por kWh o por km.
Servicio-aprendizaje	Proyecto en el que el alumnado aprende al tiempo que presta un servicio útil a su comunidad.

Fuente: Glosario de elaboración propia.

ANEXO 3

Fichas del alumnado

SdA 10 · Moverse mejor

ALUMNADO

FICHA 1 Mapeamos los desplazamientos

SESIÓN 1

Nombre: _____ **Curso/grupo:** _____ **Fecha:** _____

Primero, el diagnóstico individual. Después, en equipo, usa el caso de Villafría (F1), los datos de movilidad (F2) y el glosario (F11).

1 **Diagnóstico. Marca la respuesta correcta.**

El reparto modal es…

- ◯ el porcentaje de viajes que se hace con cada modo de transporte
- ◯ el número de coches que hay en una ciudad
- ◯ la distancia media que recorre un autobús

Un dato de movilidad es personal si…

- ◯ está guardado en una hoja de cálculo
- ◯ se expresa en porcentajes
- ◯ permite identificar los recorridos de una persona concreta

¿Qué dato agregado es adecuado para trabajar en clase?

- ◯ los viajes diarios por zona y modo, como en F2
- ◯ el recorrido de cada alumna y alumno con su domicilio
- ◯ las matrículas de los coches del barrio

Los modos activos son los que se hacen…

- ◯ en coche eléctrico
- ◯ en autobús
- ◯ a pie o en bici

2 **Relaciona cada término con su significado.**

1	Reparto modal	a	Punto de partida y de llegada de un viaje
2	Modo activo	b	Una persona transportada un kilómetro
3	Dato agregado	c	Dato que resume a muchas personas sin identificar a ninguna
4	Origen y destino	d	Desplazarse caminando o en bici
5	Pasajero-kilómetro	e	Porcentaje de viajes por modo

3 **Analiza los datos de F2. Calcula los viajes en coche de hoy (viajes diarios · % de coche) y los kilómetros que se hacen en coche al día (viajes en coche · distancia).**

Zona	Viajes diarios	% de coche hoy	Viajes en coche	Distancia (km)	Kilómetros en coche al día
Norte	1 500	70 %		1,8	
Este	1 200	80 %		3,2	
Sur	1 800	80 %		2,5	
Oeste	1 500	30 %		0,9	
Total	6 000				

4 **Con los datos anteriores, ¿qué zona genera más kilómetros en coche y cuál tiene el menor porcentaje de coche? ¿Qué zonas serían prioritarias para el plan y por qué?**

5 **Privacidad. Marca los datos que NO se deben recoger para este proyecto y explica con una frase por qué.**

- ☐ Viajes diarios por zona y modo, sin nombres.
- ☐ El domicilio y el recorrido habitual de cada persona.
- ☐ La matrícula de los vehículos aparcados.
- ☐ Porcentajes de reparto modal por barrio.
- ☐ Fotografías de personas esperando en las paradas.

6 **Escribe tres criterios de éxito medibles del plan (uno de reparto modal, uno de CO_2 y uno de accesibilidad), con valor y unidad.**

FICHA 2 Comparamos modos de transporte y tecnologías

SESIÓN 2

Usa el gráfico de tiempos (F4), el modelo y los factores de F5 y el ejemplo resuelto de F7. Redondea como en F7.

1 **Tiempo puerta a puerta de la zona Sur (2,5 km) con el modelo de F5. Completa la tabla.**

Modo	Cálculo	Tiempo (min)
A pie	2,5 ÷ 5 · 60	
Bici	2,5 ÷ 15 · 60 + 2	
Autobús	ruta = 2,5 · 1,15; 5 + 7,5 + ruta ÷ 16 · 60 + 3	
Coche	4 + 2,5 ÷ 25 · 60	

2 **Emisión del coche por persona. Calcula los g CO_2 por pasajero-kilómetro de un coche de 150 g/km con 1 persona, con 1,3 personas y con 2 personas, y explica qué ocurre al aumentar la ocupación.**

3 **Autobús eléctrico. Calcula los kg de CO_2 por km (1,2 kWh/km y 0,13 kg/kWh) y la ocupación mínima para que emita menos por persona que el coche de 1,3 personas (0,1154 kg/pkm).**

4 **Verdadero o falso. Corrige las falsas en el margen.**

	V	F
Un autobús eléctrico no tiene ninguna emisión asociada.	☐	☐
Un autobús casi vacío puede emitir más por persona que un coche con dos ocupantes.	☐	☐
Según la Agencia Europea de Medio Ambiente, el autobús es el modo de transporte por carretera más eficiente.	☐	☐
La bici es competitiva en tiempo con el coche hasta unos 3 km, según F4.	☐	☐
Si el autobús tarda más que el coche, no sirve para reducir emisiones.	☐	☐

5 **Según F4, el autobús tarda dos o tres veces más que el coche. Propón tres medidas (de servicio, de infraestructura o de regulación) para que sea una opción competitiva y explica cómo actúa cada una.**

FICHA 3 Definimos las personas usuarias y las barreras

SESIÓN 3

Usa la auditoría de F6, los valores de la norma de F5 y el protocolo de F10. Esta sesión pone a las personas en el centro del plan.

1 **Auditoría de las seis paradas. Compara cada dato de F6 con la norma (1,80 m, 6 % y 2 %) y completa.**

Parada	¿Ancho de 1,80 m o más?	¿Longitudinal de 6 % o menos?	¿Transversal de 2 % o menos?	¿Cumple todo?
P1 Plaza Mayor				
P2 El Cerro				
P3 Instituto				
P4 La Estación				
P5 Los Olmos				
P6 Las Eras				

2 **¿Qué porcentaje de las seis paradas cumple todos los valores? ¿Qué zonas del esquema de F3 quedan peor atendidas?**

3 **Personas usuarias y barreras. Completa la tabla con una barrera real de las paradas auditadas y una mejora concreta.**

Persona usuaria	Barrera que encuentra	Mejora concreta
Persona mayor con andador		
Madre o padre con carrito de bebé		
Joven en silla de ruedas		
Persona con baja visión		

4 **Mejora de una parada. En la parada P2 el ancho libre es de 1,10 m. Calcula cuánto falta para llegar a 1,80 m y propón cómo conseguirlo (por ejemplo, mover los contenedores o ampliar la acera).**

5 **Mirada de género. En muchos estudios de movilidad se observa que los viajes de cuidados (llevar a menores, acompañar a personas mayores, hacer la compra) son más frecuentes entre mujeres y se encadenan en varios trayectos cortos. ¿Cómo cambiaría esto el horario, las paradas o la iluminación de la línea? Propón dos medidas.**

FICHA 4 Diseñamos la red y el servicio

SESIÓN 4

Usa el esquema de F3, los parámetros del servicio de F5 y el ejemplo resuelto de F7 (punto 4).

1 **Servicio de la línea. Completa con la longitud de 9 km, 16 km/h, 5 min de parada en cabecera y una frecuencia de 15 min.**

Ciclo = 9 ÷ 16 · 60 + 5 = _____ min

Autobuses = ciclo ÷ frecuencia, redondeado hacia arriba = _____

Vueltas en 14 h = 14 · 60 ÷ 15 = _____

Kilómetros al día = vueltas · 9 = _____ km

2 **Frecuencias. Completa la tabla para tres frecuencias y elige una justificándola (calcula los kg de CO_2 del autobús eléctrico con 1,2 kWh/km y 0,13 kg/kWh).**

Frecuencia (min)	Autobuses necesarios	Vueltas al día (14 h)	Km al día	kg CO_2 al día
10				
20				
30				

3 **Dibuja sobre una copia del mapa de F3 tu propuesta de red: línea, seis paradas, ciclovías y un punto en el que cambiarías algo (por ejemplo, una parada más cerca de la zona peor atendida).**

4 **Velocidad. En una calle de 1 km de un carril por sentido, calcula el tiempo en recorrerla a 50 km/h y a 30 km/h (límite genérico del RGCir para esa vía, F5) y la diferencia en segundos. ¿Qué mejora para la seguridad y la convivencia justifica ese tiempo?**

5 **Zona de bajas emisiones. Según F5, ¿está Villafría obligada a crear una? Escribe una medida voluntaria que pudiera tomar el ayuntamiento y una duda sobre ella.**

6 **Comprueba el diseño. Marca lo que cumple tu red.**

- ☐ Cada zona tiene una parada o está a pocos minutos a pie de ella.
- ☐ La frecuencia elegida se justifica con autobuses, km y CO_2.
- ☐ Las dos ciclovías llegan al centro.
- ☐ Las paradas con barreras tienen una mejora prevista.
- ☐ No se usan datos personales ni recorridos de personas.

FICHA 5 Añadimos indicadores de sostenibilidad

SESIÓN 5

Usa el programa de F8 (Python) y el ejemplo resuelto de F7. Ejecuta, cambia un parámetro cada vez y anota lo que observas.

1 **Ejecuta F8 y completa la tabla de indicadores (hoy y plan).**

Indicador	Hoy	Plan
% de viajes en coche (de 6 000)		
Viajes en bici		
Viajes en autobús		
CO_2 del coche (kg al día)		
CO_2 del autobús eléctrico (kg al día)		
Paradas accesibles (de 6)		

2 **Balance neto con efecto rebote. Completa la tabla con la salida del programa.**

Rebote	Neto (kg CO_2 al día)	Neto (t CO_2 al año)
0 %		
10 %		
20 %		
30 %		

3 **Completa los huecos de la línea del balance neto del programa y explica con tus palabras qué representa cada parte.**

PYTHON

```
neto = (hoy - plan) * (1 - ___) - ___
```

4 **Ensayo propio. Cambia KM_BUS_DIA a 756 (frecuencia de 10 min) y a 252 (frecuencia de 30 min) con rebote de 0 y anota el neto. ¿Qué frecuencia da más ahorro neto y qué se pierde con ella?**

KM_BUS_DIA	Autobús (kg/día)	Neto sin rebote (kg/día)

5 **Escribe tres límites del modelo (mira los datos ilustrativos de F5) y di qué dato real mejoraría el balance.**

FICHA 6 Creamos la campaña y el dossier técnico — SESIÓN 6

Prepara con tu equipo la presentación de tres minutos para el panel ciudadano ficticio. Usa los resultados de las fichas anteriores y los proyectos comunitarios de F9.

1 **Tiempo disponible. Con una lectura de entre 120 y 150 palabras por minuto, ¿cuántas palabras caben en tres minutos? ¿Cuántos segundos corresponden a cada una de seis diapositivas?**

2 **Guion de tres minutos. Reparte el tiempo y las personas que hablan (todo el equipo debe participar).**

Minuto	Contenido	Quién habla	Dato o imagen de apoyo
0:00 a 0:30	Problema y datos de F2		
0:30 a 1:15	Red y servicio propuestos		
1:15 a 2:00	Accesibilidad y personas usuarias		
2:00 a 2:30	CO_2 neto y efecto rebote		
2:30 a 3:00	Petición y cierre		

3 **Lenguaje inclusivo y no sexista. Reescribe cada frase sin excluir y sin cargar el género en un solo grupo.**

Frase original	Versión inclusiva
Los usuarios del autobús tendrán más frecuencia.	
Los vecinos de El Cerro pueden participar.	
Los ciclistas deben respetar a los peatones.	
Las madres llevan a los niños al instituto.	

4 **Campaña. Escribe un lema de menos de ocho palabras y tres datos con unidad que lo respalden (con su fuente o indicando que son ilustrativos).**

5 **Proyectos comunitarios (F9). Elige dos y explica qué beneficio social aportarían al plan y cómo podría colaborar vuestro centro como voluntariado o servicio a la comunidad.**

Iniciativa	Beneficio social	Cómo colaboraría el centro

6 **Autoevaluación de la presentación. Marca lo que cumple tu guion.**

- ☐ Cabe en tres minutos y todo el equipo habla.
- ☐ Se varía la entonación y se mira al público.
- ☐ Los datos llevan unidades y fuente o se indican como ilustrativos.
- ☐ El lenguaje es inclusivo y no sexista.
- ☐ Se reconocen los límites de los datos y del plan.

FICHA 7

Panel ciudadano y caso nuevo

SESIÓN 7

Tarea individual de 20 minutos. Caso nuevo: el barrio de Los Pinos (ficticio) tiene 1 000 viajes diarios al centro, a 2,0 km, con un 75 % en coche. El plan propone bajarlo al 50 %. Para atenderlo, la línea añade 1,6 km a cada una de sus 56 vueltas diarias. Se usan los factores de F5 (0,1154 kg/pkm del coche; 1,2 kWh/km del autobús; 0,13 kg/kWh). La parada de Los Pinos tiene una acera de 1,65 m de ancho libre, 5 % de pendiente longitudinal y 2 % de transversal, y el tramo de acceso mide 1,2 km.

1. **Calcula los viajes en coche que se evitan y los kg de CO_2 que se ahorran al día en Los Pinos.**

2. **Calcula los km extra del autobús, sus kg de CO_2 al día y el balance neto sin rebote y con un rebote del 20 %.**

3. **Audita la parada de Los Pinos con los valores de F5. ¿Cumple? Si no, calcula cuánto falta y propón una mejora.**

4. **El tramo de acceso de 1,2 km pasa de 50 km/h a 30 km/h. Calcula cuántos segundos más tarda en recorrerse y valora si compensa.**

5. **Escribe un límite de los cálculos que has hecho y una mejora social del plan (accesibilidad, igualdad o voluntariado) que propondrías para Los Pinos.**

ANEXO 4

Plantilla del producto final

SdA 10 · Moverse mejor

ALUMNADO

Nombre: **Curso/grupo:** **Fecha:**

Memoria técnica del plan de ecotransporte. Completadla en equipo a lo largo de las sesiones; es la base de la presentación ante el panel ciudadano.

Necesidad

Problema, zonas prioritarias y requisitos medibles.

Datos

Datos de F2 usados, reparto modal y su fuente.

Alternativas

Modos y tecnologías comparados (tiempo y emisiones).

Accesibilidad

Auditoría, barreras y mejoras previstas.

Energía y emisiones

kWh, kg de CO_2 del autobús y del coche evitado.

Indicadores

Reparto modal, CO_2 neto con rebote y % de paradas accesibles.

Red y servicio

Esquema de la línea, paradas, ciclovías, frecuencia y autobuses.

Propuesta, límites y campaña

Decisión final, tres argumentos con datos, límites del plan, lema y petición al ayuntamiento.

ANEXO 5

Lista de cotejo

SdA 10 · Moverse mejor

ALUMNADO

Nombre: _____ **Curso/grupo:** _____ **Fecha:** _____

Antes de entregar **Plan de ecotransporte para un entorno ficticio/realista**, comprueba cada punto y marca la casilla. Si alguno falla, todavía estás a tiempo de mejorarlo.

Contenido del producto

- [ ] El análisis de los datos de F2 identifica las zonas prioritarias con viajes y kilómetros en coche, sin datos personales.
- [ ] Se comparan al menos tres modos por tiempo y por emisiones con unidades (min y g CO_2/pkm).
- [ ] La auditoría de paradas compara cada dato con la norma de F5 y propone mejoras concretas.
- [ ] La red indica paradas, ciclovías, frecuencia, autobuses necesarios y kilómetros al día, con los cálculos.
- [ ] El balance de CO_2 del autobús y del coche evitado está calculado con los factores de F5 y se interpreta.
- [ ] El efecto rebote se ha calculado para al menos tres valores y se explica su significado.
- [ ] El guion cabe en tres minutos, reparte la palabra y usa lenguaje inclusivo y no sexista.
- [ ] Se valoran proyectos abiertos y comunitarios (F9) y su beneficio social, y se propone cómo colaborar.
- [ ] Las fuentes están citadas, los datos ilustrativos están indicados y no se han recogido ubicaciones personales.

Calidad y rigor

- [ ] He usado el vocabulario técnico, la simbología normalizada y las unidades correctas.
- [ ] He justificado las decisiones con requisitos, pruebas, datos o esquemas, y he indicado sus límites.
- [ ] He respetado las normas de seguridad, privacidad y uso responsable de la situación.
- [ ] He citado las fuentes y respetado las licencias de imágenes, código o modelos utilizados.
- [ ] He revisado la presentación y he incorporado las mejoras de la coevaluación o de las pruebas.

Lo que más me ha costado

_____

_____

Firma del equipo / fecha de entrega

_____

_____

ANEXO 6

Rúbrica imprimible

SdA 10 · Moverse mejor

ALUMNADO · DOCENTE

Nombre: _____ **Curso/grupo:** _____ **Fecha:** _____

Rúbrica para valorar **Plan de ecotransporte para un entorno ficticio/realista**. Marca el nivel alcanzado en cada indicador.

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial	Nivel
Necesidad y diseño	Traduce los datos de movilidad y las necesidades de las personas usuarias en requisitos medibles, compara alternativas de modos y de red y justifica la propuesta con cálculos propios.	Define los requisitos principales y justifica la red con algunos cálculos y datos.	Los requisitos son vagos o la propuesta no se apoya en los datos.	No relaciona la propuesta con las necesidades ni con los datos.	
Funcionamiento / evidencia	Los cálculos (tiempos, autobuses, kilómetros, CO_2 neto y rebote) son correctos, el programa de F8 se ejecuta y se interpreta y se comparan al menos tres valores de rebote.	Los cálculos principales son correctos y el programa se ejecuta e interpreta con alguna limitación.	Hay errores en los cálculos o el programa se ejecuta sin interpretar los resultados.	No hay cálculos ni resultados suficientes.	
Documentación técnica	Esquema de la red sobre el mapa, tablas con unidades, auditoría de paradas y fuentes citadas, con datos ilustrativos señalados: otro equipo podría comprobar el plan.	Documentación suficiente, con alguna unidad o fuente sin indicar.	Faltan unidades, fuentes o cálculos; cuesta comprobar el plan.	Documentación insuficiente para entender el plan.	
Seguridad, ética y sostenibilidad	Integra la accesibilidad, la privacidad (datos agregados, sin ubicaciones personales), la igualdad en el uso del espacio y el balance real de emisiones, y usa lenguaje inclusivo y no sexista.	Cumple la accesibilidad básica y considera las emisiones y la privacidad.	Trata la accesibilidad, la igualdad o las emisiones de forma superficial o necesita recordatorios.	Ignora la accesibilidad o recoge datos personales.	
Iteración y cooperación	Revisa el plan con la auditoría, el rebote y los comentarios del panel y lo mejora; roles bien repartidos y decisiones registradas.	Revisa el plan tras las pruebas y coopera adecuadamente.	La revisión es limitada o la cooperación irregular.	No revisa el trabajo o dificulta el del equipo.	

Observaciones del docente

_____

_____

_____

Valoración global

_____

_____

_____

ANEXO 7

Autoevaluación y coevaluación

SdA 10 · Moverse mejor

ALUMNADO

Nombre: _____ Curso/grupo: _____ Fecha: _____

Parte 1 · Autoevaluación

Afirmación	Aún no	Con ayuda	Bien	Muy bien
Sé calcular los tiempos, las emisiones por persona y el balance neto de CO_2 de un plan de transporte, incluido el efecto rebote.	○	○	○	○
Sé auditar una parada con una norma de accesibilidad y presentar una propuesta con lenguaje inclusivo.	○	○	○	○
He cumplido mi rol y mis tareas dentro del equipo.	○	○	○	○
He escuchado y tenido en cuenta las ideas de los demás.	○	○	○	○
He usado datos, pruebas o evidencias para justificar mis decisiones.	○	○	○	○
He revisado y mejorado mi trabajo a partir de la retroalimentación.	○	○	○	○

Dos aprendizajes que he logrado

_____

_____

_____

Una dificultad que he tenido

_____

_____

_____

Una mejora que haré la próxima vez

_____

_____

Parte 2 · Coevaluación de otro equipo

Equipo evaluado: _____

Fortaleza 1

_____

_____

Fortaleza 2

_____

_____

Propuesta de mejora

_____

_____

ANEXO 8

Refuerzo

SdA 10 · Moverse mejor

ALUMNADO

Nombre: _____ **Curso/grupo:** _____ **Fecha:** _____

Los datos y el mapa ya están fijados: solo trabajas con la zona Este. Calcula los viajes y el CO_2 que se evitan y revisa una parada con la norma.

Datos de la zona Este

1 200 viajes diarios al centro, a 3,2 km. Hoy: 80 % en coche. Plan: 55 % en coche. Factor del coche: 0,1154 kg CO_2 por pasajero-kilómetro. La parada de La Estación (P4) tiene una acera de 2,10 m, una pendiente longitudinal de 2 % y una transversal de 3 %.

Fórmulas y norma

Viajes en coche = viajes · % ÷ 100. CO_2 = viajes en coche · km · 0,1154. Norma de la acera: ancho libre de 1,80 m o más, pendiente longitudinal de 6 % o menos y transversal de 2 % o menos.

1 **Calcula los viajes en coche de hoy y con el plan, y los que se evitan.**

Hoy: 1 200 · 80 ÷ 100 = _____ viajes

Plan: 1 200 · 55 ÷ 100 = _____ viajes

Se evitan: _____ viajes al día

2 **Calcula los kg de CO_2 que se ahorran al día en la zona Este.**

3 **Revisa la parada P4 con la norma: marca lo que cumple y explica qué habría que cambiar.**

- ☐ El ancho libre es de 1,80 m o más.
- ☐ La pendiente longitudinal es de 6 % o menos.
- ☐ La pendiente transversal es de 2 % o menos.

ANEXO 9

Ampliación

SdA 10 · Moverse mejor

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Efecto rebote y cambio de demanda

Cuando hay menos coches, la circulación mejora y eso puede atraer nuevos viajes en coche (demanda inducida). Analiza con el programa de F8 hasta qué punto el plan resiste ese efecto y qué ocurriría con un autobús diésel.

Pasos

1. Calcula el balance neto (kg y t al año) para rebotes de 0, 10, 20, 30, 50 y 70 %, con el autobús eléctrico de F5.
2. Calcula el rebote que anula el ahorro neto (el punto de equilibrio) y el balance con un autobús diésel de 0,91 kg/km, sin rebote.
3. Propón dos medidas que reduzcan el rebote (por ejemplo, regular el aparcamiento o dar prioridad al autobús) y explica cómo actúan.

1 **Tabla de rebote con el autobús eléctrico (504 km al día).**

Rebote	Ahorro del coche (kg al día)	Neto (kg al día)	Neto (t al año)
0 %			
10 %			
20 %			
30 %			
50 %			
70 %			

Entrega

Tabla completada, rebote de equilibrio, balance con autobús diésel y dos medidas contra el rebote, con una valoración de cinco líneas.

ANEXO 10

Guía docente y soluciones

SdA 10 · Moverse mejor

DOCENTE

Ficha 1

1. Diagnóstico: el porcentaje de viajes que se hace con cada modo de transporte; permite identificar los recorridos de una persona concreta; los viajes diarios por zona y modo; a pie o en bici.
2. Reparto modal → porcentaje de viajes por modo; modo activo → desplazarse caminando o en bici; dato agregado → resume a muchas personas sin identificar a ninguna; origen y destino → punto de partida y de llegada; pasajero-kilómetro → una persona transportada un kilómetro.
3. Viajes en coche: 1 500 · 70 % = 1 050; 1 200 · 80 % = 960; 1 800 · 80 % = 1 440; 1 500 · 30 % = 450 (total 3 900, el 65 %). Kilómetros: 1 050 · 1,8 = 1 890; 960 · 3,2 = 3 072; 1 440 · 2,5 = 3 600; 450 · 0,9 = 405 (total 8 967 km al día).
4. Más kilómetros en coche: Sur (3 600 km); menor porcentaje de coche: Oeste (30 %). Prioritarias: Sur, Este y Norte (muchos kilómetros y 70 a 80 % de coche); en el Oeste, mantener los viajes a pie. Valorar la justificación con datos.
5. No se deben recoger: el domicilio y el recorrido habitual de cada persona, la matrícula de los vehículos y las fotografías de personas esperando. Sí valen los viajes por zona y modo y los porcentajes por barrio, porque son agregados.
6. Ejemplos: reparto modal: «coche por debajo del 45 % de los viajes»; CO_2: «balance neto positivo de 40 t al año o más con un rebote del 20 %»; accesibilidad: «seis de seis paradas con 1,80 m de ancho libre».

Ficha 2

1. Zona Sur: a pie 30,0 min; bici 12,0 min; autobús: ruta 2,875 km, 5 + 7,5 + 10,8 + 3 = 26,3 min; coche 4 + 6,0 = 10,0 min.
2. Con 1 persona: 150 g/pkm; con 1,3: 115 g/pkm; con 2: 75 g/pkm. Al aumentar la ocupación, la misma emisión del vehículo se reparte entre más personas y baja la emisión por persona.
3. Autobús eléctrico: 1,2 · 0,13 = 0,156 kg CO_2/km. Para igualar al coche, 0,156 ÷ 0,1154 = 1,35 personas de media: con más de 1,35 personas, el autobús eléctrico emite menos por persona.
4. Falso (depende del factor de la red eléctrica y de la fabricación); verdadero; verdadero (EEA); verdadero (F4: la bici está entre 6 y 15 min hasta 3,2 km); falso (con buena ocupación y energía limpia, el autobús reduce emisiones por persona aunque sea más lento).
5. Ejemplos: más frecuencia y puntualidad (servicio); carril bus o semáforos con prioridad (infraestructura); aparcamiento regulado o de pago en el centro y zona 30 (regulación); paradas cubiertas y accesibles. Valorar que se explique cómo actúa cada medida.

Ficha 3

1. P1: sí, sí, sí → cumple. P2: no (1,10 m), sí, sí → no. P3: no (1,50 m), sí, sí → no. P4: sí, sí, no (3,0 %) → no. P5: sí, no (8 %), sí → no. P6: sí, sí, sí → cumple.
2. Cumplen 2 de 6: el 33 %. La zona Este (P4) y la Sur (P5), además de El Cerro (P2) y el instituto (P3), tienen paradas con barreras; Las Eras y la Plaza Mayor son las que mejor funcionan. Aceptar la lectura razonada de F3 y F6.
3. Ejemplos: andador (acera ancha y sin bordillos; asiento en la parada); carrito (ancho de 1,80 m y rampa en el vado); silla de ruedas (rebaje, pendiente transversal de 2 % o menos y espacio libre junto a la parada); baja visión (señal táctil, contraste de color y mobiliario fuera del paso). Aceptar otras barreras razonadas.
4. Faltan 1,80 − 1,10 = 0,70 m. Se puede mover los contenedores a otro punto, reducir la calzada o ampliar la acera. Valorar propuestas concretas.
5. Medidas posibles: servicio a horas intermedias y no solo de entrada y salida del trabajo, paradas bien iluminadas y visibles, billete que permita combinar varios trayectos cortos, espacio para carritos. Valorar que se relacione con los viajes de cuidados y se eviten estereotipos.

Ficha 4

1. Ciclo = 33,75 + 5 = 38,75 min; autobuses = 38,75 ÷ 15 = 2,58, es decir, 3; vueltas = 56; kilómetros = 504 km.
2. 10 min: 4 autobuses (3,875), 84 vueltas, 756 km, 117,9 kg. 20 min: 2 autobuses (1,94), 42 vueltas, 378 km, 59,0 kg. 30 min: 2 autobuses (1,29), 28 vueltas, 252 km, 39,3 kg. Elegir una justificándola: menos frecuencia ahorra CO_2 pero reduce el atractivo del autobús.
3. Esquema abierto: valorar línea circular con seis paradas, dos ciclovías y un cambio justificado (por ejemplo, una parada nueva cerca de Los Olmos o de La Estación).
4. A 50 km/h: 1 000 ÷ 50 · 3,6 = 72 s; a 30 km/h: 120 s; diferencia: 48 s por kilómetro. Se gana seguridad y convivencia con peatones y ciclistas a cambio de menos de un minuto por kilómetro.
5. No: la Ley 7/2021 obliga a municipios de más de 50 000 habitantes y Villafría tiene 12 000. Medida voluntaria posible: zona de bajas emisiones en el centro o calles de prioridad peatonal; duda: cómo se controlaría el acceso o qué ocurre con los comercios.
6. Aceptar la lista marcada y valorar que se corrija lo que no se cumpla.

Ficha 5

1. Hoy: coche 65,0 %, 333 viajes en bici, 513 en autobús, 1 034,7 kg de CO_2 del coche, sin CO_2 de la línea nueva (no existe) y 2 paradas accesibles. Plan: coche 43,75 % (43,8 %), 786 en bici, 1 335 en autobús, 700,6 kg del coche, 78,6 kg del autobús y 6 paradas accesibles (objetivo).
2. Rebote 0 %: 255,4 kg/día y 56,2 t/año; 10 %: 222,0 y 48,8; 20 %: 188,6 y 41,5; 30 %: 155,2 y 34,1.
3. neto = (hoy - plan) * (1 - REBOTE) - bus: el ahorro del coche (hoy menos plan) se reduce por la parte que se pierde por rebote y se resta el CO_2 del autobús.
4. 756 km: autobús 117,9 kg al día y neto 334,0 − 117,9 = 216,1 kg al día; 252 km: autobús 39,3 kg y neto 294,7 kg al día. La frecuencia de 30 min da más ahorro neto, pero un servicio poco frecuente atrae menos viajeros, así que el ahorro del coche podría no alcanzarse.
5. Límites: datos ficticios; el reparto del plan es un objetivo, no una previsión; factor de emisión del coche y ocupación ilustrativos; no se incluyen la fabricación ni el mantenimiento de los vehículos; el rebote es un parámetro supuesto. Datos reales que mejorarían el balance: encuesta de movilidad real, consumos medidos del autobús y mix eléctrico del año.

Ficha 6

1. Entre 120 y 150 palabras por minuto, en tres minutos caben entre 360 y 450 palabras (con 130 palabras por minuto, 390). Seis diapositivas en 180 s dan 30 s por diapositiva.
2. Guion abierto: valorar que el reparto del tiempo sume tres minutos, que hablen todas las personas del equipo y que cada parte lleve un dato o una imagen.
3. Versiones posibles: «Las personas usuarias del autobús tendrán más frecuencia»; «Las vecinas y los vecinos de El Cerro pueden participar» o «La vecindad de El Cerro puede participar»; «Quienes van en bici deben respetar a quienes caminan»; «Las familias llevan a sus hijos e hijas al instituto» o «Quienes cuidan llevan a menores al instituto».
4. Campaña abierta: valorar un lema breve y tres datos con unidad y fuente (por ejemplo, 43,75 % de coche en el plan, 56,2 t de CO_2 al año o 2 de 6 paradas accesibles hoy), indicando cuáles son ilustrativos.
5. Respuesta abierta: valorar que el beneficio social sea concreto (mapas de accesibilidad para personas con movilidad reducida, caminos escolares, bicis de préstamo) y que la colaboración del centro sea realista (voluntariado, datos abiertos o presentación al ayuntamiento).
6. Aceptar la lista marcada y valorar que se corrija lo que no se cumpla.

Ficha 7

1. Viajes en coche: 1 000 · 75 % = 750; con el plan 500; se evitan 250 viajes. CO_2: 250 · 2,0 · 0,1154 = 57,7 kg al día.
2. Km extra: 56 · 1,6 = 89,6 km; CO_2: 89,6 · 1,2 · 0,13 = 14,0 kg al día. Neto sin rebote: 57,7 − 14,0 = 43,7 kg al día. Con rebote del 20 %: 57,7 · 0,8 − 14,0 = 32,2 kg al día.
3. No cumple el ancho: 1,65 m < 1,80 m, faltan 0,15 m. La pendiente longitudinal (5 %) y la transversal (2 %) sí cumplen. Mejora: reubicar mobiliario o ampliar la acera 0,15 m.
4. A 50 km/h: 1 200 ÷ 50 · 3,6 = 86,4 s; a 30 km/h: 144 s; diferencia: 57,6 s. Valorar la respuesta razonada: ganar seguridad frente a menos de un minuto más.
5. Límites posibles: datos ficticios, factores ilustrativos, reparto objetivo no previsto o rebote supuesto. Mejora social posible: iluminación, asientos en la parada, voluntariado de acompañamiento o mapa colaborativo de accesibilidad del barrio. Valorar que sea concreta.

Refuerzo (Anexo 8)

1. Hoy 960 viajes; plan 660; se evitan 300 viajes al día.
2. 300 · 3,2 · 0,1154 = 110,8 kg de CO_2 al día.
3. P4: ancho de 2,10 m (cumple); pendiente longitudinal de 2 % (cumple); pendiente transversal de 3 % (no cumple, el máximo es 2 %). Habría que reducir la inclinación transversal de la acera para que no incline hacia la calzada.

Ampliación (Anexo 9)

1. Ahorro del coche: 334,0 kg al día. Neto: 0 % → 255,4 kg y 56,2 t; 10 % → 222,0 y 48,8; 20 % → 188,6 y 41,5; 30 % → 155,2 y 34,1; 50 % → 88,4 y 19,4; 70 % → 21,6 y 4,7.
2. Rebote de equilibrio: 1 − 78,6 ÷ 334,0 = 76,5 %. Con autobús diésel: 504 · 0,91 = 458,6 kg al día y neto 334,0 − 458,6 = −124,6 kg al día: el plan aumentaría las emisiones.
3. Medidas posibles: regular o encarecer el aparcamiento, carril bus, zona 30, calles peatonales y mejora de ciclovías. Valorar que se explique cómo reducen los viajes en coche inducidos y la valoración final reconozca los límites del modelo.

Notas para el docente: temporalización, seguridad y diferenciación

- Temporalización: sesión 1 (datos y zonas, 50 min), sesión 2 (modos y tiempos), sesión 3 (accesibilidad; si no se puede salir, usar F6), sesión 4 (red y servicio, la más cargada de cálculos), sesión 5 (programa de F8; tener Python preparado), sesión 6 (campaña y guion) y sesión 7 (panel ciudadano de 3 minutos por equipo y ficha individual de 20 minutos).
- Seguridad y privacidad: no se recogen ubicaciones personales, domicilios ni matrículas; los datos de F2 y F6 son ficticios y agregados. Cualquier observación de campo (F10) se hace solo en el entorno del centro, con permiso, acompañados del docente y sin cruzar calzadas. Las fotografías no incluyen personas.
- Diferenciación: el Anexo 8 fija los datos de la zona Este y pide calcular viajes, CO_2 y una parada; el Anexo 9 explora el efecto rebote y el balance con un autobús diésel. Versión sin ordenador: dar impresa la salida esperada de F8 y trabajar con ella.
- Datos a verificar antes de usar con el alumnado: el artículo 50 del Reglamento General de Circulación (velocidades urbanas), la Ley 7/2021 (zonas de bajas emisiones), la Orden TMA/851/2021 (1,80 m, 6 % y 2 %), el factor de 0,13 kg CO_2/kWh de REE (2023) y la clasificación de la EEA proceden de fuentes consultadas en 2026 y conviene contrastarlos con los textos oficiales. Los factores del coche y del autobús, los tiempos, las velocidades, los datos de F2 y F6 y las condiciones de las iniciativas de F9 son ilustrativos o descriptivos.

⚠ Errores frecuentes

- Confundir kg de CO_2 por vehículo-kilómetro con kg por pasajero-kilómetro, o dividir entre la ocupación al revés.
- Olvidar que el autobús circula tenga o no viajeros y comparar solo la emisión por persona sin ver el total de kilómetros.
- Pensar que un vehículo eléctrico emite cero: depende del factor de emisión de la electricidad.
- Sumar el rebote al ahorro en lugar de restarlo, o aplicarlo también al CO_2 del autobús.
- Redondear hacia abajo el número de autobuses (debe redondearse hacia arriba).
- Comparar la acera con la norma sin mirar las tres condiciones (ancho, pendiente longitudinal y pendiente transversal).

⚖ Criterios para valorar respuestas abiertas

- Aceptar otras frecuencias, trazados o medidas si se justifican con los cálculos y se reconocen los límites de los datos.
- Valorar más los cálculos con unidades, la interpretación del efecto rebote y la perspectiva de las personas usuarias que la presentación visual.
- En la presentación, valorar la entonación, el ajuste a tres minutos y el lenguaje inclusivo y no sexista, con la rúbrica.
- En la ficha 7, exigir los viajes evitados, el CO_2 neto con y sin rebote, la auditoría de la parada y el cálculo del tiempo de la zona 30.

Créditos, fuentes y condiciones de uso

Edición revisada: octubre de 2026

Situaciones de aprendizaje · Tecnología · 4.º ESO. Material elaborado y editado por **recursoseso.com**.

Normativa de referencia

- Ley Orgánica 2/2006, de Educación, modificada por la Ley Orgánica 3/2020 (LOMLOE).
- Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la ESO.
- Currículos autonómicos correspondientes, a los que debe adaptarse esta propuesta.

Seguridad

Las prácticas usan herramientas escolares autorizadas, baja tensión (pilas o fuentes de alimentación escolares), simuladores y materiales seguros. Las máquinas, herramientas eléctricas e instalaciones del centro solo se usan con formación y supervisión. Las **normas del aula-taller**, los manuales y las fichas de seguridad prevalecen siempre sobre este cuaderno.

Fuentes de referencia

Normas UNE e ISO de dibujo técnico (vistas, acotación, escalas, formatos); simbología eléctrica y electrónica normalizada (IEC 60617); Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE); Red Eléctrica (REE); Código Técnico de la Edificación (CTE); Agencia Española de Protección de Datos (AEPD) e INCIBE; documentación oficial de los entornos de programación citados (Scratch, MakeCode, Arduino, Python); y las fuentes citadas en cada dossier. Los casos, personajes, empresas, productos y conjuntos de datos señalados como ficticios o ilustrativos han sido creados para el aula. Los nombres de programas y plataformas se citan solo como referencia; sus marcas pertenecen a sus titulares.

Diseño

Esquemas, planos, circuitos, programas de ejemplo, gráficas y plantillas de elaboración propia. Iconografía: Lucide (licencia ISC).

Condiciones de uso

© 2026 recursoseso.com. Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción de las páginas de este cuaderno para su uso en el aula por parte del docente o del centro educativo que lo ha adquirido u obtenido legítimamente. No está permitida su redistribución, venta, publicación en otras webs o plataformas ni su modificación para uso comercial sin autorización expresa de recursoseso.com.

Si detectas algún error o quieres proponer una mejora, puedes comunicarlo a través de **recursoseso.com**. Este material se revisa y actualiza periódicamente.