SITUACIONES DE APRENDIZAJE

Física y Química

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 Investigar como físicos y químicos 6

Anexos 1-10 · fichas, dossier de datos y modelos, plantillas, evaluación y guía docente 13

SdA 02 Gases y disoluciones: materia que responde 37

Anexos 1-10 · fichas, dossier de datos y modelos, plantillas, evaluación y guía docente 44

SdA 03 Del átomo a la tabla periódica 68

Anexos 1-10 · fichas, dossier de datos y modelos, plantillas, evaluación y guía docente 74

SdA 04 Compuestos y lenguaje químico 100

Anexos 1-10 · fichas, dossier de datos y modelos, plantillas, evaluación y guía docente 107

SdA 05 Química con cantidades 134

Anexos 1-10 · fichas, dossier de datos y modelos, plantillas, evaluación y guía docente 140

SdA 06 Química en acción 164

Anexos 1-10 · fichas, dossier de datos y modelos, plantillas, evaluación y guía docente 172

SdA 07 Carbono: millones de compuestos 198

Anexos 1-10 · fichas, dossier de datos y modelos, plantillas, evaluación y guía docente 205

SdA 08 Describir el movimiento para predecirlo 234

Anexos 1-10 · fichas, dossier de datos y modelos, plantillas, evaluación y guía docente 241

SdA 09 Fuerzas, gravedad y fluidos 268

Anexos 1-10 · fichas, dossier de datos y modelos, plantillas, evaluación y guía docente 275

SdA 10 Energía: conservar, transferir y decidir 303

Anexos 1-10 · fichas, dossier de datos y modelos, plantillas, evaluación y guía docente 310

Créditos, fuentes y condiciones de uso 337

PRESENTACIÓN

Un cuaderno para observar, medir, modelizar y explicar

Este cuaderno reúne **10 situaciones de aprendizaje** completas de Física y Química para 4.º ESO, con un total de **70 sesiones**. Cada situación parte de una pregunta sobre el mundo real y culmina en un producto científico que se diseña, se comprueba con datos y se comunica.

Sobre este volumen

El Real Decreto 217/2022 establece para cuarto curso criterios de evaluación y saberes básicos propios. Este volumen los distribuye en diez situaciones de aprendizaje manteniendo el enfoque experimental y cuantitativo que exige el currículo.

Los saberes se organizan en cinco bloques: A. Las destrezas científicas básicas; B. La materia; C. La energía; D. La interacción; E. El cambio. El bloque A se trabaja de forma transversal.

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
Materiales, riesgos y gestión de residuos.

Evaluación
Instrumentos, evidencias y rúbrica.

Los diez anexos de cada situación

Cada situación incluye anexos listos para imprimir o proyectar: dossier con los datos, modelos, protocolos y ejemplos resueltos necesarios, fichas de trabajo con espacio para cálculos, plantillas, instrumentos de evaluación y una guía docente con soluciones completas. Los del alumnado llevan cabecera para nombre, grupo y fecha.

1. Ficha de lanzamiento del reto
2. Dossier de fuentes y materiales base
3. Fichas de actividades del alumnado
4. Plantilla del producto final
5. Lista de cotejo para el proceso y la entrega
6. Rúbrica imprimible
7. Autoevaluación y coevaluación
8. Material de apoyo y refuerzo
9. Actividad de ampliación
10. Guía docente de respuestas y orientaciones

Claves de lectura: competencias y bloques

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS DE FÍSICA Y QUÍMICA (REDACCIÓN OFICIAL, RD 217/2022)

CE1 Comprender y relacionar los motivos por los que ocurren los principales fenómenos fisicoquímicos del entorno, explicándolos en términos de las leyes y teorías científicas adecuadas, para resolver problemas con el fin de aplicarlas para mejorar la realidad cercana y la calidad de vida humana.

CE2 Expresar las observaciones realizadas por el alumnado en forma de preguntas, formulando hipótesis para explicarlas y demostrando dichas hipótesis a través de la experimentación científica, la indagación y la búsqueda de evidencias, para desarrollar los razonamientos propios del pensamiento científico y mejorar las destrezas en el uso de las metodologías científicas.

CE3 Manejar con soltura las reglas y normas básicas de la física y la química en lo referente al lenguaje de la IUPAC, al lenguaje matemático, al empleo de unidades de medida correctas, al uso seguro del laboratorio y a la interpretación y producción de datos e información en diferentes formatos y fuentes, para reconocer el carácter universal y transversal del lenguaje científico y la necesidad de una comunicación fiable en investigación y ciencia entre diferentes países y culturas.

CE4 Utilizar de forma crítica, eficiente y segura plataformas digitales y recursos variados, tanto para el trabajo individual como en equipo, para fomentar la creatividad, el desarrollo personal y el aprendizaje individual y social, mediante la consulta de información, la creación de materiales y la comunicación efectiva en los diferentes entornos de aprendizaje.

CE5 Utilizar las estrategias propias del trabajo colaborativo, potenciando el crecimiento entre iguales como base emprendedora de una comunidad científica crítica, ética y eficiente, para comprender la importancia de la ciencia en la mejora de la sociedad, las aplicaciones y repercusiones de los avances científicos, la preservación de la salud y la conservación sostenible del medio ambiente.

CE6 Comprender y valorar la ciencia como una construcción colectiva en continuo cambio y evolución, en la que no solo participan las personas dedicadas a ella, sino que también requiere de una interacción con el resto de la sociedad, para obtener resultados que repercutan en el avance tecnológico, económico, ambiental y social.

BLOQUES DE SABERES BÁSICOS

- **A** Las destrezas científicas básicas
- **B** La materia
- **C** La energía
- **D** La interacción
- **E** El cambio

El bloque A se trabaja de forma transversal en todas las situaciones.

SEGURIDAD EN LAS PRÁCTICAS

- Cada práctica final debe indicar material y cantidades, EPI, riesgos, procedimiento, variables, tabla de datos, limpieza, residuos y resultado/rango esperado.
- Las fichas de seguridad y normas del centro prevalecen sobre el cuaderno.
- Evitar llama abierta, alta tensión, recipientes presurizados y reactivos peligrosos.
- Visibilizar el carácter histórico, colectivo y revisable de la ciencia.

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. La secuenciación es orientativa y debe adaptarse al currículo autonómico.

Plan general del curso

10 situaciones
70 sesiones en total

5 bloques
destrezas · materia · energía · interacción · cambio

1 Investigar como físicos y químicos
7 sesiones · Bloques A
Proyecto experimental completo

2 Gases y disoluciones: materia que responde
7 sesiones · Bloques A · B
Dossier cuantitativo de sistemas materiales

3 Del átomo a la tabla periódica
7 sesiones · Bloques A · B
Mapa de modelos, configuración y periodicidad

4 Compuestos y lenguaje químico
7 sesiones · Bloques A · B
Manual estructura-propiedades y nomenclatura inorgánica

5 Química con cantidades
7 sesiones · Bloques A · B · E
Cuaderno de cantidad de materia y estequiometría

6 Química en acción
7 sesiones · Bloques A · E
Informe comparativo de reacciones de interés

7 Carbono: millones de compuestos
7 sesiones · Bloques A · B
Catálogo de compuestos orgánicos monofuncionales

8 Describir el movimiento para predecirlo
7 sesiones · Bloques A · D
Informe de cinemática con vídeo-análisis o datos

9 Fuerzas, gravedad y fluidos
7 sesiones · Bloques A · D
Dossier de ingeniería de fuerzas

10 Energía: conservar, transferir y decidir
7 sesiones · Bloques A · C
Auditoría mecánica y energética

01

SITUACIÓN DE APRENDIZAJE

Investigar como físicos y químicos

PREGUNTA GUÍA

¿Qué hace que un resultado experimental sea sólido, reproducible y transferible?

CURSO 4.º ESO	SESIONES 7 sesiones	BLOQUES DE SABERES A
COMPETENCIAS ESPECÍFICAS CE2, CE3, CE5	PRODUCTO FINAL Proyecto experimental completo	CRITERIOS DE EVALUACIÓN 2.1, 2.2, 2.3, 3.1, 3.2, 3.3, 5.1, 5.2

Contexto, reto y producto

La Semana de la Ciencia del instituto lanza un reto al alumnado de 4.º: **medir la aceleración de la gravedad g en el propio patio** y publicar el resultado en el panel del centro. En el cajón del laboratorio aparecen los carteles de dos equipos de otros años: uno anunciaba $g = 9{,}2\ \mathrm{m/s^2}$ y otro $g = 10{,}4\ \mathrm{m/s^2}$. Ninguno indicaba el instrumento, ni cuántas veces midió, ni el error. La aplicación del móvil, por su parte, dice $9{,}81\ \mathrm{m/s^2}$. ¿Quién tiene razón? Con esos carteles no hay manera de saberlo.

Esta situación convierte al alumnado en un **equipo de investigación** que diseña un proyecto experimental completo: formula una hipótesis cuantitativa a partir del modelo del péndulo ($T = 2\pi\sqrt{L/g}$), elige instrumentos y unidades, planifica cómo **reducir el error**, mide con un péndulo seguro, linealiza los datos (T^2 frente a L), traza una recta de ajuste, obtiene g **con su incertidumbre** y decide si su resultado es **compatible** con el valor de referencia. Lo que hace sólido un resultado no es acertar con el número, sino poder decir cuánto se puede confiar en él y cómo repetirlo. El proyecto se resume en un panel divulgativo pensado para 2.º ESO.

Reto

Medir la aceleración de la gravedad con un péndulo, expresarla con su incertidumbre y comparar el resultado con el valor de referencia, entregando un proyecto experimental completo (hipótesis, método, datos, gráfica con ajuste, análisis del error y conclusión) que otro equipo pueda repetir y que sirva de panel divulgativo para 2.º ESO.

Producto final

Proyecto experimental completo.

Vinculación curricular

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS MOVILIZADAS

CE2 Formular preguntas e hipótesis y comprobarlas mediante la experimentación, la indagación y la búsqueda de evidencias.

CE3 Manejar con soltura las normas de la física y la química: lenguaje IUPAC, lenguaje matemático, unidades, seguridad en el laboratorio y datos en distintos formatos.

CE5 Trabajar de forma colaborativa y comprender la importancia de la ciencia en la mejora de la sociedad.

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

2.1 Emplear las metodologías propias de la ciencia en la identificación y descripción de fenómenos científicos a partir de situaciones tanto observadas en el mundo natural como planteadas a través de enunciados con información textual, gráfica o numérica.

2.2 Predecir, para las cuestiones planteadas, respuestas que se puedan comprobar con las herramientas y conocimientos adquiridos, tanto de forma experimental como deductiva, aplicando el razonamiento lógico-matemático en su proceso de validación.

2.3 Aplicar las leyes y teorías científicas más importantes para validar hipótesis de manera informada y coherente con el conocimiento científico existente, diseñando los procedimientos experimentales o deductivos necesarios para resolverlas y analizando los resultados críticamente.

3.1 Emplear fuentes variadas fiables y seguras para seleccionar, interpretar, organizar y comunicar información relativa a un proceso fisicoquímico concreto, relacionando entre sí lo que cada una de ellas contiene, extrayendo en cada caso lo más relevante para la resolución de un problema y desechando todo lo que sea irrelevante.

3.2 Utilizar adecuadamente las reglas básicas de la física y la química, incluyendo el uso correcto de varios sistemas de unidades, las herramientas matemáticas necesarias y las reglas de nomenclatura avanzadas, consiguiendo una comunicación efectiva con toda la comunidad científica.

3.3 Aplicar con rigor las normas de uso de los espacios específicos de la ciencia, como el laboratorio de física y química, asegurando la salud propia y colectiva, la conservación sostenible del medio ambiente y el cuidado por las instalaciones.

5.1 Establecer interacciones constructivas y coeducativas, emprendiendo actividades de cooperación e iniciando el uso de las estrategias propias del trabajo colaborativo, como forma de construir un medio de trabajo eficiente en la ciencia.

5.2 Emprender, de forma autónoma y de acuerdo a la metodología adecuada, proyectos científicos que involucren al alumnado en la mejora de la sociedad y que creen valor para el individuo y para la comunidad.

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

Código	Saber básico
A1	Trabajo experimental y proyectos de investigación: estrategias en la resolución de problemas y el tratamiento del error mediante la indagación, la deducción, la búsqueda de evidencias y el razonamiento lógico-matemático, haciendo inferencias válidas de las observaciones y obteniendo conclusiones que vayan más allá de las condiciones experimentales para aplicarlas a nuevos escenarios.
A2	Diversos entornos y recursos de aprendizaje científico como el laboratorio o los entornos virtuales: materiales, sustancias y herramientas tecnológicas.
A3	Normas de uso de cada espacio, asegurando y protegiendo así la salud propia y comunitaria, la seguridad en las redes y el respeto hacia el medio ambiente.
A4	El lenguaje científico: manejo adecuado de distintos sistemas de unidades y sus símbolos. Herramientas matemáticas adecuadas en diferentes escenarios científicos y de aprendizaje.
A5	Estrategias de interpretación y producción de información científica en diferentes formatos y a partir de diferentes medios: desarrollo del criterio propio basado en lo que el pensamiento científico aporta a la mejora de la sociedad para hacerla más justa, equitativa e igualitaria.
A6	Valoración de la cultura científica y del papel de científicos y científicas en los principales hitos históricos y actuales de la física y la química para el avance y la mejora de la sociedad.

Concreción didáctica en esta situación

- Diseño experimental: hipótesis cuantitativa, variable independiente (L), dependiente (T) y controladas (masa, amplitud pequeña); por qué se miden 20 oscilaciones y no una.
- Tratamiento del error: error sistemático y aleatorio, resolución, error absoluto (semirrango) y relativo, cifras significativas, regla práctica para cocientes y potencias, y dato anómalo.
- Sistemas de unidades: SI, cgs y unidades de uso común (km/h, g/cm^3, atm); conversión con factores y coherencia dimensional.
- Razonamiento matemático: linealización $T^2 = \frac{4\pi^2}{g}L$, gráfica con recta de ajuste, pendiente a partir de dos puntos de la recta y despeje de g.
- Transferencia: aplicar la misma estrategia (medir, estimar el error, comparar con la referencia) a otra magnitud, la densidad de una piedra, y a otras condiciones, como la amplitud del péndulo.

Objetivos didácticos

- ✓ Formular una hipótesis cuantitativa a partir de un modelo ($T = 2\pi\sqrt{L/g}$) y diseñar un procedimiento que la ponga a prueba controlando variables.
- ✓ Distinguir errores sistemáticos y aleatorios, y calcular errores absolutos y relativos y cifras significativas de medidas directas e indirectas.
- ✓ Convertir magnitudes entre sistemas de unidades (SI, cgs y de uso común) con factores de conversión y expresar los resultados con su unidad.
- ✓ Linealizar datos (T^2 frente a L), trazar una recta de ajuste y obtener g a partir de la pendiente con su incertidumbre.
- ✓ Comparar el resultado con un valor de referencia, decidir si es compatible, proponer mejoras y trasladar el método a un caso nuevo.

Metodología

Indagación
Predicción, contraste y conclusión.

Modelización
Conectar observaciones con modelos, leyes y representaciones.

Resolución de problemas
Planteamiento, unidades, cálculo, comprobación e interpretación.

Trabajo experimental
Variables, datos, seguridad y residuos.

Cooperación
Roles rotatorios y responsabilidad compartida.

Secuencia de sesiones y actividades

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

1

SESIÓN 1

Lanzamiento del reto de la gravedad, diagnóstico inicial y primera predicción de la precisión que se puede lograr

Evidencia: Ficha 1: test de diagnóstico y predicción razonada del valor de g y de su error. **Ficha:** Anexo 3 · ficha 1

2

SESIÓN 2

Tipos de error, error absoluto y relativo, cifras significativas y sistemas de unidades con ejemplos resueltos

Evidencia: Ficha 2: clasificación de errores, cálculo de errores relativos y conversiones de unidades.

Ficha: Anexo 3 · ficha 2

3

SESIÓN 3

Aplicación guiada: por qué medir 20 oscilaciones, linealización del modelo y diseño del procedimiento

Evidencia: Ficha 3: tabla de reducción del error, predicción de la pendiente y diseño de la prueba.

Ficha: Anexo 3 · ficha 3

4

SESIÓN 4

Trabajo experimental con el péndulo (o simulación/datos F7): cinco longitudes con tres repeticiones

Evidencia: Ficha 4: lista de seguridad firmada y tabla de datos con L, t_1, t_2 y t_3. **Ficha:** Anexo 3 · ficha 4

5

SESIÓN 5

Tratamiento de resultados: periodos, T^2, gráfica con ajuste, pendiente, g con incertidumbre y comparación con la referencia

Evidencia: Ficha 5: tabla de T y T^2, gráfica con recta de ajuste y valor de g con su error.

Ficha: Anexo 3 · ficha 5

6

SESIÓN 6

Borrador del proyecto (Anexo 4), revisión entre equipos y análisis de errores sistemáticos

Evidencia: Ficha 6: revisión cruzada con criterios y propuestas de mejora fundamentadas.

Ficha: Anexo 3 · ficha 6

7

SESIÓN 7

Presentación del panel y evidencia individual: calcular g con error en un caso nuevo y planificar la medida de una densidad

Evidencia: Proyecto final (Anexo 4) y Ficha 7: cálculo de g con incertidumbre y medida de una densidad.

Ficha: Anexo 3 · ficha 7

Evaluación

Se combinan diagnóstico, observación, fichas/cuaderno, producto final, evidencia individual y autoevaluación. El resultado numérico se valora junto con el planteamiento, la unidad, la comprobación y la interpretación.

Criterios, evidencias e instrumentos

Criterio	Evidencia principal	Instrumento
2.1	Descripción del fenómeno del péndulo a partir del montaje, de los datos de F7 y de la gráfica de F8, identificando las magnitudes que intervienen y qué se mide directamente y qué se calcula.	Fichas 1 y 3 / lista de cotejo
2.2	Predicción cuantitativa antes de medir (pendiente de T^2-L y tiempo de 20 oscilaciones para una longitud dada) y comprobación con los datos propios.	Fichas 3 y 5 / rúbrica
2.3	Contraste de la hipótesis con el modelo $T = 2\pi\sqrt{L/g}$: diseño del procedimiento, decisión sobre la compatibilidad de g con la referencia y análisis crítico de las causas de discrepancia.	Fichas 5 y 6 y proyecto (Anexo 4) / rúbrica
3.1	Selección y contraste de las fuentes del dossier (carteles previos F1, datos de otro centro F9, datos propios y de prueba F7) para decidir qué resultados son fiables y por qué.	Fichas 1, 5 y 6 / lista de cotejo
3.2	Conversión entre sistemas de unidades, cifras significativas, errores absoluto y relativo, despeje de g y expresión del resultado como valor ± error con su unidad.	Fichas 2, 3 y 7 / rúbrica
3.3	Montaje seguro del péndulo y uso correcto de cinta, probeta y balanza; lista de seguridad cumplida y puesto recogido sin residuos.	Ficha 4 / observación sistemática
5.1	Reparto y rotación de roles (medidor, cronometrista, secretario y responsable de seguridad) y revisión constructiva del proyecto de otro equipo con propuestas concretas.	Ficha 6 y coevaluación (Anexo 7) / escala de observación
5.2	Elaboración autónoma del panel divulgativo para 2.º ESO (resumen del método, resultado con error y cómo repetirlo) como contribución del proyecto a la comunidad educativa.	Proyecto final (Anexo 4) y presentación / rúbrica

Rúbrica del producto final

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial
Comprensión científica	Explica el modelo del péndulo, por qué se linealiza con T^2 y qué significa la pendiente, interpreta la discrepancia con la referencia (por ejemplo, amplitud finita) y reconoce los límites del modelo.	Explica el modelo y obtiene g de la pendiente con una interpretación correcta de la discrepancia, aunque sin cuantificar sus causas.	Calcula g pero no relaciona la pendiente con el modelo o atribuye la discrepancia a «errores» sin precisar cuáles.	Confunde periodo con tiempo total o no relaciona la gráfica con el modelo.
Datos y resolución	Tablas completas con unidades, T y T^2 correctos, gráfica con ejes, escala y recta de ajuste, pendiente por dos puntos de la recta, g con error y cifras significativas coherentes.	Cálculos y gráfica correctos con fallos menores de unidades, de cifras significativas o de la pendiente.	Faltan repeticiones, la recta no se ajusta a la nube de puntos o el error no se calcula.	Datos desordenados, sin cálculo de g ni gráfica.

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial
Investigación	Hipótesis cuantitativa, variables bien clasificadas, justificación de las 20 oscilaciones, tratamiento del dato anómalo y conclusión proporcionada: compatible o no con la referencia dentro del error.	Diseño adecuado y conclusión correcta; el dato anómalo o la compatibilidad se tratan con alguna imprecisión.	Control de variables o repeticiones insuficientes; la conclusión no usa el error.	No distingue dato, resultado y conclusión, o presenta g sin error.
Seguridad y lenguaje	Cumple con autonomía la lista de seguridad y deja el puesto recogido; usa símbolos, unidades y vocabulario de error con precisión y redacta un protocolo que otro equipo repite sin preguntar.	Cumple las normas con fallos menores; el protocolo es seguible con algún paso poco detallado.	Necesita recordatorios de seguridad; mezcla unidades o símbolos.	Incumple normas de seguridad o comunica sin unidades.
Revisión y cooperación	Cumple su rol, revisa el proyecto de otro equipo con criterios y evidencias, e incorpora mejoras justificadas al panel para 2.º ESO.	Cumple su rol y revisa con alguna propuesta útil.	Participa de forma irregular; revisión superficial.	No asume su rol ni revisa.

Materiales y seguridad

Materiales y recursos

- Por equipo: soporte con varilla y pinza, 1,5 m de hilo de algodón o de pescar, una tuerca o masa de unos 50 g, cinta métrica (resolución 1 mm), transportador y cronómetro (puede ser el del móvil).
- Para la parte de transferencia: balanza de 0,1 g, probeta de 50 mL (resolución 1 mL), agua y una piedra pequeña por equipo.
- Alternativa sin material: simulación «Laboratorio de péndulo» (PhET) o los datos reales de la fuente F7; hoja de cálculo o calculadora científica opcional.
- Fichas del Anexo 3 y plantilla del proyecto (Anexo 4).

Seguridad y residuos

Actividad de bajo riesgo: sin calor ni productos químicos. Fijar el soporte al borde de la mesa con una abrazadera o un contrapeso, soltar el péndulo sin empujarlo y hacia un lado donde no haya nadie, mantener el pasillo libre de mochilas y no superar los 100 g de masa. El vidrio de la probeta se manipula sobre una bandeja y con las gafas puestas. Al terminar, recoger hilo, masa y soporte y secar el agua; el agua del ensayo de densidad se vierte al desagüe y no se generan más residuos.

Atención a la diversidad (DUA), refuerzo y ampliación

Representación

Esquemas, modelos, ejemplos resueltos, tablas, gráficas y glosario de símbolos/unidades.

Acción y expresión

Informe, cálculo comentado, representación, exposición o producto visual manteniendo el criterio científico.

Apoyo

Anexo 8

Datos de F7 ya medidos para calcular, tabla de T y T^2 parcialmente completada, ejemplo resuelto de error (F5) y plantilla del procedimiento paso a paso.

Ampliación

Anexo 9

Estudiar el efecto de la amplitud sobre T (10°, 20°, 30°), aplicar la regla de propagación del error y comparar el resultado con la corrección teórica.

ANEXO 1

Ficha de lanzamiento del reto

SdA 1 · Investigar como físicos y químicos

ALUMNADO

En el cajón del laboratorio hay dos carteles de la Semana de la Ciencia de hace unos años: uno dice $g = 9{,}2\ m/s^2$ y el otro, $g = 10{,}4\ m/s^2$. El móvil asegura que son 9,81. ¿Quién se equivoca? Sin saber cómo se midió ni con qué error, nadie lo sabe. Vais a repetir la medida como lo hace un laboratorio de verdad: un péndulo, 20 oscilaciones, tres repeticiones, una recta de ajuste y un resultado con su incertidumbre. Al final decidiréis si vuestro valor es compatible con $9{,}80\ m/s^2$ y cómo se convence a otro equipo de que podéis fiaros de él. Vuestro panel tendrá que entenderlo hasta un alumno de 2.º.

> *¿Qué hace que un resultado experimental sea sólido, reproducible y transferible?*

Vuestro reto

Medir la aceleración de la gravedad con un péndulo, expresarla con su incertidumbre y comparar el resultado con el valor de referencia, entregando un proyecto experimental completo (hipótesis, método, datos, gráfica con ajuste, análisis del error y conclusión) que otro equipo pueda repetir y que sirva de panel divulgativo para 2.º ESO.

Lo que vais a producir

Proyecto experimental completo.

Seguridad. Actividad de bajo riesgo: sin calor ni productos químicos.

Hoja de ruta · 7 sesiones

1. Conocemos los carteles del reto, hacemos el diagnóstico y predecimos qué precisión podremos lograr.
2. Aprendemos a clasificar errores, calcular errores relativos y cifras significativas, y a convertir unidades.
3. Justificamos por qué medir 20 oscilaciones, linealizamos el modelo y diseñamos la prueba.
4. Montamos el péndulo con seguridad y medimos cinco longitudes con tres repeticiones (o usamos la simulación).
5. Calculamos T y T^2, dibujamos la recta de ajuste, obtenemos g con su error y la comparamos con la referencia.
6. Redactamos el proyecto y otro equipo lo revisa con criterios; analizamos los errores sistemáticos.
7. Presentamos el panel para 2.º ESO y resolvemos individualmente un caso nuevo.

Al terminar seré capaz de...

- ✓ Formular una hipótesis cuantitativa a partir de un modelo ($T = 2\pi\sqrt{L/g}$) y diseñar un procedimiento que la ponga a prueba controlando variables.
- ✓ Distinguir errores sistemáticos y aleatorios, y calcular errores absolutos y relativos y cifras significativas de medidas directas e indirectas.
- ✓ Convertir magnitudes entre sistemas de unidades (SI, cgs y de uso común) con factores de conversión y expresar los resultados con su unidad.
- ✓ Linealizar datos (T^2 frente a L), trazar una recta de ajuste y obtener g a partir de la pendiente con su incertidumbre.
- ✓ Comparar el resultado con un valor de referencia, decidir si es compatible, proponer mejoras y trasladar el método a un caso nuevo.

¿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 de fuentes y materiales base

SdA 1 · Investigar como físicos y químicos

ALUMNADO

Todo lo necesario para investigar con rigor: el caso de los carteles, el montaje del péndulo, una tabla de unidades y conversiones, un esquema de exactitud y precisión, la guía del tratamiento del error con ejemplo resuelto, el protocolo, los datos de un equipo de prueba con su gráfica de ajuste, datos de otro centro para decidir qué resultados son compatibles y un glosario.

F1 Los carteles del cajón y la aplicación del móvil

ESTUDIO DE CASO

Al ordenar el laboratorio, la profesora encuentra dos carteles de la Semana de la Ciencia de años anteriores. Esto es todo lo que dicen:

- **Cartel A (2022):** «Hemos medido $g = 9{,}2\ \mathrm{m/s^2}$ con un péndulo de un metro.»
- **Cartel B (2023):** «Nuestro resultado es $g = 10{,}4\ \mathrm{m/s^2}$. La aplicación del móvil se equivoca.»

Además, la aplicación de un móvil da $9{,}81\ \mathrm{m/s^2}$ y una web de física dice que en España el valor es $9{,}80\ \mathrm{m/s^2}$. El valor que se toma como **referencia** para el patio del instituto es $g_{ref} = 9{,}80\ \mathrm{m/s^2}$.

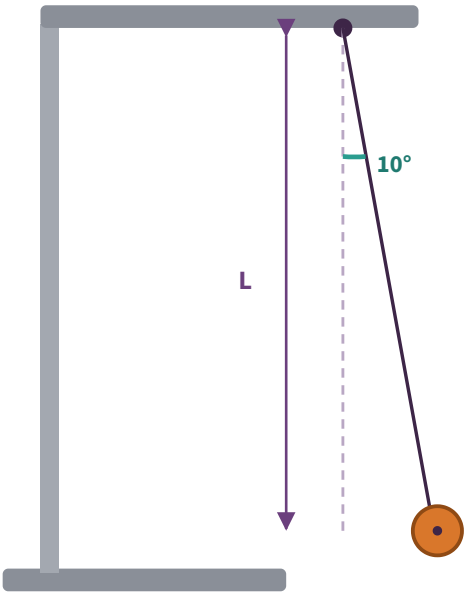
Ningún cartel indica cuántas oscilaciones se cronometraron, cuántas veces se repitió la medida, qué instrumento se usó ni cuánto puede variar el resultado. Un resultado así no se puede comprobar ni repetir, y por eso no se puede decir que sea «bueno» o «malo».

Fuente: Caso ficticio creado para el aula a partir de la práctica real de medir g con un péndulo en centros escolares.

Escribe tres datos que faltan en los carteles para poder fiarte de ellos. ¿Con qué cartel te quedarías si no pudieras medir nada?

F2 Montaje del péndulo y magnitudes que se miden

ESQUEMA



Longitud L (m)
del punto de suspensión al centro de la masa; cinta métrica, resolución 1 mm.

Amplitud: 10°
ángulo inicial; con el transportador. Pequeña para que valga T = 2π√(L/g).

Masa: 50 g (tuerca)
Se mantiene fija: no influye en T.

Tiempo de 20 oscilaciones, t_{20} (s)
una oscilación = ida y vuelta. Cronómetro: error humano ≈ 0,2 s.

Periodo T = t_{20} / 20 (s)
magnitud que se calcula, no se mide.

Fuente: Esquema de elaboración propia. El ángulo está dibujado a escala (10°).

¿Qué dos magnitudes se miden directamente y cuál se obtiene por cálculo? ¿Por qué se mantiene la amplitud en 10° en todas las pruebas?

F3 Sistemas de unidades y factores de conversión

DATOS

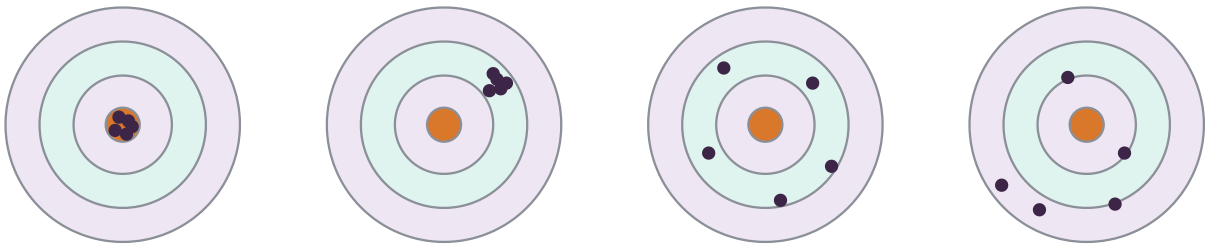
Magnitud	Unidad del SI	Otra unidad habitual	Equivalencia	Cómo se convierte
Longitud	m	cm, mm, km	1 m = 100 cm = 1000 mm; 1 km = 1000 m	$45\ \text{cm} \cdot \frac{1\ \text{m}}{100\ \text{cm}} = 0{,}45\ \text{m}$
Masa	kg	g, mg, t	1 kg = 1000 g; 1 t = 1000 kg	$350\ \text{g} \cdot \frac{1\ \text{kg}}{1000\ \text{g}} = 0{,}350\ \text{kg}$
Tiempo	s	min, h	1 min = 60 s; 1 h = 3600 s	$2{,}5\ \text{min} \cdot \frac{60\ \text{s}}{1\ \text{min}} = 150\ \text{s}$
Velocidad	m/s	km/h	1 m/s = 3,6 km/h	$72\ \text{km/h} \cdot \frac{1000\ \text{m}}{3600\ \text{s}} = 20\ \text{m/s}$
Aceleración	m/s^2	cm/s^2 (cgs)	1 m/s^2 = 100 cm/s^2	$9{,}80\ \text{m/s}^2 = 980\ \text{cm/s}^2$
Densidad	kg/m^3	g/cm^3 (= g/mL)	1 g/cm^3 = 1000 kg/m^3	$1{,}2\ \text{g/cm}^3 = 1200\ \text{kg/m}^3$
Volumen	m^3	L, mL, cm^3	1 L = 1000 mL = 1 dm^3; 1 mL = 1 cm^3	$250\ \text{mL} = 0{,}250\ \text{L} = 2{,}5 \cdot 10^{-4}\ \text{m}^3$
Presión	Pa	atm, mmHg	1 atm = 101 325 Pa ≈ 1013 hPa	$0{,}95\ \text{atm} \approx 96\,300\ \text{Pa}$

Para convertir se multiplica por **fracciones iguales a 1** (por ejemplo, $\frac{1\ \text{m}}{100\ \text{cm}}$) colocadas de modo que la unidad que sobra se simplifique. Un resultado sin unidad, o con la unidad equivocada, no es un resultado. Los símbolos se escriben sin punto ni plural y con un espacio tras el número: 9,80 m/s^2.

Fuente: Elaboración propia a partir del folleto del Sistema Internacional de Unidades (BIPM, 9.ª edición, 2019). Equivalencias exactas por definición, salvo las redondeadas.

F4 Exactitud y precisión: cuatro dianas

ESQUEMA



Exacto y preciso
poca dispersión y centrado en el valor real

Preciso, no exacto
poca dispersión pero desviado: error sistemático

Exacto, no preciso
centrado en promedio pero disperso: error aleatorio

Ni exacto ni preciso
disperso y desviado: ambos tipos de error

Fuente: Esquema de elaboración propia con puntos ilustrativos.

Q El valor real es el centro naranja. ¿Qué diana representa a un cronómetro cuya lectura siempre se adelanta 0,3 s? ¿Y a un cronometrador que a veces se adelanta y a veces se retrasa?

F5 Tratamiento del error: guía y ejemplo resuelto

TEXTO

Tipos de error. Un error **sistemático** desvía todas las medidas en el mismo sentido (cinta con el cero gastado, medir hasta el nudo en lugar de hasta el centro de la masa): no se reduce repitiendo. Un error **aleatorio** hace que las medidas varíen al azar (reacción al pulsar el cronómetro): se reduce repitiendo y haciendo la media. Un **dato anómalo** (por ejemplo, contar 21 oscilaciones en lugar de 20) es una equivocación y se revisa.

Valor ± error. El resultado se escribe como $x = \bar{x} \pm \Delta x$. Con tres repeticiones se toma como error absoluto el **semirrango**, $\Delta x = \frac{x_{max} - x_{min}}{2}$, o la **resolución** del instrumento o el error de reacción si son mayores. El **error relativo** es $\varepsilon = \frac{\Delta x}{\bar{x}} \cdot 100\ \%$. Las **cifras significativas** del resultado deben ser coherentes con el error: el error se da con **una** cifra significativa (dos si empieza por 1) y el valor se redondea en esa misma cifra.

Magnitudes calculadas (regla práctica). En un cociente o un producto se suman los errores relativos; una potencia multiplica el error relativo por el exponente. Para $g = \frac{4\pi^2 L}{T^2}$:

$$\frac{\Delta g}{g} \approx \frac{\Delta L}{L} + 2\,\frac{\Delta T}{T}$$

Ejemplo resuelto. Un equipo mide $L = 0{,}700\ \text{m}$ con una cinta de resolución 1 mm (estima $\Delta L = 0{,}002\ \text{m}$) y cronometra 20 oscilaciones tres veces: 33,80 s; 33,62 s; 33,71 s.

1. Media: $\bar{t}_{20} = \frac{33{,}80 + 33{,}62 + 33{,}71}{3} = 33{,}71\ \text{s}$. Semirrango: $\frac{33{,}80 - 33{,}62}{2} = 0{,}09\ \text{s}$; menor que el error de reacción (0,2 s), así que se toma $\Delta t_{20} = 0{,}2\ \text{s}$.
2. Periodo: $T = \frac{33{,}71}{20} = 1{,}6855\ \text{s}$, y su error $\Delta T = \frac{0{,}2}{20} = 0{,}01\ \text{s}$ (error relativo 0,6 %).
3. Gravedad: $g = \frac{4\pi^2 \cdot 0{,}700}{1{,}6855^2} = 9{,}73\ \text{m/s}^2$.
4. Error relativo: $\frac{0{,}002}{0{,}700} + 2 \cdot \frac{0{,}01}{1{,}6855} = 0{,}0029 + 0{,}0119 = 0{,}0147$ (1,5 %). Error absoluto: $\Delta g = 0{,}0147 \cdot 9{,}73 = 0{,}14\ \text{m/s}^2$.
5. Resultado: $g = (9{,}73 \pm 0{,}14)\ \text{m/s}^2$. Intervalo: de 9,59 a 9,87 m/s².
6. Comparación: la referencia, 9,80 m/s², **está dentro del intervalo**: el resultado es **compatible** con ella.

Fuente: Elaboración propia a partir de la práctica habitual de laboratorio en Bachillerato, simplificada para 4.º ESO. Los datos son ilustrativos.

Con una sola oscilación (T ≈ 1,69 s) y el mismo error de reacción de 0,2 s, ¿qué error relativo tendría T? Calcúlalo y compáralo con el 0,6 %.

F6 Protocolo de laboratorio: medir g con un péndulo

PROTOCOLO

Material y cantidades (por equipo): soporte con varilla y pinza; 1,5 m de hilo; una tuerca de unos 50 g; cinta métrica de 2 m; transportador; cronómetro. Para la parte de densidad (Ficha 7): balanza de 0,1 g, probeta de 50 mL, agua y una piedra pequeña.

Equipo de protección y riesgos: no hacen falta guantes. Riesgos: vuelco del soporte, golpe con la masa y rotura de la probeta de vidrio. Precauciones: sujetar el soporte al borde de la mesa con una abrazadera o un contrapeso, trabajar de pie con espacio libre, soltar el péndulo hacia un lado donde no haya nadie y usar gafas y bandeja al manejar la probeta.

Variables: independiente, longitud L; dependiente, tiempo de 20 oscilaciones t_{20} (y de él, T); controladas, masa (50 g) y amplitud (10°).

Roles (rotan en cada longitud): medidor (longitud y ángulo), cronometrista, secretario (anota y cuenta en voz alta) y responsable de seguridad.

Procedimiento:

1. Atad el hilo a la pinza y colgad la masa. Ajustad L = 0,30 m, medida **desde el punto de suspensión hasta el centro de la masa** (sumad el radio de la tuerca a lo que mide el hilo).
2. Separad el péndulo 10° de la vertical con el transportador y soltadlo **sin empujar**.
3. Dejad pasar una oscilación para que el movimiento sea estable. Al pasar por la vertical, poned el cronómetro en marcha y contad **20 oscilaciones** completas (ida y vuelta). Parad el cronómetro cuando acabe la oscilación 20.
4. Repetid la medida **3 veces** y anotad t_1, t_2 y t_3.
5. Repetid los pasos 1-4 con L = 0,50; 0,70; 0,90 y 1,10 m.
6. Antes de desmontar, medid otra vez la longitud L para comprobar que no ha cambiado.

Limpieza y residuos: desmontad, enrollad el hilo, guardad la masa en su caja y dejad el puesto despejado. No se generan residuos. En la parte de densidad, verted el agua al desagüe y secad cualquier derrame.

Resultado esperable: para $L = 0{,}70$ m, t_{20} entre 33,2 y 34,1 s; T^2/L cercano a $4{,}0\ \mathrm{s^2/m}$ en todas las longitudes, y g entre 9,5 y 10,0 m/s². Si T^2/L se aleja mucho de 4, revisad el recuento de oscilaciones y desde dónde medís L.

Fuente: Protocolo de elaboración propia para material escolar de bajo riesgo. Las normas del centro prevalecen sobre este documento.

¿Por qué se espera una oscilación antes de empezar a cronometrar? ¿Qué error se evita al contar en voz alta?

F7 Datos de un equipo de prueba (20 oscilaciones, 50 g, amplitud 10°)

DATOS

L (m)	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	Tiempo medio $\bar{t}_{20}$ (s)
0,300	22,05	21,90	22,14	22,03
0,500	28,52	28,30	28,41	28,41
0,700	33,80	33,62	33,71	33,71
0,900	38,21	38,04	40,02	?
1,100	42,30	42,12	42,25	42,22

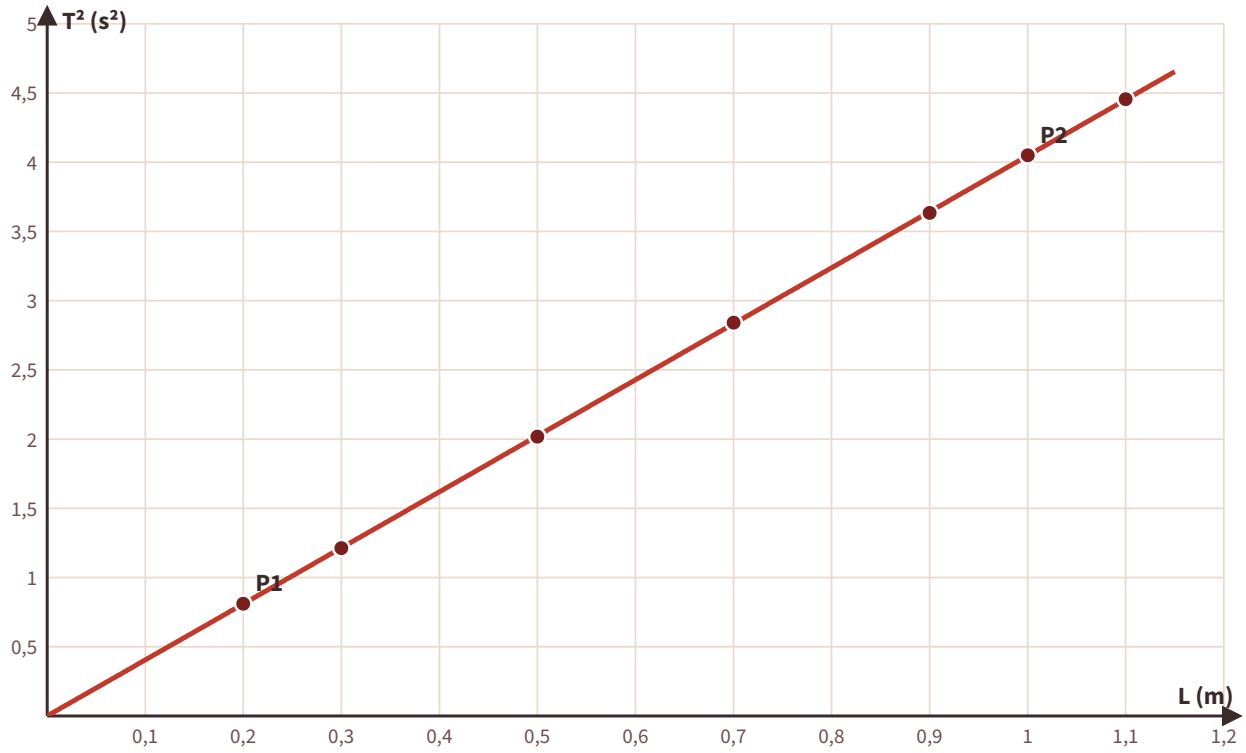
Resolución de la cinta: 1 mm ($\Delta L = 0{,}002$ m). Error de reacción con el cronómetro: $\Delta t_{20} \approx 0{,}2$ s. Se calcula $T = \frac{t_{20}}{20}$ y, para linealizar, T^2.

Fuente: Datos ilustrativos, generados a partir del modelo del péndulo con dispersión de tipo experimental, redondeados a centésimas de segundo.

En la fila de 0,900 m hay un dato que no encaja. ¿Cuál es y cuántas oscilaciones se contaron realmente si T ≈ 1,91 s?

F8 Gráfica T² frente a L con recta de ajuste (datos de F7)

GRÁFICO



Los cinco puntos (con 0,900 m calculado sin el dato anómalo) quedan alineados: T^2 **es proporcional a** L, como predice $T^2 = \frac{4\pi^2}{g} L$. La **pendiente** de la recta vale $m = \frac{4{,}05 - 0{,}81}{1{,}00 - 0{,}20} = 4{,}05\ \mathrm{s^2/m}$, tomada con P1 y P2 sobre la recta (no con puntos de la tabla). Entonces $g = \frac{4\pi^2}{m} = \frac{39{,}48}{4{,}05} = 9{,}75\ \mathrm{m/s^2}$. Con $\frac{\Delta T}{T} \approx 0{,}6\ \%$ (reacción), $\frac{\Delta g}{g} \approx 2 \cdot 0{,}6\ \% = 1{,}2\ \%$, es decir, $g = (9{,}75 \pm 0{,}12)\ \mathrm{m/s^2}$.

Fuente: Gráfica de elaboración propia con los datos de F7 (sin el dato anómalo). La recta pasa por el origen y por la nube de puntos; sus dos puntos marcados sirven para calcular la pendiente.

¿Qué ocurre con la gráfica de T frente a L (sin elevar al cuadrado)? ¿Por qué es mejor trabajar con T² para ajustar una recta?

F9 Resultados de cuatro equipos de otro centro

DATOS

Equipo	Método	g (m/s²)	Intervalo (m/s²)
C	Péndulo de 0,50 m, 10 oscilaciones, una repetición	9,6 ± 0,4	9,2 a 10,0
D	Péndulo, 20 oscilaciones, 5 longitudes, ajuste	9,85 ± 0,10	9,75 a 9,95
E	Péndulo, 20 oscilaciones, 5 longitudes, ajuste, L medida hasta el nudo	9,45 ± 0,08	9,37 a 9,53
F	Aplicación del móvil	9,81 (sin error)	no se puede valorar

Dos resultados son **compatibles** si sus intervalos se solapan, o si el valor de referencia cae dentro del intervalo. Un error pequeño no garantiza un buen resultado: si hay un error sistemático, el intervalo puede ser estrecho y estar lejos del valor real.

Fuente: Datos ilustrativos creados para el aula. La referencia es $g_{ref} = 9{,}80\ \mathrm{m/s^2}$.

¿Qué equipos son compatibles con la referencia? ¿Cuál tiene el intervalo más estrecho pero el peor resultado y por qué?

F10 Vocabulario y símbolos del proyecto

GLOSARIO

Magnitud	Propiedad que se puede medir (longitud, tiempo, masa, aceleración…).
Resolución	Cambio más pequeño que detecta un instrumento (1 mm en una cinta, 0,1 g en una balanza).
Error sistemático	Desviación que se repite en el mismo sentido en todas las medidas; no se reduce repitiendo.
Error aleatorio	Variación al azar de las medidas; se reduce con repeticiones y con la media.
Error absoluto (Δx)	Cuánto puede alejarse la medida del valor verdadero; se da con unidad.
Error relativo (ε)	Cociente entre el error absoluto y la medida; se expresa en %.
Cifras significativas	Cifras de un número que tienen sentido según la precisión de la medida.
Linealizar	Elegir magnitudes (T^2 frente a L) que den una recta para ajustar y obtener la pendiente.
Compatible	Resultado cuyo intervalo se solapa con el de referencia.
Aceleración de la gravedad (g)	Aceleración con la que cae un cuerpo cerca de la superficie terrestre: $9{,}80\ \mathrm{m/s^2}$ en España.

Fuente: Definiciones de elaboración propia adaptadas a 4.º ESO.

ANEXO 3

Fichas de actividades del alumnado

SdA 1 · Investigar como físicos y químicos

ALUMNADO

FICHA 1 El reto de la gravedad: diagnóstico y predicción

Sesión 1

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Lee F1 y observa el montaje F2. Responde primero el diagnóstico de forma individual.

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

72 km/h equivalen a…

☐ 20 m/s ☐ 259 m/s ☐ 72 m/s

Una medida de 4,00 ± 0,08 m tiene un error relativo de…

☐ 0,08 % ☐ 2 % ☐ 8 %

Repetir muchas veces una medida y hacer la media reduce sobre todo el error…

☐ sistemático ☐ aleatorio ☐ de ambos por igual

Una hipótesis cuantitativa es…

☐ «el péndulo tarda mucho» ☐ «si L se multiplica por 4, T se duplica» ☐ «creo que la gravedad es grande»

2 **Con F1: ¿qué datos faltan en los carteles A y B para poder repetir y valorar la medida? Escribe tres.**

3 **Predicción. Con un péndulo de 1,00 m, ¿cuánto crees que tarda en hacer una oscilación? ¿Qué error esperas al cronometrar una sola oscilación y qué harías para reducirlo?**

FICHA 2 Errores, cifras significativas y unidades

Sesión 2

Usa la guía y el ejemplo de F5, el esquema de F4 y la tabla de conversiones F3.

1 **Clasifica cada situación como error sistemático (S), aleatorio (A) o equivocación (E) y justifica en una frase.**

Situación	S, A o E	Por qué
La cinta métrica tiene el cero gastado y marca 1 cm de menos		
Al pulsar el cronómetro, a veces se pulsa antes y a veces después		
Se mide L hasta el nudo del hilo y no hasta el centro de la masa		
Se cuentan 21 oscilaciones en lugar de 20		

2 **Calcula el error relativo en % y escribe cada medida con su error en forma correcta.**

Medida	Error relativo (%)	Escritura correcta
$L = 0{,}700 \pm 0{,}002\ \text{m}$		
$m = 48{,}3 \pm 0{,}1\ \text{g}$		
$t_{20} = 33{,}71 \pm 0{,}20\ \text{s}$		
$V = 18 \pm 1\ \text{mL}$		

3 **Convierte a la unidad indicada con factores de conversión.**

g = 9,80 m/s² = _____ cm/s²

g = 9,80 m/s² = _____ km/h² (usa 1 h = 3600 s)

1,2 g/cm³ = _____ kg/m³

0,95 atm = _____ Pa

25 m/s = _____ km/h

FICHA 3 Diseño: 20 oscilaciones y linealización

Sesión 3

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Consulta F5, F6 y F8. Prepara el procedimiento antes de ir al laboratorio.

1 **Con el error de reacción de 0,2 s y un periodo de 1,69 s (L = 0,70 m), completa cuántas oscilaciones conviene cronometrar.**

Oscilaciones N	Tiempo medido (s)	Error en T, $\Delta T = 0{,}2/N$ (s)	Error relativo de T (%)
1			
10			
20			

2 **El modelo es $T = 2\pi\sqrt{L/g}$. Eleva al cuadrado y demuestra que T^2 es proporcional a L. ¿Qué vale la pendiente m si $g = 9{,}80\ \mathrm{m/s^2}$? Úsala para predecir el t_{20} de un péndulo de $L = 0{,}50\ \mathrm{m}$.**

3 **Diseña la prueba: completa el cuadro con las variables y los valores.**

Apartado	Mi diseño
Hipótesis cuantitativa	
Variable independiente y valores	
Variable dependiente (qué mido y qué calculo)	
Variables controladas	
Instrumentos y resolución	

FICHA 4 En el laboratorio: tomamos datos

Sesión 4

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Sigue el protocolo F6. Si no hay material, usa la simulación PhET con g = 9,8 m/s² (o los datos de F7) y anota la fuente de los datos.

1 **Lista de seguridad (marcad antes de soltar el péndulo).**

- [ ] El soporte está sujeto al borde de la mesa y no se mueve
- [ ] La masa es de 50 g y el hilo está bien atado
- [ ] No hay mochilas ni sillas en el espacio de trabajo
- [ ] El péndulo se suelta hacia un lado donde no hay nadie
- [ ] Cada persona conoce su rol y se rota en cada longitud
- [ ] Sabemos dónde se guarda el material al terminar

2 **Anota vuestros tiempos de 20 oscilaciones (masa 50 g, amplitud 10°). Mide L hasta el centro de la masa.**

L (m)	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	Media (s)	Semirrango (s)
0,300					
0,500					
0,700					
0,900					
1,100					

3 **Estimad los errores de medida de vuestros instrumentos y comprobad si hay datos anómalos.**

Instrumento	Resolución	Error que tomo	¿Por qué?
Cinta métrica			
Cronómetro			
Transportador			

FICHA 5 Tratamos los datos y comparamos con la referencia

Sesión 5

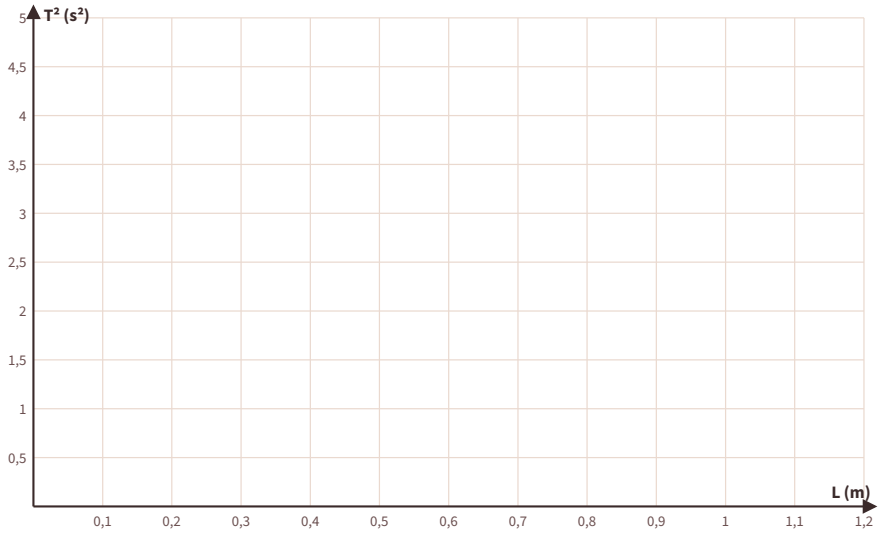
Trabaja con tus datos de la ficha 4 o con los de F7. Compara con la gráfica de F8 al final, no antes.

1 **En F7, la fila de 0,900 m tiene un dato anómalo. Identifícalo, calcula cuántas oscilaciones se contaron y halla el tiempo medio sin él.**

2 **Completa la tabla con $T = \bar{t}_{20}/20$ y T^2 (tres cifras decimales).**

L (m)	Tiempo medio (s)	T (s)	T^2 (s^2)	T^2/L (s^2/m)
0,300	22,03			
0,500	28,41			
0,700	33,71			
0,900				
1,100	42,22			

3 **Representa T^2 frente a L, traza la recta de ajuste que pasa por el origen y por la nube de puntos, y marca dos puntos P1 y P2 sobre la recta.**



4 **Calcula la pendiente con P1 y P2, obtén $g = 4\pi^2/m$, estima su error con $\Delta g/g \approx 2\,\Delta T/T$ (usa $\Delta T/T = 0{,}6\ \%$) y compara con $g_{ref} = 9{,}80\ \mathrm{m/s^2}$.**

FICHA 6 Revisamos el proyecto y los errores sistemáticos

Sesión 6

Redactad el borrador en la plantilla del Anexo 4. Después intercambiadlo con otro equipo.

1 **Revisión cruzada del proyecto del otro equipo. Marcad lo que cumple.**

- ☐ Hipótesis cuantitativa y variables claras
- ☐ Indica instrumentos, resolución y número de repeticiones
- ☐ Todas las medidas llevan unidad y error
- ☐ La tabla incluye T y T^2 con unidades
- ☐ La gráfica tiene ejes rotulados, escala y recta de ajuste
- ☐ El valor de g lleva error con cifras significativas coherentes
- ☐ Compara con la referencia y dice si es compatible
- ☐ Explica los errores sistemáticos posibles
- ☐ Podríamos repetirlo sin hacer preguntas

2 **Si vuestro valor de g fuera menor que 9,80 m/s² y el intervalo no incluyera la referencia, ¿qué errores sistemáticos revisaríais? Propón dos y di en qué sentido cambiaría g (con F9, equipo E).**

3 **Escribid dos propuestas de mejora concretas para el proyecto del otro equipo y una para el vuestro.**

FICHA 7 Evidencia individual: nuevo caso y otra magnitud

Sesión 7

Trabajo individual. Aplica el método a un caso nuevo; consulta F3, F5 y F9.

1 **Otro equipo mide $L = 0{,}800 \pm 0{,}002\ \mathrm{m}$ y cronometra tres veces 20 oscilaciones: 36,30 s; 36,18 s; 36,42 s (error de reacción 0,2 s). Calcula T, g y su error con la regla de F5, y escribe el resultado con la forma correcta.**

2 **¿Es compatible con $g_{ref} = 9{,}80\ \mathrm{m/s^2}$? Razona con el intervalo y propón la causa más probable de la discrepancia.**

3 **Planifica medir la densidad de una piedra con una balanza de 0,1 g y una probeta de 50 mL (resolución 1 mL). Indica el procedimiento, las medidas posibles (por ejemplo, $m = 48{,}3$ g; V sube de 20 a 38 mL) y calcula d con su error.**

ANEXO 4

Plantilla del producto final

SdA 1 · Investigar como físicos y químicos

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Proyecto experimental del equipo y panel para 2.º ESO. Frases completas; todas las medidas con unidad y error.

Pregunta e hipótesis

¿Qué medimos? Hipótesis cuantitativa con el modelo.

Variables y método

Independiente, dependiente, controladas; 20 oscilaciones, 3 repeticiones.

Material, seguridad y residuos

Instrumentos con resolución, riesgos y precauciones.

Procedimiento

Pasos numerados que otro equipo pueda repetir.

Tabla de datos

L, t_1, t_2, t_3, media, T y T^2 con unidades.

Gráfica T^2 - L con recta de ajuste

Ejes con magnitud y unidad; puntos, recta y P1 y P2.

Cálculo de g e incertidumbre

Pendiente, g, error y escritura g = valor ± error con unidad.

Comparación y errores

¿Compatible con 9,80 m/s^2? Errores sistemáticos y mejoras.

Conclusión y panel para 2.º ESO

Tres frases para alumnos de 2.º: qué hicimos, qué resultado con error y por qué es fiable.

ANEXO 5

Lista de cotejo para el proceso y la entrega

SdA 1 · Investigar como físicos y químicos

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

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

Contenido del producto

- [ ] La pregunta y la hipótesis cuantitativa (T^2 proporcional a L) figuran al principio.
- [ ] Se distinguen variable independiente, dependiente y controladas, y se justifica medir 20 oscilaciones.
- [ ] Todas las medidas llevan unidad del SI (o conversión correcta) y su error o resolución.
- [ ] La tabla recoge tres repeticiones, medias, T y T^2, y señala o descarta justificadamente el dato anómalo.
- [ ] La gráfica T^2-L tiene ejes rotulados con magnitud y unidad, escala adecuada, puntos y recta de ajuste.
- [ ] La pendiente se calcula con dos puntos de la recta (no de la tabla) y $g = 4\pi^2/m$ está bien despejada.
- [ ] g se expresa como valor ± error con cifras significativas coherentes y unidad.
- [ ] Se compara con g_{ref} y se decide con el intervalo si es compatible o no.
- [ ] Se discuten errores sistemáticos y aleatorios, y se proponen mejoras concretas.
- [ ] Se cumplió la lista de seguridad, el puesto quedó recogido y no se generaron residuos.
- [ ] El panel para 2.º ESO es claro y resume método, resultado con error y conclusión.

Calidad y rigor

- [ ] He usado el vocabulario científico y los símbolos correctos (magnitudes, unidades del SI, fórmulas).
- [ ] He apoyado mis conclusiones con datos, medidas, cálculos o modelos, y he indicado sus límites.
- [ ] He escrito cada resultado con su unidad y he comprobado si su orden de magnitud es razonable.
- [ ] He citado o identificado todas las fuentes de datos utilizadas.
- [ ] He revisado la ortografía, la presentación y el orden del producto, e incorporado las mejoras de la coevaluación.

Lo que más me ha costado

Firma del equipo / fecha de entrega

ANEXO 6

Rúbrica imprimible

SdA 1 · Investigar como físicos y químicos

ALUMNADO · DOCENTE

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Rúbrica para valorar **Proyecto experimental completo**. Marca el nivel alcanzado en cada indicador.

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial	Nivel
Comprensión científica	Explica el modelo del péndulo, por qué se linealiza con T^2 y qué significa la pendiente, interpreta la discrepancia con la referencia (por ejemplo, amplitud finita) y reconoce los límites del modelo.	Explica el modelo y obtiene g de la pendiente con una interpretación correcta de la discrepancia, aunque sin cuantificar sus causas.	Calcula g pero no relaciona la pendiente con el modelo o atribuye la discrepancia a «errores» sin precisar cuáles.	Confunde periodo con tiempo total o no relaciona la gráfica con el modelo.	
Datos y resolución	Tablas completas con unidades, T y T^2 correctos, gráfica con ejes, escala y recta de ajuste, pendiente por dos puntos de la recta, g con error y cifras significativas coherentes.	Cálculos y gráfica correctos con fallos menores de unidades, de cifras significativas o de la pendiente.	Faltan repeticiones, la recta no se ajusta a la nube de puntos o el error no se calcula.	Datos desordenados, sin cálculo de g ni gráfica.	
Investigación	Hipótesis cuantitativa, variables bien clasificadas, justificación de las 20 oscilaciones, tratamiento del dato anómalo y conclusión proporcionada: compatible o no con la referencia dentro del error.	Diseño adecuado y conclusión correcta; el dato anómalo o la compatibilidad se tratan con alguna imprecisión.	Control de variables o repeticiones insuficientes; la conclusión no usa el error.	No distingue dato, resultado y conclusión, o presenta g sin error.	
Seguridad y lenguaje	Cumple con autonomía la lista de seguridad y deja el puesto recogido; usa símbolos, unidades y vocabulario de error con precisión y redacta un protocolo que otro equipo repite sin preguntar.	Cumple las normas con fallos menores; el protocolo es seguible con algún paso poco detallado.	Necesita recordatorios de seguridad; mezcla unidades o símbolos.	Incumple normas de seguridad o comunica sin unidades.	
Revisión y cooperación	Cumple su rol, revisa el proyecto de otro equipo con criterios y evidencias, e incorpora mejoras justificadas al panel para 2.º ESO.	Cumple su rol y revisa con alguna propuesta útil.	Participa de forma irregular; revisión superficial.	No asume su rol ni revisa.	

Observaciones del docente

Valoración global

ANEXO 7

Autoevaluación y coevaluación

SdA 1 · Investigar como físicos y químicos

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Parte 1 · Autoevaluación

Afirmación	Aún no	Con ayuda	Bien	Muy bien
Sé calcular el error absoluto y relativo de una medida y escribir el resultado con sus cifras significativas.	◯	◯	◯	◯
Sé obtener g de la pendiente de una gráfica T^2-L y decir si es compatible con el valor de referencia.	◯	◯	◯	◯
He cumplido mi rol y mis tareas dentro del equipo.	◯	◯	◯	◯
He escuchado y tenido en cuenta las ideas de los demás.	◯	◯	◯	◯
He usado fuentes y evidencias para justificar mis ideas.	◯	◯	◯	◯
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

Material de apoyo y refuerzo

SdA 1 · Investigar como físicos y químicos

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Material de apoyo con ejemplos modelados, datos ya medidos y problemas de un paso.

Error absoluto y relativo en dos pasos

1. **Error absoluto:** el semirrango, $\Delta x = \frac{x_{max} - x_{min}}{2}$. Ejemplo: 28,52 s, 28,30 s y 28,41 s dan $\frac{28{,}52 - 28{,}30}{2} = 0{,}11$ s.
2. **Error relativo:** $\varepsilon = \frac{\Delta x}{\bar{x}} \cdot 100$. Ejemplo: media 28,41 s, $\frac{0{,}11}{28{,}41} \cdot 100 = 0{,}39\ \%$.

Escritura: el error con una cifra significativa y el valor redondeado igual: $28{,}4 \pm 0{,}1$ s.

De la pendiente a g

1. Se eligen dos puntos **de la recta**: P1 (0,20 m; 0,81 s^2) y P2 (1,00 m; 4,05 s^2).
2. Pendiente: $m = \frac{4{,}05 - 0{,}81}{1{,}00 - 0{,}20} = \frac{3{,}24}{0{,}80} = 4{,}05\ \mathrm{s^2/m}$.
3. Despeje: $m = \frac{4\pi^2}{g}$, así que $g = \frac{4\pi^2}{m} = \frac{39{,}48}{4{,}05} = 9{,}75\ \mathrm{m/s^2}$.

1 **Un equipo mide 22,03 s; 21,90 s y 22,14 s para 20 oscilaciones. Calcula la media, el semirrango y el periodo T.**

2 **Calcula el error relativo y escribe la medida correctamente.**

Medida	Error relativo (%)	Escritura correcta
$m = 50{,}0 \pm 0{,}1$ g		
$L = 0{,}500 \pm 0{,}002$ m		

3 **Convierte: 45 cm = ___ m; 350 g = ___ kg; 90 km/h = ___ m/s; 2,7 g/cm³ = ___ kg/m³.**

45 cm = _____ m

350 g = _____ kg

90 km/h = _____ m/s

2,7 g/cm³ = _____ kg/m³

4 **Con una pendiente $m = 4{,}00\ \mathrm{s^2/m}$ calcula g (con $4\pi^2 = 39{,}48$).**

ANEXO 9

Actividad de ampliación

SdA 1 · Investigar como físicos y químicos

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

¿Y si soltamos el péndulo desde más arriba?

El modelo $T = 2\pi\sqrt{L/g}$ vale para ángulos pequeños. Para amplitudes mayores, el periodo real es algo más largo: $T \approx T_0\left(1 + \frac{\theta^2}{16}\right)$, con θ en radianes. Esto es un **error sistemático** que puedes cuantificar.

Pasos

1. Calcula con la fórmula el factor T/T_0 para 10°, 20° y 30° (pasa los grados a radianes: $\theta = \text{grados} \cdot \pi/180$).
2. Predice cuánto valdría la g obtenida con una amplitud de 10° y de 30° si el valor real fuera 9,80 m/s²: $g_{medida} = g/(T/T_0)^2$.
3. Mide con L = 0,70 m tres veces el t_{20} con 10° y con 30° (o usa PhET) y compara con tu predicción.
4. Aplica la regla de propagación a tu mejor valor de g con 10° y decide si la corrección de la amplitud explica la discrepancia con 9,80 m/s².

Entrega

Una página con la tabla de factores, tus predicciones y medidas, el cálculo de errores y una conclusión sobre qué amplitud es aceptable para medir g con un error sistemático menor del 0,5 %.

ANEXO 10

Guía docente de respuestas y orientaciones

SdA 1 · Investigar como físicos y químicos

DOCENTE

Ficha 1

1. Diagnóstico: 20 m/s ($72 \cdot 1000/3600$); 2 % ($0{,}08/4{,}00 = 0{,}02$); aleatorio; «si L se multiplica por 4, T se duplica».
2. Faltan: instrumento y resolución, número de oscilaciones y repeticiones, error o incertidumbre, longitud usada con detalle, amplitud, masa, condiciones. Se aceptan tres razonables.
3. Predicción: $T = 2\pi\sqrt{1{,}00/9{,}80} = 2{,}007$ s ≈ 2,0 s. Error al cronometrar una oscilación: 0,2 s (10 %). Se reduce midiendo muchas oscilaciones y dividiendo.

Ficha 2

1. Cinta con cero gastado: sistemático (siempre 1 cm de menos). Pulsar a veces antes y a veces después: aleatorio. Medir hasta el nudo: sistemático (L siempre menor, g aparente menor). 21 oscilaciones: equivocación (dato anómalo).
2. Errores relativos: 0,002/0,700 = 0,29 % → $L = 0{,}700 \pm 0{,}002$ m (se mantiene el error con una cifra); 0,1/48,3 = 0,21 % → $m = 48{,}3 \pm 0{,}1$ g; 0,20/33,71 = 0,59 % → $t_{20} = 33{,}7 \pm 0{,}2$ s; 1/18 = 5,6 % → $V = 18 \pm 1$ mL.
3. Conversiones: 980 cm/s^2; 127 008 km/h^2 (9,80·3600^2/1000); 1200 kg/m^3; 96 279 Pa ≈ 96 300 Pa; 90 km/h.

Ficha 3

1. Tabla: N = 1 → t ≈ 1,69 s, ΔT = 0,2 s, 11,9 %; N = 10 → t ≈ 16,9 s, ΔT = 0,02 s, 1,2 %; N = 20 → t ≈ 33,7 s, ΔT = 0,01 s, 0,59 %.
2. $T^2 = 4\pi^2 L/g$: es de la forma $y = mx$ con $m = 4\pi^2/g = 39{,}48/9{,}80 = 4{,}03$ s^2/m. Para L = 0,50 m: $T^2 = 2{,}014$ s^2, $T = 1{,}419$ s, $t_{20} = 28{,}4$ s.
3. Diseño modelo: hipótesis «si L se multiplica por 4, T se duplica; T^2 es proporcional a L con $m \approx 4{,}0$ s^2/m»; VI: L (0,30 a 1,10 m, 5 valores); VD: t_{20} (medido) y T (calculado); controladas: masa 50 g, amplitud 10°, mismo cronometrador en cada serie; cinta de 1 mm, cronómetro de 0,01 s (error de reacción 0,2 s), transportador de 1°.

Ficha 4

1. Lista de seguridad: deben marcarse todas las casillas antes de empezar.
2. Rango esperable de t_{20} (g entre 9,5 y 10,0 m/s^2): 0,300 m → 21,8-22,3 s; 0,500 m → 28,1-28,8 s; 0,700 m → 33,2-34,1 s; 0,900 m → 37,7-38,7 s; 1,100 m → 41,7-42,8 s. Semirrangos típicos de 0,05 a 0,3 s.
3. Errores: cinta, 1 mm (ΔL ≈ 0,002 m con la estimación del centro de la masa); cronómetro, resolución 0,01 s pero error de reacción 0,2 s; transportador, 1° (con 10° es un 10 % del ángulo, pero el efecto en T es pequeño).

Ficha 5

1. Dato anómalo: 40,02 s. Con T ≈ 1,91 s, 40,02/1,91 = 20,95 → se cronometraron 21 oscilaciones. Media sin él: (38,21 + 38,04)/2 = 38,125 s; con el anómalo saldría 38,76 s.
2. Tabla: L = 0,300 → T = 1,1015 s, T^2 = 1,213 s^2, T^2/L = 4,04 s^2/m; 0,500 → 1,4205 s, 2,018, 4,04; 0,700 → 1,6855 s, 2,841, 4,06; 0,900 → 1,9063 s (media 38,125 s), 3,634, 4,04; 1,100 → 2,1110 s, 4,456, 4,05.
3. Gráfica: recta por el origen con pendiente ≈ 4,05 s^2/m (P1 ≈ (0,20; 0,81), P2 ≈ (1,00; 4,05)).
4. Pendiente por mínimos cuadrados con el origen: 4,047 s^2/m (valor leído en la gráfica: 4,05 ± 0,05). $g = 39{,}478/4{,}047 = 9{,}75\ \mathrm{m/s^2}$. Error: $\Delta T/T = 0{,}01/1{,}69 = 0{,}6\ \%$, por lo que $\Delta g/g \approx 1{,}2\ \%$ y $\Delta g = 0{,}12\ \mathrm{m/s^2}$. (Solo con la dispersión de T^2/L, entre 4,036 y 4,059, saldría ±0,03: es un límite inferior porque ignora el error de reacción.)
5. Resultado: $g = (9{,}75 \pm 0{,}12)\ \mathrm{m/s^2}$; intervalo 9,63 a 9,87. La referencia 9,80 está dentro: compatible. Con la dispersión estricta (±0,03) quedaría fuera, lo que lleva a discutir un pequeño error sistemático (amplitud de 10°), ver Ficha 6.

Ficha 6

1. Revisión: respuesta abierta; las propuestas deben ser concretas («rotular los ejes con magnitud y unidad», «indicar que L se mide hasta el centro de la masa»).
2. Errores sistemáticos: medir L hasta el nudo (L real mayor que la medida → g aparente menor, como el equipo E); amplitud finita (a 10° T real 0,19 % mayor, T^2 un 0,38 % mayor → g aparente 9,76 m/s^2, lo que explica casi toda la diferencia de 9,75 frente a 9,80); retardo constante al cronometrar; hilo que se estira; cuenta mal las oscilaciones.
3. Mejoras: usar amplitud menor (5°), más longitudes, cronometrar con vídeo del móvil, repetir la serie con otro cronometrador.

Ficha 7

1. Media: (36,30 + 36,18 + 36,42)/3 = 36,30 s; $T = 1{,}815$ s; $g = 4\pi^2 \cdot 0{,}800/1{,}815^2 = 9{,}59\ \mathrm{m/s^2}$. Error relativo: $0{,}002/0{,}800 + 2 \cdot 0{,}01/1{,}815 = 0{,}0025 + 0{,}0110 = 0{,}0135$; $\Delta g = 0{,}13$, redondeado a 0,1. Resultado: $g = (9{,}6 \pm 0{,}1)\ \mathrm{m/s^2}$.
2. Intervalo 9,5 a 9,7 m/s^2: no incluye 9,80, así que no es compatible. Causa probable: error sistemático (medir L hasta el nudo o amplitud grande); no se explica con el aleatorio, que ya está en el intervalo.
3. Densidad: se pesa la piedra (m = 48,3 ± 0,1 g), se llena la probeta con agua (20 mL), se introduce la piedra y se lee 38 mL; $V = 18\ \mathrm{mL}$ con $\Delta V = 1\ \mathrm{mL}$ (resolución). $d = 48{,}3/18 = 2{,}68\ \mathrm{g/cm^3}$. Error relativo: $0{,}1/48{,}3 + 1/18 = 0{,}002 + 0{,}056 = 0{,}058$ (5,8 %); $\Delta d = 0{,}15$, que se redondea a 0,2. Resultado: $d = (2{,}7 \pm 0{,}2)\ \mathrm{g/cm^3} = (2700 \pm 200)\ \mathrm{kg/m^3}$. Se acepta ΔV = 2 mL si se razona (dos lecturas). Mejora: probeta más fina o piedra mayor.

Refuerzo (Anexo 8)

1. Media = (22,03 + 21,90 + 22,14)/3 = 22,02 s; semirrango = (22,14 − 21,90)/2 = 0,12 s; T = 22,02/20 = 1,101 s.
2. 50,0 ± 0,1 g → 0,2 % → 50,0 ± 0,1 g; 0,500 ± 0,002 m → 0,4 % → 0,500 ± 0,002 m.
3. 0,45 m; 0,350 kg; 25 m/s; 2700 kg/m^3.
4. $g = 39{,}48/4{,}00 = 9{,}87\ \mathrm{m/s^2}$.

Ampliación (Anexo 9)

1. Factores: 10° (0,1745 rad) → 1 + 0,00190 = 1,0019; 20° (0,3491 rad) → 1,0076; 30° (0,5236 rad) → 1,0171 (el exacto, con integrales elípticas, es 1,0174).
2. g medida: 9,80/1,0019² = 9,76; 9,80/1,0076² = 9,65 (20°); 9,80/1,0171² = 9,47 m/s^2 (30°). El error sistemático por la amplitud es de −0,4 % a 10°, −1,5 % a 20° y −3,4 % a 30°.
3. Con 10°, 9,76 m/s^2 explica casi del todo el 9,75 del equipo de prueba. Para error sistemático < 0,5 % hace falta θ ≤ unos 11°.

⚠ Errores frecuentes

- Medir L hasta el nudo o hasta el extremo de la masa en lugar de hasta el centro de la masa (error sistemático que reduce g).
- Confundir el tiempo de 20 oscilaciones con el periodo, o contar la ida como una oscilación completa.
- Calcular la pendiente con puntos de la tabla en lugar de con dos puntos de la recta de ajuste, o usar puntos muy próximos entre sí.
- Escribir el error con demasiadas cifras (9,7512 ± 0,03) o no redondear el valor en la misma cifra que el error.
- Decir que un resultado «es malo» porque no coincide exactamente con 9,80 sin mirar el intervalo de error, o decir que es «bueno» sólo porque el error es pequeño.
- Mezclar unidades (cm y m, g y kg) o dejar un resultado sin unidad.

⚖ Criterios para valorar respuestas abiertas

- Se evalúa más el razonamiento con los errores y la comparación con la referencia que el valor concreto de g.
- Rango plausible de resultados de las prácticas: g entre 9,5 y 10,0 m/s^2 con T^2/L entre 3,95 y 4,15 s^2/m; un valor fuera de este rango suele indicar errores de recuento o de medida de L.
- Admitir el ± de la regla práctica o el del semirrango de pendientes si el alumno justifica su elección y es coherente.
- Seguridad: vigilar que el soporte esté sujeto, que la masa no supere los 100 g y que la probeta se maneje con bandeja y gafas; sin residuos peligrosos.

SITUACIÓN DE APRENDIZAJE

02 Gases y disoluciones: materia que responde

PREGUNTA GUÍA

¿Cómo explicamos y calculamos el comportamiento de disoluciones y gases en situaciones reales?

CURSO 4.º ESO	**SESIONES** 7 sesiones	**BLOQUES DE SABERES** A · B
COMPETENCIAS ESPECÍFICAS CE1, CE2, CE3	**PRODUCTO FINAL** Dossier cuantitativo de sistemas materiales	**CRITERIOS DE EVALUACIÓN** 1.1, 1.2, 2.2, 3.1, 3.2

Contexto, reto y producto

El club de montaña del instituto organiza la **Carrera del Puerto**: 300 corredores subirán desde el pueblo (700 m) hasta el puerto (1800 m). Al club le toca preparar el avituallamiento. Para no cargar 300 litros de bebida a la espalda, la receta se lleva **concentrada** y se **diluye** en el puerto: ¿cuántos gramos de azúcar y de sal hacen falta, cuánta agua hay que añadir y cómo saber que la bebida no sale ni demasiado dulce ni demasiado floja? Además, el arco de meta lleva un globo grande que se infla abajo y se sube al puerto, y los organizadores se preguntan por qué las botellas cerradas en la cima aparecen arrugadas al bajar. Las respuestas dependen de la **concentración** de las disoluciones y de la relación entre **presión, volumen y temperatura** de los gases.

Esta situación convierte al alumnado en el **equipo de logística científica** de la carrera. Calcula concentraciones en g/L, % en masa, % en volumen y mol/L; prepara y diluye una disolución con material de laboratorio comprobando su concentración; estudia con datos y una simulación cómo cambian P, V y T de un gas (temperatura siempre en kelvin) y representa los resultados en gráficas. El producto es un **dossier cuantitativo** con todos los cálculos del avituallamiento y el globo, con sus unidades, comprobaciones y límites.

Reto

Elaborar el dossier cuantitativo de la Carrera del Puerto: la receta de la bebida con todas sus concentraciones y su plan de preparación y dilución comprobado en el laboratorio, y el análisis con gráficas y cálculos de cómo cambian el volumen y la presión de un gas con la temperatura y la altitud.

Producto final

Dossier cuantitativo de sistemas materiales.

Vinculación curricular

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS MOVILIZADAS

CE1

Comprender y explicar los fenómenos fisicoquímicos del entorno con leyes y teorías, y resolver problemas para mejorar la realidad cercana.

CE2 Formular preguntas e hipótesis y comprobarlas mediante la experimentación, la indagación y la búsqueda de evidencias.

CE3

Manejar con soltura las normas de la física y la química: lenguaje IUPAC, lenguaje matemático, unidades, seguridad en el laboratorio y datos en distintos formatos.

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

1.1 Comprender y explicar con rigor los fenómenos fisicoquímicos cotidianos a partir de los principios, teorías y leyes científicas adecuadas, expresándolos de manera argumentada, utilizando diversidad de soportes y medios de comunicación.

1.2 Resolver los problemas fisicoquímicos planteados mediante las leyes y teorías científicas adecuadas, razonando los procedimientos utilizados para encontrar las soluciones y expresando los resultados con corrección y precisión.

2.2 Predecir, para las cuestiones planteadas, respuestas que se puedan comprobar con las herramientas y conocimientos adquiridos, tanto de forma experimental como deductiva, aplicando el razonamiento lógico-matemático en su proceso de validación.

3.1 Emplear fuentes variadas fiables y seguras para seleccionar, interpretar, organizar y comunicar información relativa a un proceso fisicoquímico concreto, relacionando entre sí lo que cada una de ellas contiene, extrayendo en cada caso lo más relevante para la resolución de un problema y desechando todo lo que sea irrelevante.

3.2 Utilizar adecuadamente las reglas básicas de la física y la química, incluyendo el uso correcto de varios sistemas de unidades, las herramientas matemáticas necesarias y las reglas de nomenclatura avanzadas, consiguiendo una comunicación efectiva con toda la comunidad científica.

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

Código	Saber básico
B1	Sistemas materiales: resolución de problemas y situaciones de aprendizaje diversas sobre las disoluciones y los gases, entre otros sistemas materiales significativos.
A1	Trabajo experimental y proyectos de investigación: estrategias en la resolución de problemas y el tratamiento del error mediante la indagación, la deducción, la búsqueda de evidencias y el razonamiento lógico-matemático, haciendo inferencias válidas de las observaciones y obteniendo conclusiones que vayan más allá de las condiciones experimentales para aplicarlas a nuevos escenarios.

Código	Saber básico
A4	El lenguaje científico: manejo adecuado de distintos sistemas de unidades y sus símbolos. Herramientas matemáticas adecuadas en diferentes escenarios científicos y de aprendizaje.
A5	Estrategias de interpretación y producción de información científica en diferentes formatos y a partir de diferentes medios: desarrollo del criterio propio basado en lo que el pensamiento científico aporta a la mejora de la sociedad para hacerla más justa, equitativa e igualitaria.

Concreción didáctica en esta situación

- Concentración de disoluciones: g/L, % en masa, % masa/volumen, % en volumen y mol/L; relación con la densidad y la masa molar de NaCl, sacarosa y glucosa.
- Preparación de disoluciones: pesada, disolución, enrasado y dilución ($c_1V_1 = c_2V_2$); instrumentos (balanza, vaso, probeta) y su resolución.
- Relaciones P-V-T: Boyle (PV constante), Gay-Lussac (P/T constante), Charles (V/T constante) y ley combinada; temperatura en kelvin ($T = t + 273$) y presión absoluta en atm; modelo cinético de partículas.
- Gráficas y unidades: hipérbola P-V y recta P-$1/V$; recta P-T que se extrapola a 0 K; conversión entre atm, kPa y mmHg, entre mL y L y entre °C y K.

Objetivos didácticos

- ✓ Calcular la concentración de una disolución en g/L, % en masa, % masa/volumen, % en volumen y mol/L, y pasar de unas expresiones a otras con la masa molar y la densidad.
- ✓ Planificar y realizar la preparación y la dilución de una disolución con instrumentos adecuados, aplicando $c_1V_1 = c_2V_2$ y estimando el error de la concentración obtenida.
- ✓ Aplicar las leyes de Boyle, Charles y Gay-Lussac y la ley combinada (con la temperatura en kelvin) a problemas reales y explicarlas con el modelo de partículas.
- ✓ Representar e interpretar gráficas P-V, P-$1/V$ y P-T, reconociendo proporcionalidad directa e inversa y obteniendo constantes a partir de los datos.
- ✓ Comunicar un dossier cuantitativo con unidades, comprobaciones de orden de magnitud y límites del modelo (gas ideal, temperatura constante, errores de medida).

Metodología

Indagación
Predicción, contraste y conclusión.

Modelización
Conectar observaciones con modelos, leyes y representaciones.

Resolución de problemas
Planteamiento, unidades, cálculo, comprobación e interpretación.

Trabajo experimental
Variables, datos, seguridad y residuos.

Cooperación
Roles rotatorios y responsabilidad compartida.

Secuencia de sesiones y actividades

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

1

SESIÓN 1

Lanzamiento de la Carrera del Puerto, diagnóstico inicial y primeras predicciones sobre la dilución y el globo

Evidencia: Ficha 1: test de diagnóstico, comparación de concentraciones y predicción razonada del globo.

Ficha: Anexo 3 · ficha 1

2

SESIÓN 2

Formas de expresar la concentración y primeras leyes de los gases con ejemplos resueltos

Evidencia: Ficha 2: tabla de cálculo de concentraciones y problemas de dilución.

Ficha: Anexo 3 · ficha 2

3

SESIÓN 3

Aplicación guiada: plan de preparación de la bebida y problemas con las leyes de los gases en kelvin

Evidencia: Ficha 3: plan de preparación con instrumentos y problemas de Boyle, Gay-Lussac, Charles y combinada.

Ficha: Anexo 3 · ficha 3

4

SESIÓN 4

Práctica: preparar y diluir una disolución de sal; simulación PhET y compresión de una jeringa (gases)

Evidencia: Ficha 4: lista de seguridad, registro de la preparación y datos de la simulación.

Ficha: Anexo 3 · ficha 4

5

SESIÓN 5

Tratamiento de resultados: concentración experimental con error, gráficas P-V, P-1/V y P-T, y comparación con las predicciones

Evidencia: Ficha 5: tabla de concentraciones con error, producto P·V y gráfica P frente a 1/V. **Ficha:** Anexo 3 · ficha 5

6

SESIÓN 6

Borrador del dossier, revisión entre equipos y detección de errores típicos en los cálculos

Evidencia: Ficha 6: revisión cruzada con criterios y corrección de dos resoluciones con errores.

Ficha: Anexo 3 · ficha 6

7

SESIÓN 7

Presentación del dossier y evidencia individual con una disolución y un gas nuevos

Evidencia: Dossier final (Anexo 4) y Ficha 7: suero fisiológico, botella cerrada y ley a partir de datos.

Ficha: Anexo 3 · ficha 7

Evaluación

Se combinan diagnóstico, observación, fichas/cuaderno, producto final, evidencia individual y autoevaluación. El resultado numérico se valora junto con el planteamiento, la unidad, la comprobación y la interpretación.

Criterios, evidencias e instrumentos

Criterio	Evidencia principal	Instrumento
1.1	Explicación con el modelo de partículas de por qué la dilución cambia la concentración pero no la cantidad de soluto y de por qué un gas comprimido o calentado aumenta su presión, aplicada a la bebida y a la botella cerrada de la carrera.	Fichas 1 y 3 y dossier (Anexo 4) / lista de cotejo
1.2	Resolución razonada y con unidades de problemas de concentración (g/L, % y mol/L), de dilución ($c_1V_1 = c_2V_2$) y de gases con la ley adecuada y la temperatura en kelvin.	Fichas 2, 3 y 7 / rúbrica
2.2	Predicción cuantitativa antes de medir (volumen del globo en el puerto, concentración de la disolución preparada) y contraste con los datos de la práctica y de la simulación.	Fichas 1 y 5 / rúbrica
3.1	Selección e integración de datos de las fuentes del dossier (receta del club, tablas de masas molares y densidades, datos P-V-T y gráficas) descartando lo irrelevante para cada cálculo.	Fichas 3 y 5 / lista de cotejo
3.2	Uso correcto de unidades y símbolos (g/L, mol/L, atm, K, mL), conversiones, cifras significativas y gráficas con ejes rotulados y escala adecuada.	Fichas 2, 5 y 7 y dossier / rúbrica

Rúbrica del producto final

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial
Comprensión científica	Explica con el modelo de partículas la concentración, la dilución y las leyes de los gases, relaciona las gráficas con las leyes y reconoce los límites (gas ideal, temperatura constante, soluto no volátil).	Explica correctamente concentración y leyes de los gases con el modelo de partículas, con alguna imprecisión en los límites.	Explica solo una parte (concentración o gases) o recita fórmulas sin interpretar su significado.	Confunde cantidad de soluto con concentración o presión con temperatura.
Datos y resolución	Plantea cada problema con la fórmula y las unidades, convierte a kelvin y litros, calcula correctamente, comprueba el orden de magnitud y representa la gráfica con escala y ajuste.	Procedimiento correcto con algún fallo menor de unidades, cifras significativas o gráfica.	Aplica la fórmula pero olvida la temperatura en kelvin o las conversiones; resultados con errores.	No hay estrategia válida o los resultados no llevan unidades.
Investigación	Predice, prepara y diluye la disolución con el material adecuado, estima el error de la concentración, obtiene constantes de las gráficas y concluye con proporcionalidad a los datos.	Diseño y conclusiones adecuados con una estimación del error incompleta.	Datos insuficientes o sin contraste con la predicción.	No distingue dato, cálculo y conclusión.
Seguridad y lenguaje	Cumple con autonomía las normas (gafas, bandeja, derrames, vertido) y usa magnitudes, símbolos y vocabulario científico con precisión.	Cumple las normas con fallos menores; lenguaje correcto en lo esencial.	Necesita recordatorios de seguridad o mezcla símbolos y unidades.	Incumple normas de seguridad o comunica sin unidades.
Revisión y cooperación	Cumple su rol, revisa el dossier ajeno con criterios y evidencias y corrige los errores detectados en su propio trabajo.	Cumple su rol y revisa con alguna propuesta útil.	Participa de forma irregular; revisión superficial.	No asume su rol ni revisa.

Materiales y seguridad

Materiales y recursos

- Por equipo: balanza de 0,1 g (o 0,01 g), 2 vasos de precipitados de 250 mL, probeta de 100 mL, probeta de 25 mL, varilla, cuentagotas, 8 g de sal común, agua del grifo, colorante alimentario y papel de pesada.
- Jeringa de 20 mL sin aguja con su tapón o el dedo (compresión a mano) para la demostración cualitativa del gas; nunca se sella con calor ni se presuriza.
- Ordenador o tableta con la simulación «Propiedades de los gases» (PhET) o, en su defecto, los datos de las fuentes F9 y F10.
- Fichas del Anexo 3, calculadora científica y plantilla del dossier (Anexo 4).

Seguridad y residuos

Trabajo con sal y agua: riesgo bajo. Usar gafas al manejar la probeta y los vasos de vidrio y colocarlos sobre una bandeja; secar derrames de inmediato para evitar resbalones y no dejar sal sobre la balanza. El colorante alimentario mancha: usar guantes finos si se desea. La disolución salina y el colorante, muy diluidos, se vierten al desagüe con abundante agua. Los gases se estudian solo mediante simulación, datos y una compresión a mano de una jeringa abierta o con tapón de goma, sin recipientes presurizados ni calentamiento.

Atención a la diversidad (DUA), refuerzo y ampliación

Representación

Esquemas, modelos, ejemplos resueltos, tablas, gráficas y glosario de símbolos/unidades.

Acción y expresión

Informe, cálculo comentado, representación, exposición o producto visual manteniendo el criterio científico.

Apoyo

Anexo 8

Ejemplos resueltos paso a paso (F4 y F8), tabla de concentraciones parcialmente completada, resumen de fórmulas con unidades y plantilla para la conversión a kelvin.

Ampliación

Anexo 9

Ecuación de los gases ideales $PV = nRT$ y solubilidad de un gas (CO_2) en agua según la temperatura, uniendo disoluciones y gases en un mismo caso.

ANEXO 1

Ficha de lanzamiento del reto

SdA 2 · Gases y disoluciones: materia que responde

ALUMNADO

El club de montaña organiza la Carrera del Puerto: 300 corredores subirán de 700 a 1800 m de altitud y nadie quiere cargar 300 litros de bebida. Hay que llevar la receta concentrada y diluirla arriba, sin pasarse de dulce ni de sal. Y alguien pregunta por qué una botella cerrada en la cima se arruga al bajar y qué le pasará al globo gigante del arco de meta cuando lo subamos. Vais a ser la logística científica de la carrera: calcular concentraciones, preparar y diluir una disolución de verdad y comprobarla, estudiar un gas con una simulación y con datos, y presentar un dossier cuantitativo donde cada resultado lleve su unidad y su comprobación.

> *¿Cómo explicamos y calculamos el comportamiento de disoluciones y gases en situaciones reales?*

Vuestro reto

Elaborar el dossier cuantitativo de la Carrera del Puerto: la receta de la bebida con todas sus concentraciones y su plan de preparación y dilución comprobado en el laboratorio, y el análisis con gráficas y cálculos de cómo cambian el volumen y la presión de un gas con la temperatura y la altitud.

Lo que vais a producir

Dossier cuantitativo de sistemas materiales.

Seguridad. Trabajo con sal y agua: riesgo bajo.

Hoja de ruta · 7 sesiones

1. Conocemos el reto de la carrera, hacemos el diagnóstico y predecimos qué le pasa al globo en el puerto.
2. Aprendemos g/L, porcentajes y mol/L con ejemplos resueltos, y las primeras leyes de los gases.
3. Planificamos la preparación de la bebida y resolvemos problemas de gases con la temperatura en kelvin.
4. Preparamos y diluimos una disolución de sal en el laboratorio y estudiamos un gas con la simulación.
5. Calculamos la concentración con su error, dibujamos las gráficas P-V, P-1/V y P-T y comparamos con las predicciones.
6. Redactamos el dossier, lo revisa otro equipo y corregimos errores típicos de cálculo.
7. Presentamos el dossier y resolvemos individualmente un caso nuevo de disolución y de gas.

Al terminar seré capaz de...

- Calcular la concentración de una disolución en g/L, % en masa, % masa/volumen, % en volumen y mol/L, y pasar de unas expresiones a otras con la masa molar y la densidad.
- Planificar y realizar la preparación y la dilución de una disolución con instrumentos adecuados, aplicando $c_1V_1 = c_2V_2$ y estimando el error de la concentración obtenida.
- Aplicar las leyes de Boyle, Charles y Gay-Lussac y la ley combinada (con la temperatura en kelvin) a problemas reales y explicarlas con el modelo de partículas.
- Representar e interpretar gráficas P-V, P-$1/V$ y P-T, reconociendo proporcionalidad directa e inversa y obteniendo constantes a partir de los datos.
- Comunicar un dossier cuantitativo con unidades, comprobaciones de orden de magnitud y límites del modelo (gas ideal, temperatura constante, errores de medida).

¿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 de fuentes y materiales base

SdA 2 · Gases y disoluciones: materia que responde

ALUMNADO

Todo lo necesario para calcular y comprobar: el caso de la carrera, las formas de expresar la concentración con sus fórmulas y masas molares, esquemas de preparación y de gases, un ejemplo resuelto, el protocolo, datos de un equipo de prueba y de gases con sus gráficas, y el cuadro de leyes con ejemplo resuelto.

F1 El avituallamiento y el globo de la Carrera del Puerto

ESTUDIO DE CASO

El club de montaña de un instituto organiza la **Carrera del Puerto**: de 700 m a 1800 m de altitud. Este es su plan:

- **Bebida del avituallamiento.** Para 300 corredores, 5,0 L de bebida por cada 20 corredores. La receta del club por cada **5,0 L de bebida lista**: 300 g de azúcar (sacarosa), 6,0 g de sal (NaCl) y agua hasta completar los 5,0 L.
- **Transporte.** Se lleva una disolución **concentrada** (5 veces más cargada) y se diluye en el puerto con agua.
- **Arco de meta.** Un globo de **5,0 L** se infla en el pueblo ($0{,}92\ \text{atm}$, $20\ ^\circ\text{C}$) y se sube al puerto ($0{,}80\ \text{atm}$, $8\ ^\circ\text{C}$). El globo es flexible, cerrado y no pierde aire.
- **Botellas.** Una botella de plástico cerrada en el puerto, a $0{,}80\ \text{atm}$ y $8\ ^\circ\text{C}$, aparece arrugada al llegar al pueblo.

La organización quiere saber cuánto pesa lo que hay que subir, cuánto azúcar y sal habrá en cada vaso, qué volumen tendrá el globo en la cima y por qué las botellas se arrugan.

Fuente: Caso ficticio creado para el aula con datos realistas: la presión se toma de la atmósfera estándar (0,92 atm a 700 m; 0,80 atm a 1800 m).

¿Qué datos de F1 usarías para calcular la concentración de azúcar? ¿Y cuáles para el volumen del globo?

F2 Formas de expresar la concentración

DATOS

Expresión	Fórmula	Unidad	Significado	Ejemplo (5,0 g de NaCl en 100 mL de disolución)
Concentración en masa	$c = \frac{m_{soluto}}{V_{disolución}}$	g/L	gramos de soluto en cada litro de disolución	$\frac{5{,}0\ \text{g}}{0{,}100\ \text{L}} = 50\ \text{g/L}$
% masa/volumen (% m/V)	$\frac{m_{soluto}\ (\text{g})}{V_{disol}\ (\text{mL})} \cdot 100$	g/100 mL	gramos de soluto en 100 mL	$\frac{5{,}0}{100} \cdot 100 = 5{,}0\ \%$ (m/V)
% en masa (% m/m)	$\frac{m_{soluto}}{m_{disolución}} \cdot 100$	%	gramos de soluto en 100 g de disolución; $m_{disol} = d \cdot V$	$\frac{5{,}0}{1{,}033 \cdot 100} \cdot 100 = 4{,}84\ \%$
% en volumen (% V/V)	$\frac{V_{soluto}}{V_{disolución}} \cdot 100$	%	mL de soluto en 100 mL de disolución (líquidos)	Vino de 12,5 % vol: 12,5 mL de alcohol en 100 mL
Molaridad	$M = \frac{n_{soluto}}{V_{disolución}}$, con $n = \frac{m}{M_m}$	mol/L	moles de soluto en cada litro de disolución	$\frac{5{,}0/58{,}5}{0{,}100} = 0{,}855\ \text{mol/L}$

Masas molares: NaCl, $M_m = 58{,}5\ \text{g/mol}$; sacarosa $C_{12}H_{22}O_{11}$, $342\ \text{g/mol}$; glucosa $C_6H_{12}O_6$, $180\ \text{g/mol}$; etanol C_2H_5OH, $46\ \text{g/mol}$. **Atención:** la concentración se refiere al volumen de **disolución**, no al de disolvente. **Dilución:** el soluto no cambia, así que $c_1 \cdot V_1 = c_2 \cdot V_2$ (mismas unidades a ambos lados).

Fuente: Elaboración propia. Masas atómicas redondeadas (IUPAC): H 1,0; C 12,0; O 16,0; Na 23,0; Cl 35,5.

F3 Preparar y diluir una disolución

ESQUEMA

A. Preparar 100 mL de disolución madre



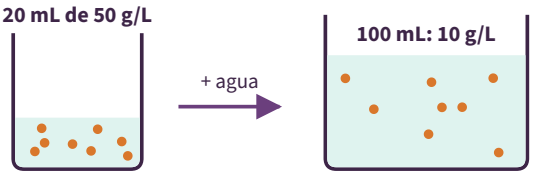
1. Pesar
5,0 g de NaCl

2. Disolver
en unos 70 mL de agua

3. Enrasar
hasta 100 mL

Disolución madre
c = 5,0 g / 0,100 L = 50 g/L
5,0 % (m/V) · 0,855 mol/L
(M(NaCl) = 58,5 g/mol)

B. Diluir: el soluto se conserva, el volumen aumenta



Mismas partículas, más volumen:
n(soluto) no cambia, así que
$c_1 \cdot V_1 = c_2 \cdot V_2$
50 g/L · 20 mL = c_2 · 100 mL → c_2 = 10 g/L

Fuente: Esquema de elaboración propia; las proporciones de los vasos son orientativas.

¿Por qué no basta con añadir 100 mL de agua a los 5,0 g de sal? ¿Qué ocurre con el número de partículas de soluto al diluir?

F4 Ejemplo resuelto: la bebida del club

TEXTO

Datos: 5,0 L de bebida con 300 g de sacarosa ($M_m = 342\ \text{g/mol}$) y 6,0 g de NaCl ($M_m = 58{,}5\ \text{g/mol}$); $d = 1{,}023\ \text{g/mL}$.

1. Concentración en masa. Azúcar: $c = \frac{300\ \text{g}}{5{,}0\ \text{L}} = 60\ \text{g/L}$. Sal: $c = \frac{6{,}0\ \text{g}}{5{,}0\ \text{L}} = 1{,}2\ \text{g/L}$.

2. Porcentaje masa/volumen. Azúcar: $\frac{60\ \text{g}}{1000\ \text{mL}} \cdot 100 = 6{,}0\ \%$ (m/V). Sal: $0{,}12\ \%$ (m/V).

3. Porcentaje en masa. $m_{disol} = d \cdot V = 1{,}023\ \text{g/mL} \cdot 5000\ \text{mL} = 5115\ \text{g}$. Azúcar: $\frac{300}{5115} \cdot 100 = 5{,}87\ \%$.

4. Molaridad. Azúcar: $n = \frac{300\ \text{g}}{342\ \text{g/mol}} = 0{,}877\ \text{mol}$, $M = \frac{0{,}877\ \text{mol}}{5{,}0\ \text{L}} = 0{,}175\ \text{mol/L}$. Sal: $\frac{1{,}2\ \text{g/L}}{58{,}5\ \text{g/mol}} = 0{,}0205\ \text{mol/L}$, que equivale a $0{,}0205 \cdot 23{,}0 = 0{,}472\ \text{g/L}$ de sodio.

5. Concentrado y dilución. Se lleva una disolución de $300\ \text{g/L}$ de azúcar. Para 5,0 L de bebida a $60\ \text{g/L}$: $V_1 = \frac{c_2 V_2}{c_1} = \frac{60\ \text{g/L} \cdot 5{,}0\ \text{L}}{300\ \text{g/L}} = 1{,}0\ \text{L}$ de concentrado más $4{,}0\ \text{L}$ de agua.

6. Comprobación. $1{,}0\ \text{L} \cdot 300\ \text{g/L} = 300\ \text{g} = 5{,}0\ \text{L} \cdot 60\ \text{g/L}$: el azúcar no cambia al diluir. Los porcentajes (6,0 % m/V y 5,87 % m/m) son parecidos porque la densidad es próxima a 1 g/mL.

Fuente: Elaboración propia con los datos de F1. La densidad de la bebida es ilustrativa, $d = 1{,}023\ \text{g/mL}$ (valor tabulado para sacarosa al 6 % m/V).

¿Por qué el % m/V (6,0 %) y el % en masa (5,87 %) no coinciden exactamente? ¿Cuánto concentrado hace falta para 20 L de bebida?

F5 Protocolo: preparar y diluir una disolución de sal, y estudiar un gas

PROTOCOLO

Material y cantidades (por equipo): balanza de 0,1 g; 2 vasos de 250 mL; probeta de 100 mL; probeta de 25 mL; varilla; cuentagotas; 8 g de sal común; agua; colorante alimentario (5 gotas); papel de pesada; jeringa de 20 mL con tapón; ordenador con PhET «Propiedades de los gases».

Equipo de protección y riesgos: gafas de seguridad al manejar vidrio; riesgos: rotura de la probeta, derrames y resbalones. Precauciones: bandeja bajo el material, secar los derrames al instante, no probar ninguna disolución y no sellar la jeringa con calor ni forzarla.

Variables: independiente, masa de soluto y volumen de disolución; dependiente, concentración calculada (g/L, % m/V, % m/m, mol/L); controlada, temperatura del agua (ambiente).

Procedimiento A: disolución madre.

1. Tarad un vaso vacío y anotad su masa (m_{vaso}). Pesad en el papel **5,0 g** de sal y anotad la masa leída.
2. En el otro vaso, medid unos **70 mL** de agua con la probeta de 100 mL y añadid la sal. Removed con la varilla hasta que se disuelva. Añadid 5 gotas de colorante.
3. Verted la mezcla en la probeta de 100 mL, enjuagad el vaso con un poco de agua y añadid ese agua. **Enrasad a 100 mL** con el cuentagotas (ojo a la altura del menisco).
4. Verted la disolución en el vaso tarado y pesadlo: $m_{disol} = m_{vaso+disol} - m_{vaso}$. Calculad $d = m_{disol}/100\ \text{mL}$.

Procedimiento B: dilución.

1. Con la probeta de 25 mL, medid **20 mL** de la disolución madre y pasadlos a la probeta de 100 mL.
2. Enrasad a **100 mL** con agua y mezclad. Comparad el color con el de la disolución madre: debe ser unas 5 veces más claro.
3. Calculad la concentración teórica con $c_1 V_1 = c_2 V_2$ y su error con la regla de los errores relativos (suma de los de V_1, V_2 y c_1).

Procedimiento C: gases.

1. Jeringa: con 20 mL de aire y el tapón puesto (o el dedo), presionad el émbolo a mano hasta unos 12 mL y notad la resistencia. Soltadlo: vuelve cerca de 20 mL (no sobrepaséis lo que podáis hacer sin esfuerzo).
2. Simulación: abrid «Propiedades de los gases», añadid 100 partículas y fijad la **temperatura constante**. Mover la pared del recipiente cambia la anchura (proporcional al volumen). Anotad 5 pares de anchura y presión.
3. Con la anchura como volumen (unidades arbitrarias), comprobad si el producto $P \cdot V$ es constante.

Limpieza y residuos: vertida la disolución al desagüe con abundante agua; aclarad el material, secad la balanza y la mesa y devolved todo a su sitio. No se generan residuos peligrosos.

Resultado esperable: $d = 1{,}030$ a $1{,}036\ \text{g/mL}$; $c = 50 \pm 2\ \text{g/L}$ (balanza y probeta); tras diluir, $10 \pm 1\ \text{g/L}$; $P \cdot V$ constante con variaciones del orden del 5 % en la simulación.

Fuente: Protocolo de elaboración propia para material escolar de bajo riesgo; la parte de gases usa simulación y compresión a mano. Las normas del centro prevalecen sobre este documento.

¿Por qué hay que enrasar a 100 mL en la probeta y no añadir 100 mL de agua a la sal? ¿Qué error de lectura tiene la probeta?

F6 Datos de un equipo de prueba: preparación y dilución

DATOS

Medida	Valor	Resolución o error
Masa de NaCl pesada	5,0 g	0,1 g
Volumen final de la disolución madre	100 mL	1 mL
Masa del vaso vacío	52,3 g	0,1 g
Masa del vaso con la disolución	155,5 g	0,1 g
Volumen medido de la disolución madre para diluir	20 mL	1 mL (probeta de 25 mL)
Volumen final de la dilución	100 mL	1 mL

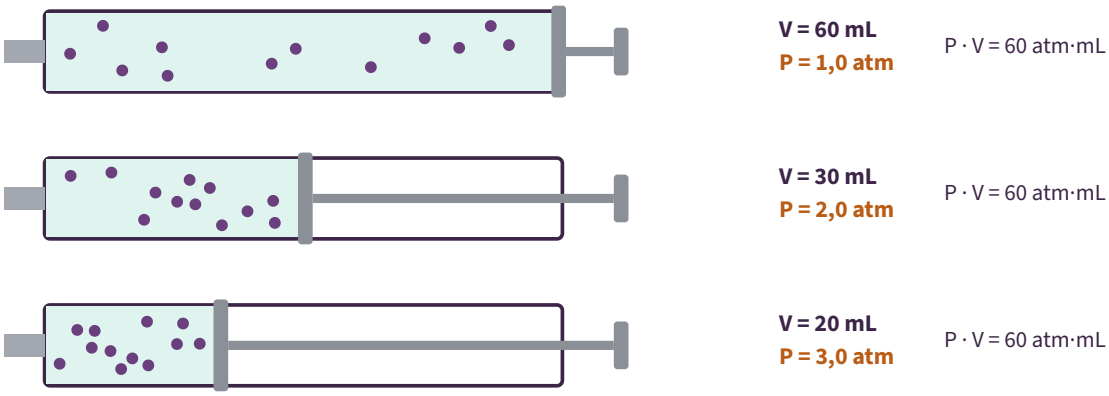
Para calcular: $m_{disol} = 155{,}5 - 52{,}3$ g; densidad $d = m_{disol}/V$; concentración $c = m/V$; error relativo de c = error relativo de m + error relativo de V. Para la dilución, $c_2 = \frac{c_1 V_1}{V_2}$ y sus tres errores relativos se suman.

Fuente: Datos ilustrativos, coherentes con el protocolo F5 (balanza de 0,1 g y probeta de 100 mL con resolución de 1 mL).

Calcula en la Ficha 5 la concentración con su error y comprueba si el valor teórico (50 g/L) cae en tu intervalo.

F7 Gas en una jeringa: la presión sube al reducir el volumen

ESQUEMA



Misma cantidad de gas (12 partículas) y misma temperatura (constante).
Menos volumen → las partículas chocan más veces por segundo con las paredes → mayor presión.

Fuente: Esquema de elaboración propia con cantidad de gas y temperatura constantes (ley de Boyle). Las partículas se han dibujado en el mismo número en las tres jeringas.

¿Qué cambia entre las tres jeringas y qué se mantiene? ¿Por qué el producto P·V es el mismo?

F8 Leyes de los gases: cuadro de fórmulas y ejemplo resuelto

TEXTO

Unidades. $T\,(\mathrm{K}) = t\,(^\circ\mathrm{C}) + 273$. Presión: $1\ \mathrm{atm} = 101\,325\ \mathrm{Pa} = 760\ \mathrm{mmHg}$. Volumen: $1\ \mathrm{L} = 1000\ \mathrm{mL}$. La temperatura **nunca** se usa en °C en estas leyes.

- **Boyle** (T constante): $P_1V_1 = P_2V_2$. P y V son inversamente proporcionales.
- **Gay-Lussac** (V constante): $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$. P y T son directamente proporcionales.
- **Charles** (P constante): $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$. V y T son directamente proporcionales.
- **Ley combinada** (cantidad de gas constante): $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$.

Ejemplo resuelto (globo de F1). Datos: $V_1 = 5{,}0\ \mathrm{L}$, $P_1 = 0{,}92\ \mathrm{atm}$, $t_1 = 20\ ^\circ\mathrm{C}$; $P_2 = 0{,}80\ \mathrm{atm}$, $t_2 = 8\ ^\circ\mathrm{C}$. Incógnita: V_2.

1. Temperaturas en kelvin: $T_1 = 20 + 273 = 293\ \mathrm{K}$; $T_2 = 8 + 273 = 281\ \mathrm{K}$.
2. Ley combinada: $V_2 = \frac{P_1V_1T_2}{P_2T_1}$.
3. Sustituyendo: $V_2 = \frac{0{,}92\ \mathrm{atm}\cdot 5{,}0\ \mathrm{L}\cdot 281\ \mathrm{K}}{0{,}80\ \mathrm{atm}\cdot 293\ \mathrm{K}} = 5{,}5\ \mathrm{L}$.
4. Comprobación: la presión baja (0,92 → 0,80, el globo se expande) y la temperatura baja (293 → 281 K, el globo se contrae); gana el efecto de la presión, así que $V_2 > V_1$. Resultado coherente.

Fuente: Elaboración propia. Las leyes son válidas para una cantidad fija de gas, con T en kelvin y P absoluta.

Resuelve el mismo problema usando 20 y 8 en lugar de 293 y 281. ¿Qué volumen sale y por qué está mal?

F9 Datos de gases: dos series experimentales

DATOS

Serie	Volumen V	Temperatura T (K)	Presión P (atm)
A · Boyle (T constante)	60 mL	293	1,00
A · Boyle (T constante)	50 mL	293	1,19
A · Boyle (T constante)	40 mL	293	1,51
A · Boyle (T constante)	30 mL	293	2,02
A · Boyle (T constante)	24 mL	293	2,48
A · Boyle (T constante)	20 mL	293	3,03
B · Gay-Lussac (V constante)	100 mL	273	1,00
B · Gay-Lussac (V constante)	100 mL	293	1,07
B · Gay-Lussac (V constante)	100 mL	313	1,15
B · Gay-Lussac (V constante)	100 mL	333	1,22
B · Gay-Lussac (V constante)	100 mL	353	1,29
B · Gay-Lussac (V constante)	100 mL	373	1,37

Incertidumbre de las lecturas: ±0,02 atm en la presión y ±0,5 mL en el volumen. Los datos se representan en F10.

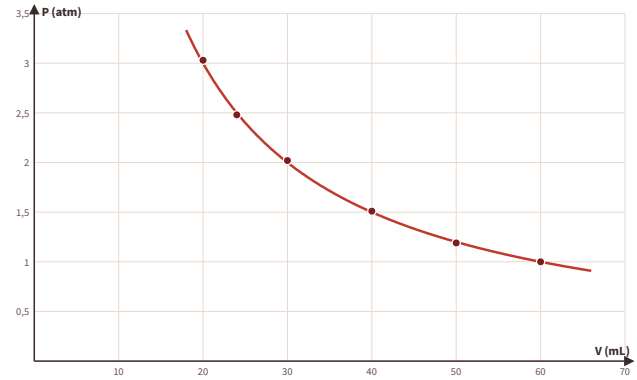
Fuente: Datos ilustrativos obtenidos con sensores de presión escolares en jeringa (serie A) y en un recipiente rígido sellado y termostatado (serie B). Presión absoluta en atm.

Calcula en la Ficha 5 el producto P·V de la serie A y el cociente P/T de la serie B. ¿Se mantienen constantes?

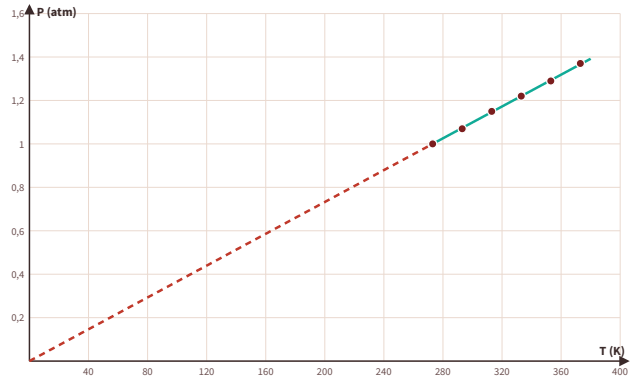
F10 Gráficas de las dos series de gases

GRÁFICO

SERIE A: P FRENTE A V (T = 293 K)



SERIE B: P FRENTE A T (V = 100 ML)



La serie A es una **hipérbola**: al reducir el volumen a la tercera parte, la presión se triplica ($PV \approx 60\ \text{atm} \cdot \text{mL}$). La serie B es una **recta que pasa por el origen** si T está en kelvin: la línea discontinua es la extrapolación hasta $P = 0$, que ocurriría a $T = 0\ \text{K}$ ($-273\ ^\circ\text{C}$).

Fuente: Gráficas de elaboración propia con los datos de F9. Las líneas son el modelo ($P = 60/V$ y $P = T/273$); los puntos, las medidas.

¿Qué gráfica sería una recta si dibujaras P frente a 1/V? ¿Qué significa que la recta de la serie B pase por el origen?

ANEXO 3

Fichas de actividades del alumnado

SdA 2 · Gases y disoluciones: materia que responde

ALUMNADO

FICHA 1 El reto de la Carrera del Puerto: diagnóstico y predicción

Sesión 1

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Lee F1. Responde primero el diagnóstico de forma individual y después discutid las predicciones en equipo.

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

20 g de azúcar disueltos en 0,5 L de disolución dan una concentración de…

☐ 10 g/L ☐ 40 g/L ☐ 20 g/L

Al añadir agua a una disolución, la cantidad de soluto…

☐ disminuye ☐ aumenta ☐ no cambia

Si un gas encerrado en un recipiente rígido se calienta, su presión…

☐ aumenta ☐ disminuye ☐ no cambia

25 °C equivalen a…

☐ 25 K ☐ 298 K ☐ -248 K

2 **Comparación de concentraciones. ¿Qué disolución está más concentrada: A (30 g de sal en 250 mL) o B (50 g de sal en 500 mL)? Calcula ambas en g/L y justifica.**

3 **Predicción con F1. El globo sube de 0,92 a 0,80 atm y de 20 °C a 8 °C. ¿Su volumen será mayor, menor o igual que 5,0 L? Argumenta con las dos variables y estima un valor.**

FICHA 2 Concentraciones y primeras leyes

Sesión 2

Usa F2 (fórmulas y masas molares), F4 (ejemplo resuelto) y F8 (leyes de gases).

1 **Completa la tabla de concentraciones (usa las densidades indicadas y las masas molares de F2).**

Disolución	g/L	% m/V	% masa	mol/L
NaCl: 5,0 g en 100 mL, d = 1,033 g/mL				
Sacarosa: 60 g en 1,0 L, d = 1,023 g/mL				
Glucosa: 12,5 g en 250 mL, d = 1,02 g/mL				

2 **Dilución.** (a) Se toman 20 mL de una disolución de 50 g/L y se llevan a 100 mL: ¿cuál es la nueva concentración? (b) ¿Qué volumen de concentrado de 300 g/L hay que usar para obtener 2,0 L de bebida de 60 g/L?

3 **Un vino tiene 12,5 % vol. ¿Cuántos mL de alcohol hay en una botella de 750 mL? ¿Y cuántos gramos (densidad del etanol 0,79 g/mL)?**

4 **Con F8, ¿qué ley de los gases explica que una jeringa cerrada se comprima al empujar? ¿Cuál que una pelota se «ablande» en una nevera? Escribe la relación entre las variables en cada una.**

FICHA 3 Plan de preparación y problemas de gases

Sesión 3

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Consulta F3, F4 y F8. Recuerda: temperatura en kelvin.

1 **Plan de preparación. Queréis preparar 250 mL de una disolución de NaCl de 8,0 g/L. Completa el plan con cálculos.**

Apartado	Mi plan
Masa de NaCl que hay que pesar (con operación)	
Material (balanza, vaso, probeta…) y su resolución	
Pasos numerados	
Error esperable de la concentración (suma de errores relativos)	
Precauciones de seguridad y residuos	

2 **Resuelve (plantea la ley, pasa a K y a L, calcula y comprueba).**

Problema	Ley y planteamiento	Resultado
Jeringa: 50 mL de aire a 1,0 atm se comprimen hasta 20 mL (T constante). ¿Presión final?		
Recipiente rígido con aire a 3,0 atm y 15 °C. Se calienta hasta 45 °C. ¿Presión final?		
Globo de 2,00 L a 27 °C se calienta a 87 °C a presión constante. ¿Volumen final?		
Globo de F1: comprueba V_2 con 0,92 atm, 20 °C → 0,80 atm, 8 °C		

3 **La botella de F1 se cierra en el puerto con aire a 0,80 atm y 8 °C. En el pueblo hay 0,92 atm y 20 °C. Sin hacer el cálculo, ¿esperas que su volumen sea mayor o menor? Explica con el modelo de partículas.**

FICHA 4 En el laboratorio: disolución y gases

Sesión 4

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Sigue el protocolo F5. Si no hay laboratorio, usa los datos de F6 para la parte A y la simulación o F9 para la parte C.

1 Lista de seguridad (marcad antes de empezar).

- [ ] Llevamos gafas y el material de vidrio está sobre una bandeja
- [ ] La mesa y la balanza están secas y limpias
- [ ] Los roles están repartidos (balanza, probeta, secretario, seguridad)
- [ ] Ninguna disolución se prueba ni se bebe
- [ ] La jeringa se comprime solo a mano y sin forzar
- [ ] Sabemos cómo se vierte la disolución y se limpia el puesto

2 Parte A y B: registrad la preparación y la dilución.

Medida	Valor	Error o resolución
Masa de NaCl pesada (g)		
Volumen de la disolución madre (mL)		
Masa del vaso vacío (g)		
Masa del vaso con la disolución (g)		
Volumen tomado para diluir (mL)		
Volumen final de la dilución (mL)		

3 Parte C: simulación de gases a temperatura constante. Anotad 5 pares.

Medida	Anchura o volumen (V)	Presión (P)	P · V
1			
2			
3			
4			
5			

FICHA 5 Tratamos los datos y comparamos con las predicciones

Sesión 5

Trabaja con tus datos de la ficha 4 o con F6 y F9. Compara con F10 al final.

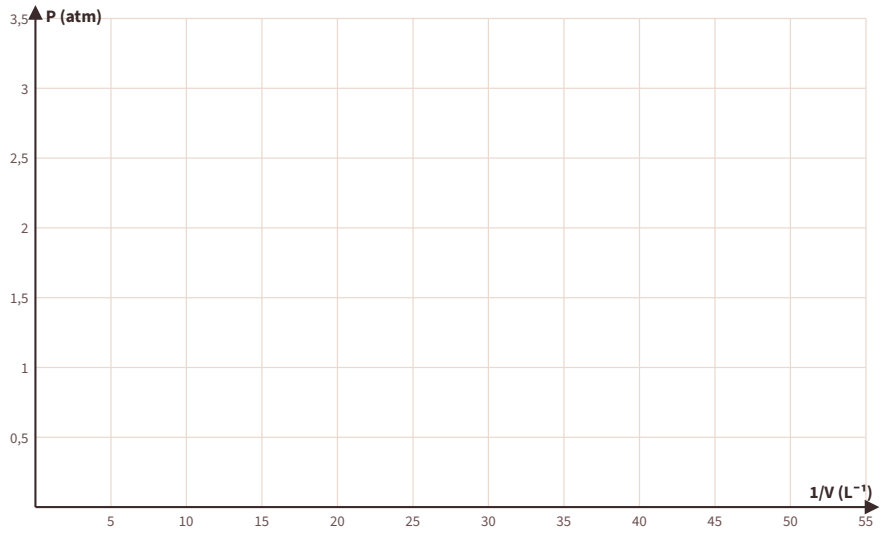
1 **Con los datos de F6 (o los tuyos) calcula la masa de la disolución, la densidad, la concentración con su error y los % y mol/L. ¿Contiene tu intervalo el valor teórico de 50 g/L?**

2 **Dilución: calcula la concentración teórica con $c_1V_1 = c_2V_2$ con su error relativo (suma de los tres errores relativos). Compara con el color observado.**

3 **Con F9 (serie A) completa la tabla y representa P frente a $1/V$ (V en litros). Traza la recta de ajuste.**

V (mL)	V (L)	1/V (L^{-1})	P (atm)	P · V (atm·L)
60	0,060			
50	0,050			
40	0,040			
30	0,030			
24	0,024			
20	0,020			

4 **Dibuja la gráfica P frente a $1/V$ y la recta de ajuste que pasa por el origen. ¿Qué vale la pendiente y qué representa?**



5 **Serie B (F9): calcula P/T para cada punto, comprueba que es casi constante y extrapola la recta hasta $P = 0$. ¿Qué temperatura obtienes? Compárala con $-273\ ^\circ\mathrm{C}$.**

FICHA 6 Revisamos el dossier y los errores de cálculo

Sesión 6

Redactad el borrador en la plantilla del Anexo 4. Después intercambiadlo con otro equipo.

1 **Revisión cruzada del dossier del otro equipo. Marcad lo que cumple.**

- ☐ Todas las concentraciones tienen fórmula, unidades y la conversión correcta
- ☐ El plan de preparación indica masa, volumen, instrumentos y resolución
- ☐ La dilución usa $c_1V_1 = c_2V_2$ con las mismas unidades
- ☐ La concentración obtenida lleva error y se compara con la teórica
- ☐ En las leyes de gases la temperatura está en kelvin
- ☐ Las gráficas tienen ejes rotulados con unidad y recta o curva de ajuste
- ☐ Hay comprobación del orden de magnitud en cada problema
- ☐ Se explican los límites (gas ideal, T constante, errores de medida)
- ☐ El dossier se entiende sin preguntas

2 Corrige estas dos resoluciones: (a) «1,0 L de aire a 20 °C se calienta a 40 °C a presión constante: $V_2 = 1{,}0 \cdot 40/20 = 2{,}0$ L». (b) «Se disuelven 10 g de sal en 100 mL de agua, así que c = 10 g/0,100 L = 100 g/L». Señala el error y da el resultado correcto (en (b) el volumen final de la disolución es 104 mL).

3 Escribid dos propuestas de mejora concretas para el dossier del otro equipo y una para el vuestro.

FICHA 7 Evidencia individual: suero, botella y datos nuevos

Sesión 7

Trabajo individual. Aplica todo lo aprendido a casos nuevos; consulta F2 y F8.

1 Suero fisiológico: 0,9 % m/V de NaCl. (a) ¿Cuántos gramos de sal hay en 500 mL? (b) Expresa su concentración en g/L y en mol/L. (c) ¿Qué volumen de una disolución de 90 g/L hay que diluir para obtener esos 500 mL?

2 Una botella de 1,0 L se cierra a 2000 m (0,78 atm y 5 °C) y baja a nivel del mar (1,00 atm y 25 °C). Calcula su volumen final y explica por qué se arruga.

3 Con estos datos de un recipiente de volumen constante, decide qué ley se cumple y calcula la presión a 400 K: (250 K, 0,83 atm), (300 K, 1,00 atm), (350 K, 1,17 atm).

ANEXO 4

Plantilla del producto final

SdA 2 · Gases y disoluciones: materia que responde

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Dossier cuantitativo del equipo para la Carrera del Puerto. Todos los cálculos con fórmula, unidades y comprobación.

Tabla de concentraciones de la bebida

g/L, % m/V, % masa y mol/L del azúcar y la sal (F4).

Plan de preparación y dilución

Masa, volumen, instrumentos, concentrado y agua.

Datos de la práctica y error

Masa, volumen, densidad, concentración con error y comparación con la teórica.

Esquema de la preparación y modelo de partículas

Dibuja vaso, probeta y partículas antes y después de diluir.

Gas: datos y gráfica

P frente a 1/V (o P frente a T) con ejes rotulados y ajuste.

Problemas del globo y la botella

Ley, planteamiento en kelvin, resultado y comprobación.

Límites y errores

Gas ideal, temperatura constante, errores de medida y mejoras.

Conclusión para la organización

Cuánto concentrado y agua llevar; qué volumen tendrá el globo; por qué se arrugan las botellas.

ANEXO 5

Lista de cotejo para el proceso y la entrega

SdA 2 · Gases y disoluciones: materia que responde

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Antes de entregar **Dossier cuantitativo de sistemas materiales**, comprueba cada punto y marca la casilla. Si alguno falla, todavía estás a tiempo de mejorarlo.

Contenido del producto

- [ ] Todas las concentraciones (g/L, % m/V, % masa, mol/L) tienen fórmula, sustitución, resultado y unidad.
- [ ] Se usa la masa molar y la densidad correctas y se comprueba la coherencia entre las expresiones.
- [ ] El plan de preparación indica masa, volumen final, instrumentos y su resolución.
- [ ] La dilución usa $c_1V_1 = c_2V_2$ con unidades homogéneas y se comprueba que el soluto se conserva.
- [ ] La concentración experimental lleva error estimado y se compara con el valor teórico.
- [ ] Las leyes de los gases se resuelven con la temperatura en kelvin y la presión absoluta.
- [ ] La gráfica (P-$1/V$ o P-T) tiene ejes con magnitud y unidad, escala adecuada y recta de ajuste.
- [ ] Cada resultado se comprueba (orden de magnitud o sentido físico) y se explica con el modelo de partículas.
- [ ] Se señalan límites del modelo y errores de medida y se proponen mejoras.
- [ ] Se cumplió la lista de seguridad, el vertido fue correcto y el puesto quedó recogido.

Calidad y rigor

- [ ] He usado el vocabulario científico y los símbolos correctos (magnitudes, unidades del SI, fórmulas).
- [ ] He apoyado mis conclusiones con datos, medidas, cálculos o modelos, y he indicado sus límites.
- [ ] He escrito cada resultado con su unidad y he comprobado si su orden de magnitud es razonable.
- [ ] He citado o identificado todas las fuentes de datos utilizadas.
- [ ] He revisado la ortografía, la presentación y el orden del producto, e incorporado las mejoras de la coevaluación.

Lo que más me ha costado

Firma del equipo / fecha de entrega

ANEXO 6

Rúbrica imprimible

SdA 2 · Gases y disoluciones: materia que responde

ALUMNADO · DOCENTE

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Rúbrica para valorar **Dossier cuantitativo de sistemas materiales**. Marca el nivel alcanzado en cada indicador.

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial	Nivel
Comprensión científica	Explica con el modelo de partículas la concentración, la dilución y las leyes de los gases, relaciona las gráficas con las leyes y reconoce los límites (gas ideal, temperatura constante, soluto no volátil).	Explica correctamente concentración y leyes de los gases con el modelo de partículas, con alguna imprecisión en los límites.	Explica solo una parte (concentración o gases) o recita fórmulas sin interpretar su significado.	Confunde cantidad de soluto con concentración o presión con temperatura.	
Datos y resolución	Plantea cada problema con la fórmula y las unidades, convierte a kelvin y litros, calcula correctamente, comprueba el orden de magnitud y representa la gráfica con escala y ajuste.	Procedimiento correcto con algún fallo menor de unidades, cifras significativas o gráfica.	Aplica la fórmula pero olvida la temperatura en kelvin o las conversiones; resultados con errores.	No hay estrategia válida o los resultados no llevan unidades.	
Investigación	Predice, prepara y diluye la disolución con el material adecuado, estima el error de la concentración, obtiene constantes de las gráficas y concluye con proporcionalidad a los datos.	Diseño y conclusiones adecuados con una estimación del error incompleta.	Datos insuficientes o sin contraste con la predicción.	No distingue dato, cálculo y conclusión.	
Seguridad y lenguaje	Cumple con autonomía las normas (gafas, bandeja, derrames, vertido) y usa magnitudes, símbolos y vocabulario científico con precisión.	Cumple las normas con fallos menores; lenguaje correcto en lo esencial.	Necesita recordatorios de seguridad o mezcla símbolos y unidades.	Incumple normas de seguridad o comunica sin unidades.	
Revisión y cooperación	Cumple su rol, revisa el dossier ajeno con criterios y evidencias y corrige los errores detectados en su propio trabajo.	Cumple su rol y revisa con alguna propuesta útil.	Participa de forma irregular; revisión superficial.	No asume su rol ni revisa.	

Observaciones del docente

Valoración global

ANEXO 7

Autoevaluación y coevaluación

SdA 2 · Gases y disoluciones: materia que responde

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Parte 1 · Autoevaluación

Afirmación	Aún no	Con ayuda	Bien	Muy bien
Sé pasar de g/L a % m/V, % en masa y mol/L, y diluir una disolución con $c_1V_1 = c_2V_2$.	◯	◯	◯	◯
Sé elegir la ley de los gases adecuada, pasar la temperatura a kelvin y comprobar si el resultado tiene sentido.	◯	◯	◯	◯
He cumplido mi rol y mis tareas dentro del equipo.	◯	◯	◯	◯
He escuchado y tenido en cuenta las ideas de los demás.	◯	◯	◯	◯
He usado fuentes y evidencias para justificar mis ideas.	◯	◯	◯	◯
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

Material de apoyo y refuerzo

SdA 2 · Gases y disoluciones: materia que responde

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Material de apoyo con ejemplos modelados, datos ya dados y problemas de un solo paso.

Concentración en tres pasos

1. **Anota** la masa de soluto (g) y el volumen de **disolución** (L). Ejemplo: 9,0 g de sal en 500 mL.
2. **Convierte** mL a L: 500 mL = 0,500 L.
3. **Divide:** $c = \frac{9{,}0\ \text{g}}{0{,}500\ \text{L}} = 18\ \text{g/L}$. Para % m/V: 18 g/L = 1,8 g/100 mL = 1,8 %. Para mol/L: $\frac{18}{58{,}5} = 0{,}31\ \text{mol/L}$.

Ley de los gases en cuatro pasos

1. **Qué se mantiene constante:** T (Boyle), V (Gay-Lussac), P (Charles).
2. **Pasa la temperatura a kelvin:** $T = t + 273$. Ejemplo: 27 °C = 300 K.
3. **Escribe la ley y despeja:** Boyle, $P_2 = \frac{P_1 V_1}{V_2}$.
4. **Comprueba:** si el volumen baja, la presión tiene que subir. Ejemplo: $\frac{1{,}0 \cdot 30}{10} = 3{,}0\ \text{atm}$.

1 **Calcula la concentración en g/L y en % m/V: 12 g de azúcar en 200 mL de disolución.**

2 **Calcula los mol/L de una disolución de 29,25 g de NaCl en 1,0 L ($M_m = 58{,}5\ \text{g/mol}$).**

3 **Una disolución de 40 g/L se diluye de 25 mL a 100 mL. ¿Cuál es la nueva concentración?**

4 **Pasa a kelvin: 0 °C, 20 °C, 100 °C.**

0 °C = _____ K

20 °C = _____ K

100 °C = _____ K

5 **Un gas a 2,0 atm ocupa 6,0 L. Si T es constante y el volumen pasa a 3,0 L, ¿cuál es la presión?**

ANEXO 9

Actividad de ampliación

SdA 2 · Gases y disoluciones: materia que responde

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

El gas disuelto: ¿por qué el refresco caliente pierde el gas?

La solubilidad de un gas **disminuye al subir la temperatura**. Con datos de F9, la ecuación de los gases ideales $PV = nRT$ ($R = 0{,}082\ \text{atm} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$) y esta tabla de solubilidad del CO_2 en agua a 1 atm: **3,35 g/L a 0 °C, 1,69 g/L a 20 °C y 0,97 g/L a 40 °C**, vas a unir disoluciones y gases en un mismo problema.

Pasos

1. Dibuja la solubilidad (g/L) frente a la temperatura (°C) con los tres datos y describe la tendencia. ¿Es lineal?
2. Calcula los moles de CO_2 que se liberan por cada litro de agua al calentarla de 20 °C a 40 °C ($M_m = 44\ \text{g/mol}$).
3. Con $PV = nRT$ y $P = 1{,}0\ \text{atm}$, calcula el volumen de gas liberado a 40 °C (313 K).
4. Calcula con la misma ecuación los moles de aire de un globo de 5,0 L a 0,92 atm y 293 K (F1) y compara con el CO_2 liberado.

Entrega

Una página con la gráfica de solubilidad, los cálculos con unidades, la comparación de los volúmenes y una explicación con el modelo de partículas de por qué el refresco caliente «pierde el gas».

ANEXO 10

Guía docente de respuestas y orientaciones

SdA 2 · Gases y disoluciones: materia que responde

DOCENTE

Ficha 1

1. Diagnóstico: 40 g/L ($20/0{,}5$); no cambia; aumenta; 298 K.
2. A: 30 g / 0,250 L = 120 g/L. B: 50 g / 0,500 L = 100 g/L. Está más concentrada A, aunque contenga menos sal en total: la concentración es la cantidad de soluto por litro.
3. Predicción: respuesta abierta. Argumento esperado: menos presión → el globo se expande; menos temperatura → se contrae. Resultado: $V_2 = 5{,}5$ L. Se aceptan predicciones cualitativas razonadas «mayor que 5,0 L» o «parecido».

Ficha 2

1. NaCl: 50 g/L; 5,0 %; 5,0/(1,033·100)·100 = 4,84 %; 50/58,5 = 0,855 mol/L. Sacarosa: 60 g/L; 6,0 %; 60/(1,023·1000)·100 = 5,87 %; 60/342 = 0,175 mol/L. Glucosa: 12,5/0,250 = 50 g/L; 5,0 %; 12,5/(1,02·250)·100 = 4,90 %; 50/180 = 0,278 mol/L.
2. (a) $c_2 = 50 \cdot 20/100 = 10\ \mathrm{g/L}$. (b) $V_1 = 60 \cdot 2{,}0/300 = 0{,}40\ \mathrm{L} = 400\ \mathrm{mL}$ de concentrado y 1,6 L de agua.
3. Alcohol: $0{,}125 \cdot 750 = 93{,}75 \approx 94\ \mathrm{mL}$; masa: $93{,}75 \cdot 0{,}79 = 74\ \mathrm{g}$.
4. Jeringa: Boyle (T constante, P y V inversamente proporcionales; al reducir V, P aumenta). Pelota en la nevera: Charles/Gay-Lussac (al bajar T, el gas se contrae o su presión baja; V/T o P/T constante).

Ficha 3

1. Plan: masa = $8{,}0\ \mathrm{g/L} \cdot 0{,}250\ \mathrm{L} = 2{,}0\ \mathrm{g}$. Balanza 0,1 g (error relativo 5 % con 2,0 g si ±0,1 g), probeta de 250 mL o de 100 mL (resolución 1 mL). Pasos: pesar 2,0 g, disolver en unos 150 mL, pasar a probeta, enrasar a 250 mL. Error de concentración ≈ 5 % + 0,4 % ≈ 5 %, es decir, 8,0 ± 0,4 g/L. Seguridad: gafas y bandeja; vertido al desagüe.
2. Boyle: $P_2 = 1{,}0 \cdot 50/20 = 2{,}5\ \mathrm{atm}$. Gay-Lussac: $T_1 = 288\ \mathrm{K}$, $T_2 = 318\ \mathrm{K}$, $P_2 = 3{,}0 \cdot 318/288 = 3{,}3\ \mathrm{atm}$. Charles: $T_1 = 300\ \mathrm{K}$, $T_2 = 360\ \mathrm{K}$, $V_2 = 2{,}00 \cdot 360/300 = 2{,}40\ \mathrm{L}$. Globo: $V_2 = 0{,}92 \cdot 5{,}0 \cdot 281/(0{,}80 \cdot 293) = 5{,}5\ \mathrm{L}$.
3. La botella: el volumen será menor en el pueblo, ya que aumentan P (0,80 → 0,92 atm) y T (8 → 20 °C): la presión externa mayor comprime y el aumento de T lo compensa solo en parte. Cálculo: $V_2/V_1 = (0{,}80 \cdot 293)/(0{,}92 \cdot 281) = 0{,}907$, es decir, la botella pierde un 9 % de volumen y se arruga. Con el modelo de partículas: la presión del aire exterior es mayor que la interior y empuja las paredes.

Ficha 4

1. Lista de seguridad: deben marcarse todas las casillas antes de empezar.
2. Registro: 5,0 g (±0,1); 100 mL (±1); 52,3 g; 155,5 g; 20 mL (±1); 100 mL (±1). Valores esperables con tus propios datos: masa de disolución 103 g (103,0 a 103,6 g); $d \approx 1{,}030$-$1{,}036\ \mathrm{g/mL}$.
3. Simulación: $P \cdot V$ debe ser constante con variaciones inferiores al 5 %. Se admiten otras unidades de V si las muestran. Compresión de la jeringa: el émbolo vuelve cerca de su posición inicial.

Ficha 5

1. Datos de F6: $m_{disol} = 155{,}5 - 52{,}3 = 103{,}2$ g; $d = 103{,}2/100 = 1{,}032$ g/mL. $c = 5{,}0/0{,}100 = 50$ g/L; error relativo $0{,}1/5{,}0 + 1/100 = 0{,}02 + 0{,}01 = 0{,}03$ (3 %), $\Delta c = 1{,}5$ g/L. Resultado: $c = (50 \pm 2)$ g/L (intervalo de 48 a 52). % m/V = 5,0 %; % masa $= 5{,}0/103{,}2 \cdot 100 = 4{,}84$ %; $M = 50/58{,}5 = 0{,}855$ mol/L. El valor teórico (50) está dentro del intervalo.
2. Dilución: $c_2 = 50 \cdot 20/100 = 10$ g/L; error relativo $3\ \% + 1/20 + 1/100 = 3 + 5 + 1 = 9$ %, $\Delta c_2 = 0{,}9$ g/L: $c_2 = (10{,}0 \pm 0{,}9)$ g/L. El color debe ser unas 5 veces más claro.
3. Tabla serie A: $1/V$ = 16,7; 20,0; 25,0; 33,3; 41,7; 50,0 L^{-1}; $P \cdot V$ = 60,0; 59,5; 60,4; 60,6; 59,5; 60,6 atm·mL = 0,0600; 0,0595; 0,0604; 0,0606; 0,0595; 0,0606 atm·L (media 0,0601). Con V en litros, la pendiente de P-$1/V$ es $k = PV \approx 0{,}060$ atm · L: recta por el origen (P inversamente proporcional a V).
4. Serie B: P/T = 0,003663; 0,003652; 0,003674; 0,003664; 0,003654; 0,003668 atm/K (media $3{,}66 \cdot 10^{-3}$): constante. Extrapolando, $P = 0$ para $T = 0$ K $= -273$ °C. Se acepta un valor entre −250 y −290 °C leído en la gráfica.

Ficha 6

1. Revisión: respuesta abierta; las propuestas deben ser concretas («poner la unidad de c en cada resultado», «pasar los °C a K antes de sustituir»).
2. (a) Error: se usan grados Celsius en la ley de Charles. Correcto: $T_1 = 293$ K, $T_2 = 313$ K, $V_2 = 1{,}0 \cdot 313/293 = 1{,}07$ L (aumenta un 7 %, no se duplica). (b) Error: el volumen de la disolución no es el del agua; con 104 mL, $c = 10/0{,}104 = 96$ g/L (el 4 % de diferencia con el enunciado). La confusión habitual es dividir por el volumen de disolvente.
3. Mejoras: respuestas abiertas; deben ser concretas y relacionadas con unidades, kelvin o comprobaciones.

Ficha 7

1. Suero: (a) $0{,}9\ \% \cdot 500$ mL $= 4{,}5$ g. (b) 9,0 g/L; $9{,}0/58{,}5 = 0{,}154$ mol/L. (c) $V_1 = c_2 V_2 / c_1 = 9{,}0 \cdot 500/90 = 50$ mL de concentrado más 450 mL de agua.
2. Botella: $T_1 = 278$ K, $T_2 = 298$ K; $V_2 = 1{,}0 \cdot 0{,}78 \cdot 298/(1{,}00 \cdot 278) = 0{,}84$ L. Se arruga porque a mayor presión exterior (1,00 atm frente a 0,78) el volumen disminuye, aunque el aumento de temperatura compense parte del efecto.
3. Datos: P/T = 0,83/250 = 0,00332; 1,00/300 = 0,00333; 1,17/350 = 0,00334 atm/K: constante, Gay-Lussac. A 400 K: $P = 0{,}00333 \cdot 400 = 1{,}33$ atm.

Refuerzo (Anexo 8)

1. 12 g / 0,200 L = 60 g/L; % m/V = 6,0 %.
2. 29,25 g / 58,5 g/mol = 0,50 mol en 1,0 L: 0,50 mol/L.
3. $c_2 = 40 \cdot 25/100 = 10$ g/L.
4. 273 K, 293 K, 373 K.
5. $P_2 = 2{,}0 \cdot 6{,}0/3{,}0 = 4{,}0$ atm.

Ampliación (Anexo 9)

1. Solubilidad frente a T: curva decreciente (3,35; 1,69; 0,97 g/L); no es lineal (baja 1,66 g/L entre 0 y 20 °C y 0,72 g/L entre 20 y 40 °C).
2. Liberado de 20 a 40 °C: $1{,}69 - 0{,}97 = 0{,}72$ g/L; $n = 0{,}72/44 = 0{,}0164$ mol por litro de agua.
3. $V = nRT/P = 0{,}0164 \cdot 0{,}082 \cdot 313/1{,}0 = 0{,}42$ L de CO_2 por litro de agua (a 1 atm: el refresco real tiene más CO_2 porque está a mayor presión).
4. Globo: $n = PV/(RT) = 0{,}92 \cdot 5{,}0/(0{,}082 \cdot 293) = 0{,}19$ mol de aire (masa ≈ 5,6 g con $M_m \approx 29$ g/mol). El CO_2 liberado (0,016 mol) es 12 veces menor.

⚠ Errores frecuentes

- Usar la temperatura en grados Celsius en las leyes de los gases en lugar de en kelvin.
- Dividir la masa de soluto entre el volumen de disolvente (o de agua añadida) en lugar del volumen de disolución.
- Mezclar mL con L, o g con kg, y olvidar la unidad en el resultado.
- Confundir % m/V con % en masa (distinguir con la densidad) y % en volumen con % en masa.
- En la dilución, usar volúmenes en unidades distintas a ambos lados de $c_1 V_1 = c_2 V_2$ o pensar que al diluir cambia la cantidad de soluto.
- Aplicar una ley con otra variable constante: Boyle con T distinta, o Gay-Lussac con volumen que cambia.

⚖ Criterios para valorar respuestas abiertas

- Se valora que el alumno elija la ley según lo que se mantiene constante, pase a kelvin y compruebe el sentido físico del resultado.
- Rangos plausibles de la práctica: d entre 1,030 y 1,036 g/mL; c de la disolución madre dentro de 50 ± 3 g/L; $P \cdot V$ de la simulación constante con una variación inferior al 5 %.
- Se acepta cualquier valor M_m redondeado de los datos de F2 (NaCl 58,5 o 58,4 g/mol) siempre que se use de forma coherente.
- Seguridad: gafas y bandeja con material de vidrio; la jeringa se comprime solo a mano; no se calientan ni presurizan recipientes.

03

SITUACIÓN DE APRENDIZAJE

Del átomo a la tabla periódica

PREGUNTA GUÍA

¿Cómo conectan los modelos atómicos y la configuración electrónica con la tabla periódica?

CURSO 4.º ESO	SESIONES 7 sesiones	BLOQUES DE SABERES A · B
COMPETENCIAS ESPECÍFICAS CE1, CE3, CE6	PRODUCTO FINAL Mapa de modelos, configuración y periodicidad	CRITERIOS DE EVALUACIÓN 1.1, 1.2, 3.1, 3.2, 6.1

Contexto, reto y producto

Para la Semana de la Ciencia, el instituto prepara en el pasillo un mural de cuatro metros titulado **«De la bola de Dalton a la tabla periódica»**. Falta lo más difícil: que quien lo lea entienda por qué el átomo ya no se dibuja como una bola maciza, por qué el sodio y el potasio se parecen tanto y por qué la tabla periódica tiene esa forma de escalera. Para animar a los visitantes, el mural incluye el juego **«¿Quién es el elemento misterioso?»**: cada tarjeta da pistas (número de protones, configuración electrónica, periodo, grupo, tendencia de una propiedad) y hay que identificar el elemento y su lugar en la tabla.

Esta situación convierte al alumnado en el **equipo de comisarios científicos** del mural. Revisa los modelos atómicos (Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr y el modelo cuántico) con las evidencias que obligaron a cambiarlos, describe las partículas subatómicas y calcula protones, neutrones y electrones de átomos, isótopos e iones, escribe configuraciones electrónicas por niveles y subniveles y las relaciona con el periodo, el grupo y las propiedades periódicas (radio, energía de ionización y electronegatividad) que lee en gráficas. Por el camino, recupera el papel de científicas como Marie Curie, Lise Meitner y Cecilia Payne y de científicos como los hermanos Elhuyar en la historia del átomo. El producto es un **mapa** que une modelos, configuración y periodicidad.

Reto

Elaborar el mapa del mural que conecta los modelos atómicos con la configuración electrónica y la posición en la tabla periódica, justificando con datos (experimentos, espectros y propiedades periódicas) por qué cada modelo sustituyó al anterior y resolviendo los elementos misteriosos.

Producto final

Mapa de modelos, configuración y periodicidad.

Vinculación curricular

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS MOVILIZADAS

CE1

Comprender y explicar los fenómenos fisicoquímicos del entorno con leyes y teorías, y resolver problemas para mejorar la realidad cercana.

CE3

Manejar con soltura las normas de la física y la química: lenguaje IUPAC, lenguaje matemático, unidades, seguridad en el laboratorio y datos en distintos formatos.

CE6 Valorar la ciencia como construcción colectiva, en continuo cambio, en interacción con la sociedad.

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

1.1 Comprender y explicar con rigor los fenómenos fisicoquímicos cotidianos a partir de los principios, teorías y leyes científicas adecuadas, expresándolos de manera argumentada, utilizando diversidad de soportes y medios de comunicación.

1.2 Resolver los problemas fisicoquímicos planteados mediante las leyes y teorías científicas adecuadas, razonando los procedimientos utilizados para encontrar las soluciones y expresando los resultados con corrección y precisión.

3.1 Emplear fuentes variadas fiables y seguras para seleccionar, interpretar, organizar y comunicar información relativa a un proceso fisicoquímico concreto, relacionando entre sí lo que cada una de ellas contiene, extrayendo en cada caso lo más relevante para la resolución de un problema y desechando todo lo que sea irrelevante.

3.2 Utilizar adecuadamente las reglas básicas de la física y la química, incluyendo el uso correcto de varios sistemas de unidades, las herramientas matemáticas necesarias y las reglas de nomenclatura avanzadas, consiguiendo una comunicación efectiva con toda la comunidad científica.

6.1 Reconocer y valorar, a través del análisis histórico de los avances científicos logrados por mujeres y hombres, así como de situaciones y contextos actuales (líneas de investigación, instituciones científicas, etc.), que la ciencia es un proceso en permanente construcción y que esta tiene repercusiones e implicaciones importantes sobre la sociedad actual.

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

Código	Saber básico
B2	Modelos atómicos: desarrollo histórico de los principales modelos atómicos clásicos y cuánticos y descripción de las partículas subatómicas, estableciendo su relación con los avances de la física y la química.
B3	Estructura electrónica de los átomos: configuración electrónica de un átomo y su relación con la posición del mismo en la tabla periódica y con sus propiedades fisicoquímicas.
A6	Valoración de la cultura científica y del papel de científicos y científicas en los principales hitos históricos y actuales de la física y la química para el avance y la mejora de la sociedad.

Concreción didáctica en esta situación

- Modelos atómicos clásicos y cuánticos a nivel ESO: Dalton, Thomson (electrón), Rutherford (núcleo, experimento de la lámina de oro), Bohr (niveles y espectros del hidrógeno) y modelo cuántico (orbitales como zonas de probabilidad).
- Partículas subatómicas: protón, neutrón y electrón (carga, masa y localización); número atómico Z y másico A, isótopos, masa atómica media e iones.
- Configuración electrónica: orden de llenado ($1s$, $2s$, $2p$, $3s$, $3p$, $4s$, $3d$, $4p$), capacidad de cada subnivel y electrones de valencia hasta $Z = 36$.
- Posición y propiedades: periodo = nivel más externo; grupo a partir de la capa de valencia; tendencias de radio atómico, energía de ionización y electronegatividad en grupos y periodos; formación de iones.

Objetivos didácticos

- Describir los modelos de Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr y cuántico a nivel ESO, indicando la evidencia experimental que llevó de unos a otros.
- Determinar el número de protones, neutrones y electrones de átomos, isótopos e iones a partir de Z, A y la carga, y calcular una masa atómica media.
- Escribir la configuración electrónica de átomos e iones hasta $Z = 36$ por niveles y subniveles y deducir electrones de valencia, periodo y grupo.
- Interpretar datos y gráficas de radio atómico, energía de ionización y electronegatividad para justificar tendencias en grupos y periodos con la configuración electrónica.
- Valorar con ejemplos históricos (Curie, Meitner, Payne, Elhuyar) que la ciencia se construye de forma colectiva y que sus modelos se revisan con nuevas evidencias.

Metodología

Indagación
Predicción, contraste y conclusión.

Modelización
Conectar observaciones con modelos, leyes y representaciones.

Resolución de problemas
Planteamiento, unidades, cálculo, comprobación e interpretación.

Trabajo experimental
Variables, datos, seguridad y residuos.

Cooperación
Roles rotatorios y responsabilidad compartida.

Secuencia de sesiones y actividades

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

1

SESIÓN 1

Lanzamiento del mural, diagnóstico inicial y primera predicción: ¿qué esperarías si el átomo fuera una esfera maciza?

Evidencia: Ficha 1: test de diagnóstico, ordenación de modelos y predicción razonada. **Ficha:** Anexo 3 · ficha 1

2

SESIÓN 2

Modelos atómicos y partículas subatómicas: evidencias, Z, A, isótopos e iones con ejemplos resueltos

Evidencia: Ficha 2: tabla de partículas, masa atómica media y escala del átomo. **Ficha:** Anexo 3 · ficha 2

3

SESIÓN 3

Aplicación guiada: configuración electrónica, electrones de valencia, periodo y grupo; Bohr y los espectros

Evidencia: Ficha 3: configuraciones de átomos e iones, posición en la tabla y cálculo de una línea del hidrógeno.

Ficha: Anexo 3 · ficha 3

4

SESIÓN 4

Trabajo de modelización: analogía de Rutherford, simulaciones PhET y tarjetas de elementos misteriosos

Evidencia: Ficha 4: lista de seguridad, registro de la caja negra, átomos construidos y elementos identificados.

Ficha: Anexo 3 · ficha 4

5

SESIÓN 5

Tratamiento de datos: gráficas de energía de ionización, radio y electronegatividad frente a Z y comparación con las predicciones

Evidencia: Ficha 5: gráfica periodo 3, tabla de tendencias y justificación con la configuración.

Ficha: Anexo 3 · ficha 5

6

SESIÓN 6

Borrador del mapa (Anexo 4), revisión entre equipos y corrección de errores típicos

Evidencia: Ficha 6: revisión cruzada con criterios y corrección de tres configuraciones erróneas.

Ficha: Anexo 3 · ficha 6

7

SESIÓN 7

Presentación del mapa y evidencia individual con un elemento nuevo

Evidencia: Mapa final (Anexo 4) y Ficha 7: selenio (Z = 34), configuración, posición y propiedades previstas.

Ficha: Anexo 3 · ficha 7

Evaluación

Se combinan diagnóstico, observación, fichas/cuaderno, producto final, evidencia individual y autoevaluación. El resultado numérico se valora junto con el planteamiento, la unidad, la comprobación y la interpretación.

Criterios, evidencias e instrumentos

Criterio	Evidencia principal	Instrumento
1.1	Explicación argumentada de por qué se pasó de un modelo atómico al siguiente (electrón, lámina de oro, espectro del hidrógeno) y de por qué los elementos de un mismo grupo se parecen, con la configuración electrónica.	Fichas 1, 2 y 5 y mapa (Anexo 4) / rúbrica
1.2	Resolución con unidades y razonamiento de problemas de Z, A, protones, neutrones y electrones de átomos e iones, masa atómica media, configuración electrónica hasta $Z = 36$ y energía y longitud de onda de un salto del hidrógeno.	Fichas 2, 3 y 7 / rúbrica
3.1	Selección e interpretación de datos de las fuentes del dossier (cronología, tabla de propiedades, gráficas, espectros) y descarte de lo irrelevante para identificar un elemento y justificar una tendencia.	Fichas 4 y 5 / lista de cotejo
3.2	Uso correcto del lenguaje científico: símbolos, notación ${}^{A}_{Z}\mathrm{X}$, cargas de iones, configuración con superíndices, nombre de iones según la IUPAC y unidades (u, pm, kJ/mol, eV, nm).	Fichas 2, 3 y 6 / lista de cotejo
6.1	Valoración, con ejemplos de la cronología (Curie, Meitner, Payne, Elhuyar, Moseley), de que los modelos se revisan con nuevas evidencias y de las repercusiones sociales de la física atómica (fisión, radioterapia, espectroscopía astronómica).	Fichas 1, 2 y 7 y mapa / rúbrica

Rúbrica del producto final

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial
Comprensión científica	Explica cada modelo con su evidencia, relaciona configuración, grupo y propiedades con el nivel de valencia y reconoce límites de los modelos (por ejemplo, que Bohr solo funciona bien para el hidrógeno).	Explica los modelos y la relación entre configuración y posición con alguna imprecisión en las evidencias o en los límites.	Describe los modelos de memoria o relaciona la configuración con la tabla sin justificar las propiedades.	Confunde modelos, partículas o el significado de grupo y periodo.
Datos y resolución	Calcula con precisión Z, A, partículas, configuración hasta $Z = 36$, iones y longitud de onda de Bohr, con unidades y comprobación de que el total de electrones coincide.	Cálculos y configuraciones correctos con algún fallo menor (orden del 4s y el 3d, carga del ion, unidades).	Aplica el procedimiento a casos sencillos pero comete errores en iones o configuraciones largas.	No hay estrategia válida o los resultados carecen de unidades y de sentido.
Investigación	Predice antes de analizar, deduce el elemento misterioso con pistas coherentes, interpreta gráficas de tendencias y explica las excepciones (Al, S) o reconoce que necesita más datos.	Identifica los elementos y describe las tendencias con una explicación correcta pero poco completa.	Identifica algún elemento o tendencia sin justificar con datos.	No distingue dato, hipótesis y conclusión.
Seguridad y lenguaje	Cumple con autonomía las normas de las actividades (canicas, simulaciones, material) y usa símbolos, notación nuclear, nombres de iones y unidades con precisión.	Cumple las normas con fallos menores y escribe correctamente la mayoría de símbolos y unidades.	Necesita recordatorios de seguridad; errores frecuentes en símbolos o cargas.	Incumple normas o escribe sin símbolos ni unidades.
Revisión y cooperación	Cumple su rol, revisa el mapa de otro equipo con criterios y evidencias y corrige los errores del suyo; incluye la contribución de científicas y científicos en el mapa.	Cumple su rol y revisa con alguna propuesta útil.	Participa de forma irregular; revisión superficial.	No asume su rol ni revisa.

Materiales y seguridad

Materiales y recursos

- Por equipo: tarjetas de elementos (Z = 1 a 20, con símbolo y nombre), copia de la tabla periódica, fichas de colores para protones, neutrones y electrones (o la simulación PhET «Construye un átomo»).
- Para la analogía de Rutherford: 20 canicas, un obstáculo oculto (una lata de refresco) tras una pantalla de cartón, cinta métrica y papel (sin material reactivo ni radiactivo).
- Ordenador o tableta con las simulaciones PhET «Dispersión de Rutherford» y «Construye un átomo»; calculadora científica.
- Fichas del Anexo 3 y plantilla del mapa (Anexo 4).

Seguridad y residuos

Actividad de modelización y análisis de datos: no se manipulan sustancias reactivas, tóxicas, inflamables ni radiactivas. En la analogía de Rutherford, las canicas se recogen del suelo de inmediato para evitar resbalones y no se lanzan hacia las personas; las simulaciones se usan solo desde las páginas indicadas por el docente. No se generan residuos: se recoge el material y se deja el puesto despejado.

Atención a la diversidad (DUA), refuerzo y ampliación

Representación

Esquemas, modelos, ejemplos resueltos, tablas, gráficas y glosario de símbolos/unidades.

Acción y expresión

Informe, cálculo comentado, representación, exposición o producto visual manteniendo el criterio científico.

Apoyo

Anexo 8

Tabla de partículas parcialmente completada, ejemplo resuelto de configuración del cloro con diagrama de llenado (F6), tarjetas de elementos con el número de electrones ya indicado y cronología resumida.

Ampliación

Anexo 9

Configuración de $Z = 21$ a 36 con las excepciones del cromo y del cobre, y comparación de los límites del modelo de Bohr y del modelo cuántico.

ANEXO 1

Ficha de lanzamiento del reto

SdA 3 · Del átomo a la tabla periódica

ALUMNADO

El instituto monta un mural de cuatro metros sobre la historia del átomo y la tabla periódica, y os han puesto al frente. Hay que explicar por qué una lámina de oro obligó a inventar el núcleo, por qué el hidrógeno solo emite unos colores y por qué el sodio y el potasio, tan distintos de tamaño, se comportan igual. Además, cada visitante recibirá una tarjeta con pistas de un elemento misterioso: protones, configuración, periodo, grupo. Vais a viajar de Dalton a la mecánica cuántica, a contar electrones por niveles y subniveles y a leer gráficas de propiedades para ver que la tabla no es una lista, sino un mapa. Y al final, un mapa vuestro lo contará todo.

> *¿Cómo conectan los modelos atómicos y la configuración electrónica con la tabla periódica?*

Vuestro reto

Elaborar el mapa del mural que conecta los modelos atómicos con la configuración electrónica y la posición en la tabla periódica, justificando con datos (experimentos, espectros y propiedades periódicas) por qué cada modelo sustituyó al anterior y resolviendo los elementos misteriosos.

Lo que vais a producir

Mapa de modelos, configuración y periodicidad.

Seguridad. Actividad de modelización y análisis de datos: no se manipulan sustancias reactivas, tóxicas, inflamables ni radiactivas.

Hoja de ruta · 7 sesiones

1. Conocemos el reto del mural, hacemos el diagnóstico y predecimos qué pasaría si el átomo fuera una esfera maciza.
2. Revisamos los modelos atómicos y sus evidencias y calculamos protones, neutrones y electrones de átomos, isótopos e iones.
3. Escribimos configuraciones electrónicas, deducimos periodo y grupo y calculamos una línea del hidrógeno.
4. Experimentamos con la analogía de Rutherford, las simulaciones y las tarjetas de elementos misteriosos.
5. Leemos gráficas de energía de ionización, radio y electronegatividad y justificamos las tendencias.
6. Redactamos el mapa, otro equipo lo revisa y corregimos errores típicos.
7. Presentamos el mapa y resolvemos individualmente el caso del selenio.

Al terminar seré capaz de...

- ✓ Describir los modelos de Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr y cuántico a nivel ESO, indicando la evidencia experimental que llevó de unos a otros.
- ✓ Determinar el número de protones, neutrones y electrones de átomos, isótopos e iones a partir de Z, A y la carga, y calcular una masa atómica media.
- ✓ Escribir la configuración electrónica de átomos e iones hasta $Z = 36$ por niveles y subniveles y deducir electrones de valencia, periodo y grupo.
- ✓ Interpretar datos y gráficas de radio atómico, energía de ionización y electronegatividad para justificar tendencias en grupos y periodos con la configuración electrónica.
- ✓ Valorar con ejemplos históricos (Curie, Meitner, Payne, Elhuyar) que la ciencia se construye de forma colectiva y que sus modelos se revisan con nuevas evidencias.

¿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 de fuentes y materiales base

SdA 3 · Del átomo a la tabla periódica

ALUMNADO

Todo lo necesario para trabajar sin buscar nada fuera: el caso del mural, la cronología del átomo, esquemas de los modelos, del experimento de Rutherford y del orden de llenado, una tabla de partículas, el ejemplo resuelto de configuración, los datos de las propiedades periódicas con sus gráficas y el protocolo de las actividades de modelización.

F1 El mural y el juego del elemento misterioso

ESTUDIO DE CASO

El mural del pasillo incluye cinco **tarjetas de elementos misteriosos**. Cada una da pistas distintas y hay que identificar el elemento con ayuda de la tabla periódica (F8):

- **Tarjeta A:** «Mi átomo neutro tiene 11 protones. Mi ion estable tiene carga $+1$ y 10 electrones.»
- **Tarjeta B:** «Mi configuración termina en $3s^2\ 3p^2$. Mi forma sólida es la base de los chips.»
- **Tarjeta C:** «Estoy en el periodo 2 y en el grupo 17. Soy el elemento más electronegativo $(3{,}98)$.»
- **Tarjeta D:** «Tengo 20 protones y 20 neutrones. Mi configuración termina en $4s^2$.»
- **Tarjeta E:** «Soy un gas noble del periodo 3.»

Las tarjetas de F1 son un ejemplo: en la Ficha 4 recibiréis otras tarjetas y tendréis que resolverlas por vuestra cuenta, escribiendo el razonamiento. Para identificar un elemento hay que **conectar las pistas** (partículas, configuración, posición, propiedades), no basta con una sola.

Fuente: Caso ficticio creado para el aula; las tarjetas usan datos reales de los elementos.

Identifica los elementos de las tarjetas A y C y escribe qué pista te ha dado la respuesta en cada caso.

F2 Cómo se construyó la idea del átomo

CRONOLOGÍA

Hacia el 400 a. C.	Demócrito y Leucipo proponen que la materia está formada por átomos indivisibles; es una idea filosófica, sin experimentos.
1783	Los hermanos Juan José y Fausto Elhuyar aíslan el wolframio (W) en Bergara; es uno de los elementos descubiertos en España.
1808	John Dalton: los elementos están formados por átomos indivisibles y distintos para cada elemento (esferas macizas).
1869	Dmitri Mendeléyev ordena los elementos por masa atómica y propiedades, deja huecos y predice elementos aún desconocidos (galio, germanio, escandio).
1897-1904	J. J. Thomson descubre el electrón (rayos catódicos, 1897) y propone el modelo del «pudín de pasas» (1904).
1898	Marie y Pierre Curie descubren el polonio y el radio al estudiar la radiactividad. Marie Curie recibe el Nobel de Física (1903, compartido) y el de Química (1911).
1909-1911	Hans Geiger y Ernest Marsden, en el laboratorio de Rutherford, disparan partículas alfa contra oro; Rutherford propone el átomo nuclear (1911).
1913	Niels Bohr propone electrones en niveles de energía y explica el espectro del hidrógeno; Henry Moseley ordena los elementos por número atómico, Z.
1925-1926	Heisenberg y Schrödinger desarrollan el modelo cuántico: los electrones ocupan orbitales (probabilidad). Cecilia Payne muestra (1925) que las estrellas son sobre todo hidrógeno y helio.
1932	James Chadwick descubre el neutrón.
1938-1939	Otto Hahn y Fritz Strassmann observan la fisión del uranio; Lise Meitner y Otto Frisch la explican teóricamente. El elemento 109, meitnerio, lleva el nombre de Meitner.
2019	La ONU celebra el Año Internacional de la Tabla Periódica, 150 años después de la tabla de Mendeléyev.

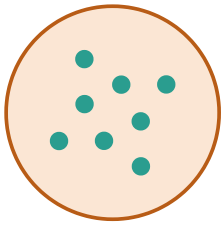
Fuente: Elaboración propia a partir de hitos históricos contrastados (Royal Society of Chemistry, IUPAC y Premios Nobel). Las fechas son las de las publicaciones o los descubrimientos.

¿Qué evidencia nueva obligó a abandonar cada modelo (Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr)? ¿Qué aportaciones de mujeres aparecen?

F3 Modelos atómicos y el espectro del hidrógeno

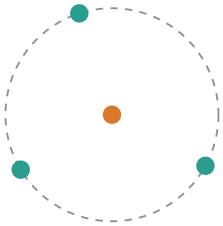
ESQUEMA

Thomson (1904)



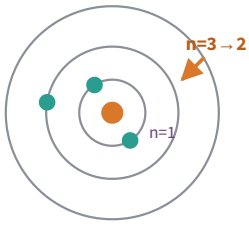
esfera positiva con electrones incrustados («pudín de pasas»)

Rutherford (1911)



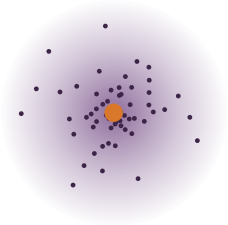
núcleo pequeño, denso y positivo; electrones alrededor; casi todo vacío

Bohr (1913)



electrones en niveles con energía fija; al saltar emiten o absorben luz

Cuántico (1926)



los electrones ocupan orbitales: zonas de probabilidad, no órbitas

Hidrógeno en el modelo de Bohr: $E_n = -13{,}6 / n^2$ (eV)

Salto de n a 2: $\Delta E = 13{,}6 \cdot (1/4 - 1/n^2)$ en eV; longitud de onda: λ (nm) = 1240 / ΔE (eV)

Salto	ΔE	λ	Color
3 → 2	1,89 eV	656 nm	rojo
4 → 2	2,55 eV	486 nm	azul-verdoso
5 → 2	2,86 eV	434 nm	azul-violeta
6 → 2	3,02 eV	410 nm	violeta

Solo aparecen esas líneas: la energía está cuantizada.

Fuente: Esquema de elaboración propia. Los tamaños son simbólicos. Energías de Bohr: $E_n = -13{,}6/n^2$ eV; longitudes de onda redondeadas.

¿Qué observación experimental explica cada modelo que Dalton no podía explicar? ¿Qué dice el modelo cuántico que Bohr no decía sobre la posición del electrón?

F4 Partículas subatómicas y notación

DATOS

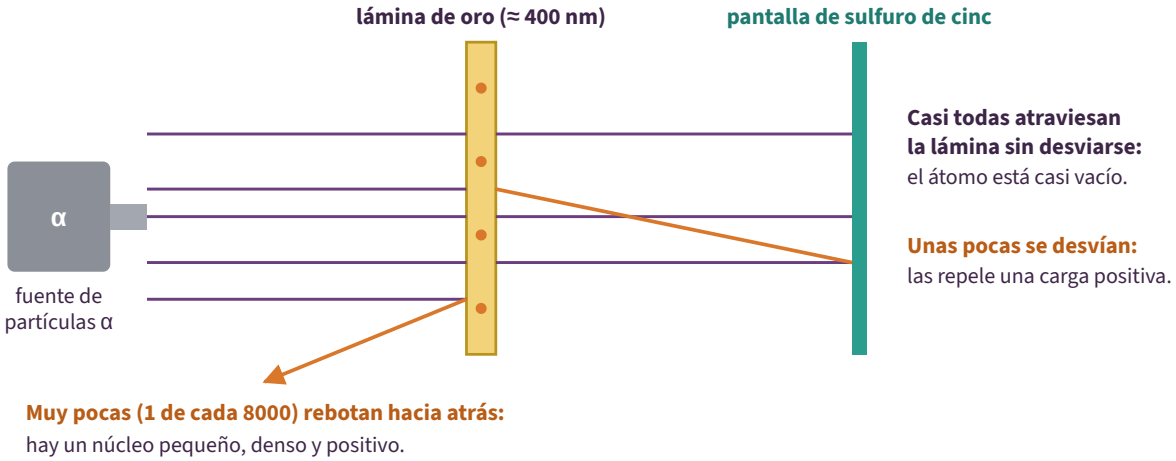
Partícula	Símbolo	Carga relativa	Carga (C)	Masa (u)	Masa (kg)	Dónde está
Protón	p^+	+1	$+1{,}60 \cdot 10^{-19}$	1,007	$1{,}67 \cdot 10^{-27}$	Núcleo
Neutrón	n	0	0	1,009	$1{,}67 \cdot 10^{-27}$	Núcleo
Electrón	e^-	−1	$-1{,}60 \cdot 10^{-19}$	0,000549	$9{,}11 \cdot 10^{-31}$	Corteza (niveles y orbitales)

Número atómico Z = número de protones (identifica el elemento). **Número másico** A = protones + neutrones; neutrones $N = A - Z$. Un átomo neutro tiene tantos electrones como protones. Notación: ${}^{A}_{Z}\mathrm{X}$, por ejemplo ${}^{35}_{17}\mathrm{Cl}$. Los **isótopos** tienen el mismo Z y distinto A. Un **ion** tiene carga: si gana electrones es un **anión** (Cl^-, ion cloruro; O^{2-}, ion óxido); si los pierde, un **catión** (Na^+, ion sodio(1+); Ca^{2+}, ion calcio(2+)). La masa del protón es unas 1836 veces la del electrón. La **masa atómica media** pondera las masas de los isótopos por su abundancia; $1\ \mathrm{u} = 1{,}66 \cdot 10^{-27}\ \mathrm{kg}$. Abundancias del cloro: ${}^{35}\mathrm{Cl}$, 75,77 %; ${}^{37}\mathrm{Cl}$, 24,23 %.

Fuente: Datos de las constantes fundamentales (CODATA) redondeados a tres cifras.

F5 El experimento de la lámina de oro

ESQUEMA



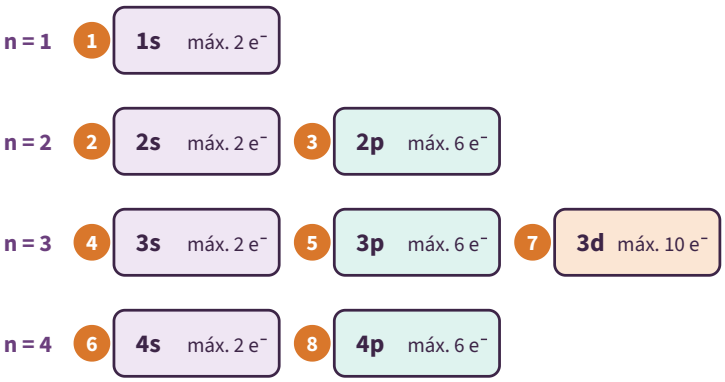
Fuente: Esquema de elaboración propia. El dato de 1 de cada 8000 partículas rebotadas procede de los resultados publicados por Geiger y Marsden (1909).

Si el modelo de Thomson fuera correcto, ¿qué esperarías ver? Si el núcleo midiera 1 cm (una canica), el átomo tendría unos 1000 m de diámetro: ¿qué indica eso sobre el vacío del átomo?

F6 Orden de llenado de los subniveles y ejemplo del cloro

ESQUEMA

Orden de llenado de los subniveles (1 → 8)



Orden: 1s 2s 2p 3s 3p 4s 3d 4p. Ojo: el 4s se llena antes que el 3d.
Recuerda: s admite 2 e^-, p admite 6 e^- y d admite 10 e^-.

Ejemplo: cloro, Z = 17

$1s^2$	2 e^- (quedan 15)
$2s^2$	2 e^- (quedan 13)
$2p^6$	6 e^- (quedan 7)
$3s^2$	2 e^- (quedan 5)
$3p^5$	5 e^- (quedan 0)

Nivel más externo: n = 3 → periodo 3
Electrones de valencia: 2 + 5 = 7
$3p^5$ → grupo 12 + 5 = 17
Gana 1 e^- → Cl^- (como el argón)

Fuente: Esquema de elaboración propia. Orden de llenado de Moeller (n + l), hasta $Z = 36$.

Escribe la configuración del calcio ($Z = 20$) siguiendo el orden de llenado. ¿Por qué el 4s se llena antes que el 3d?

F7 Configuración electrónica, posición en la tabla y ejemplos resueltos

TEXTO

Cómo se escribe. Se reparten los Z electrones por subniveles en el orden $1s\ 2s\ 2p\ 3s\ 3p\ 4s\ 3d\ 4p$ (máximo: s, 2; p, 6; d, 10). Se escribe cada subnivel con el número de electrones en superíndice: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ \ldots$ Para comprobar, la suma de superíndices es el número de electrones.

Cómo se lee la posición. El **periodo** es el número del nivel más externo (mayor n). Los **electrones de valencia** son los del nivel más externo. En los grupos principales: si la capa de valencia es ns^1 o ns^2, el grupo es 1 o 2; si es $ns^2\ np^k$, el grupo es $12 + k$ (13 a 18).

Cómo se forman los iones. Un átomo tiende a ganar o perder electrones para tener la configuración del gas noble más cercano. El sodio pierde un electrón y se queda como el neón; el cloro gana uno y se queda como el argón.

Ejemplo 1 (calcio, $Z = 20$). Configuración: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2$ (suma: $2 + 2 + 6 + 2 + 6 + 2 = 20$). Nivel más externo $n = 4$: periodo 4. Valencia: $4s^2$, 2 electrones: grupo 2. Pierde 2 electrones: ion Ca^{2+} (como el argón).

Ejemplo 2 (sodio y su ion). Na ($Z = 11$): $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1$; periodo 3, grupo 1. Na^+ (10 electrones): $1s^2\ 2s^2\ 2p^6$, igual que el Ne.

Ejemplo 3 (óxido, $Z = 8$). O: $1s^2\ 2s^2\ 2p^4$ (periodo 2, grupo 16). O^{2-} (10 electrones): $1s^2\ 2s^2\ 2p^6$, igual que el Ne.

Familias y propiedades. Los elementos de un mismo grupo tienen la **misma configuración de valencia** y por eso se parecen: Li, Na y K (ns^1) forman iones $+1$ y reaccionan con facilidad; F y Cl ($ns^2\ np^5$) tienden a ganar un electrón. Los gases nobles ($ns^2\ np^6$) tienen la capa completa y son muy poco reactivos.

Fuente: Elaboración propia a nivel ESO. En 4.º ESO se escribe la configuración siguiendo el orden de llenado; las excepciones (Cr, Cu) se estudian solo en la ampliación.

Escribe la configuración del S^{2-} ($Z = 16$) y di con qué gas noble comparte configuración.

F8 Datos de los 20 primeros elementos

DATOS

Z	Símbolo	Elemento	Periodo	Grupo	Radio atómico (pm)	Primera ionización (kJ/mol)	Electronegatividad
1	H	Hidrógeno	1	1	25	1312	2,20
2	He	Helio	1	18	—	2372	—
3	Li	Litio	2	1	145	520	0,98
4	Be	Berilio	2	2	105	900	1,57
5	B	Boro	2	13	85	801	2,04
6	C	Carbono	2	14	70	1086	2,55
7	N	Nitrógeno	2	15	65	1402	3,04
8	O	Oxígeno	2	16	60	1314	3,44
9	F	Flúor	2	17	50	1681	3,98
10	Ne	Neón	2	18	—	2081	—
11	Na	Sodio	3	1	180	496	0,93
12	Mg	Magnesio	3	2	150	738	1,31
13	Al	Aluminio	3	13	125	578	1,61
14	Si	Silicio	3	14	110	787	1,90
15	P	Fósforo	3	15	100	1012	2,19
16	S	Azufre	3	16	100	1000	2,58
17	Cl	Cloro	3	17	100	1251	3,16
18	Ar	Argón	3	18	—	1521	—
19	K	Potasio	4	1	220	419	0,82
20	Ca	Calcio	4	2	180	590	1,00

La **energía de ionización** es la energía necesaria para arrancar el electrón más externo de un átomo en estado gaseoso. La **electronegatividad** mide la tendencia de un átomo a atraer los electrones en un enlace. El **radio atómico** es una medida del tamaño del átomo.

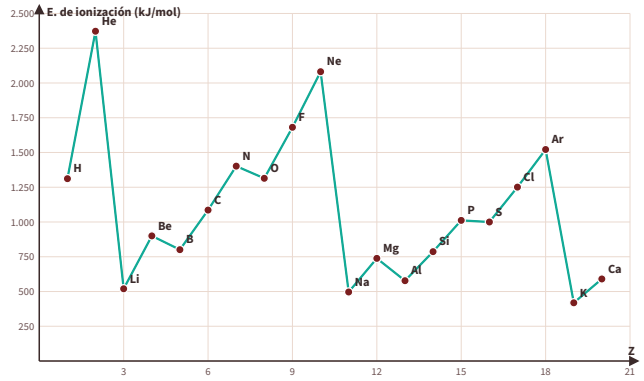
Fuente: Datos de referencia redondeados (radios atómicos empíricos de Slater, energías de ionización y electronegatividades de Pauling de tablas estándar). En los gases nobles no se dispone de radio ni de electronegatividad en esta tabla (—).

¿Qué elemento del periodo 3 tiene mayor energía de ionización? ¿Y el menor radio entre los que tienen dato?

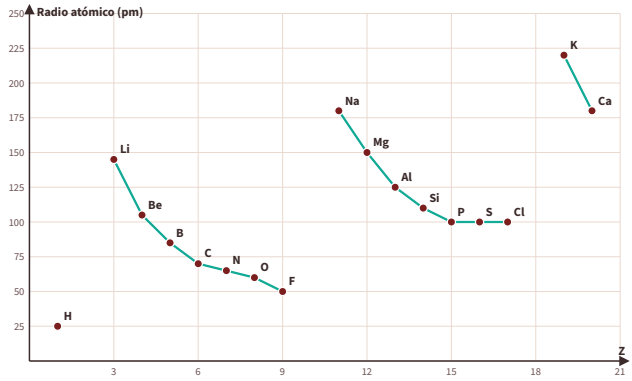
F9 Gráficas de la energía de ionización y del radio atómico

GRÁFICO

PRIMERA ENERGÍA DE IONIZACIÓN FRENTE A Z



RADIO ATÓMICO FRENTE A Z



La energía de ionización **sube a lo largo de un periodo** (de un metal alcalino a un gas noble) y **baja al bajar en un grupo** (Li, Na, K: 520, 496 y 419 kJ/mol). El radio hace lo contrario: **baja a lo largo de un periodo** y **sube al bajar en un grupo**. Hay pequeñas excepciones (Al por debajo de Mg; S por debajo de P).

Fuente: Gráficas de elaboración propia con los datos de F8. Las líneas unen elementos consecutivos para ver la tendencia; en el radio no se muestran los gases nobles.

¿Por qué el potasio tiene un radio mayor y una energía de ionización menor que el sodio? Responde con niveles de energía.

F10 Protocolo: analogía de Rutherford, simulaciones y tarjetas de elementos

PROTOCOLO

Material y cantidades (por equipo): 20 canicas; un obstáculo oculto (una lata de refresco vacía, de unos 7 cm de diámetro) tras una pantalla de cartón; una zona de mesa o suelo plano de 60 cm de ancho marcada con cinta; cinta métrica; papel y lápiz; tarjetas de elementos (Z = 1 a 20); ordenador con las simulaciones «Dispersión de Rutherford» y «Construye un átomo».

Equipo de protección y riesgos: no hacen falta gafas ni guantes. Riesgos: resbalones con canicas en el suelo y golpes si se lanzan sin control. Precauciones: lanzar siempre en la misma dirección y hacia la pantalla, recoger las canicas de inmediato y mantener el pasillo libre.

Variables: independiente, la posición de lanzamiento (20 posiciones a lo ancho); dependiente, la dirección de salida de cada canica.

Procedimiento A: caja negra (analogía de Rutherford).

1. Colocad la lata detrás de la pantalla de cartón, sin que el equipo de lanzamiento la vea, en un lugar de la zona de 60 cm.
2. Lanzad una canica a la vez desde 20 posiciones distintas, separadas 3 cm. Anotad si la canica **pasa sin desviarse** o **se desvía** y hacia dónde.
3. Contad las canicas desviadas y calculad la fracción $f = \frac{\text{desviadas}}{20}$.
4. Estimad el tamaño del obstáculo: $d \approx f \cdot 60\ \text{cm}$. Retirad la pantalla y comparad con el tamaño real.

Procedimiento B: simulaciones.

1. En «Dispersión de Rutherford», elegid el modelo del átomo de Rutherford y observad cuántas partículas alfa se desvían mucho. Repetid con el modelo del «pudín de pasas».
2. En «Construye un átomo», construid los átomos de la tabla de la Ficha 4 con protones, neutrones y electrones y anotad la carga neta y el número de masa que muestra la simulación.

Procedimiento C: tarjetas de elementos. Cada equipo recibe 4 tarjetas de pistas (como las de F1). Resolved cada tarjeta escribiendo las pistas que usáis, la configuración electrónica y la posición en la tabla.

Limpieza y residuos: recoged todas las canicas, guardad el material en su caja y dejad el puesto despejado. No se generan residuos.

Resultado esperable: si la lata mide 7 cm de diámetro en una zona de 60 cm, se espera que se desvíen unas $20 \cdot 7/60 \approx 2$ canicas (entre 1 y 4); la estimación del diámetro será de unos 3 a 12 cm. En la simulación del pudín, casi ninguna partícula alfa se desvía mucho; con el átomo de Rutherford, algunas rebotan.

Fuente: Protocolo de elaboración propia. No se utiliza ninguna sustancia ni fuente radiactiva. Las simulaciones son de PhET (Universidad de Colorado, acceso libre). Las normas del centro prevalecen sobre este documento.

¿Por qué en la analogía solo unas pocas canicas se desvían? ¿Qué te dice la fracción de canicas desviadas sobre el tamaño del obstáculo, y qué relación tiene con el núcleo atómico?

ANEXO 3

Fichas de actividades del alumnado

SdA 3 · Del átomo a la tabla periódica

ALUMNADO

FICHA 1 El reto del mural: diagnóstico y predicción

Sesión 1

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Lee F1 y observa F2. Responde primero el diagnóstico de forma individual.

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

El electrón tiene carga…

☐ positiva ☐ negativa ☐ nula

El número de protones de un átomo es su…

☐ número atómico Z ☐ número másico A ☐ masa atómica

Los elementos de una misma columna de la tabla periódica…

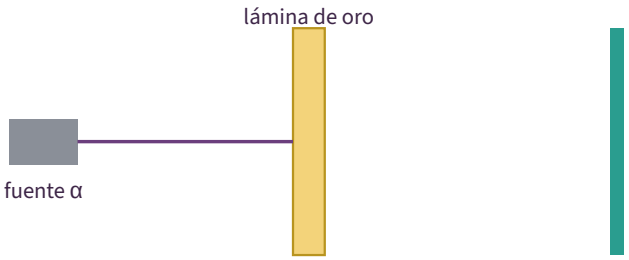
☐ tienen propiedades químicas parecidas ☐ tienen el mismo número de protones ☐ tienen el mismo tamaño

El átomo con 17 protones y 18 electrones es…

☐ un átomo neutro ☐ un anión ☐ un catión

2 **Con F2, ordena de más antiguo a más reciente: modelo de Bohr, modelo de Thomson, modelo de Dalton, modelo de Rutherford, modelo cuántico. Escribe en una frase qué evidencia nueva cambió el modelo en cada paso.**

3 **Predicción. Se disparan partículas alfa (positivas) contra una lámina muy fina de oro. Si el átomo fuera una esfera maciza con electrones incrustados (Thomson), ¿qué esperarías ver al otro lado? Dibuja la trayectoria esperada y justifica.**



FICHA 2 Modelos, partículas e isótopos

Sesión 2

Usa F2, F3, F4 y F5.

1 **Relaciona cada modelo con su idea principal y con la evidencia que lo sustenta.**

1 Thomson ●	● a Niveles de energía; explica las líneas del espectro del hidrógeno
2 Rutherford ●	● b Núcleo pequeño y positivo; explica los rebotes de la lámina de oro
3 Bohr ●	● c Orbitales: zonas de probabilidad de encontrar el electrón
4 Modelo cuántico ●	● d Esfera positiva con electrones; explica el descubrimiento del electrón

2 **Completa la tabla con Z, A, protones, neutrones y electrones (usa $N = A - Z$ y la carga).**

Especie	Z	A	Protones	Neutrones	Electrones
$^{14}_{6}\mathrm{C}$					
$^{35}_{17}\mathrm{Cl}$					
$^{37}_{17}\mathrm{Cl}$					
$^{23}_{11}\mathrm{Na}^{+}$					
$^{16}_{8}\mathrm{O}^{2-}$					
$^{40}_{20}\mathrm{Ca}^{2+}$					

3 **El cloro natural tiene $^{35}\mathrm{Cl}$ (75,77 %) y $^{37}\mathrm{Cl}$ (24,23 %). Calcula su masa atómica media con los números másicos y compara con el valor de la tabla periódica (35,5).**

4 **Escala del átomo. El radio del átomo es unos 10^{-10} m y el del núcleo unos 10^{-15} m. Calcula cuántas veces es mayor el radio del átomo y, si el núcleo fuera una canica de 1 cm de diámetro, qué diámetro tendría el átomo.**

FICHA 3 Configuración electrónica y espectro de Bohr

Sesión 3

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Consulta F6 y F7. Comprueba siempre que la suma de los superíndices es el número de electrones.

1 **Escribe la configuración electrónica y deduce los electrones de valencia, el periodo y el grupo.**

Elemento (Z)	Configuración electrónica	e^- de valencia	Periodo	Grupo
N (7)				
Mg (12)				
Cl (17)				
Ca (20)				

2 **Escribe la configuración de cada ion, indica con qué gas noble comparte configuración y escribe su nombre IUPAC.**

Ion	Configuración	Gas noble	Nombre
Na^+			
Cl^-			
O^{2-}			
Ca^{2+}			

3 **Con F3, calcula la energía y la longitud de onda del salto $n = 4 \rightarrow n = 2$ del hidrógeno y comprueba con la tabla. Calcula también el salto $n = 2 \rightarrow n = 1$ (usa $\Delta E = 13{,}6\,(1/n_f^2 - 1/n_i^2)$ en valor absoluto). ¿Es visible (400-700 nm)?**

FICHA 4 Modelización: caja negra, simulaciones y elementos misteriosos

Sesión 4

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Sigue el protocolo F10. Si no hay material, usa solo las simulaciones y las tarjetas.

1 Lista de seguridad (marcad antes de empezar).

- [ ] La zona de lanzamiento está despejada y marcada con cinta
- [ ] Las canicas se lanzan siempre hacia la pantalla, nunca hacia personas
- [ ] Las canicas se recogen del suelo de inmediato
- [ ] Las simulaciones se abren solo desde las páginas indicadas
- [ ] Cada persona conoce su rol y se rota
- [ ] Sabemos dónde se guarda el material

2 Caja negra: anota los resultados de 20 lanzamientos y estima el tamaño del obstáculo.

Resultado	Número de canicas	Observación
Pasan sin desviarse		
Se desvían		
Fracción desviada f		
Estimación del diámetro d ≈ f · 60 cm (cm)		
Diámetro real de la lata (cm)		

3 Simulación «Construye un átomo»: construye cada especie y completa.

Especie construida	Protones	Neutrones	Electrones	Carga neta	Número de masa
Carbono neutro (el más común)					
Ion sodio Na^+					
Ion cloruro Cl^-					

4 Tarjetas misteriosas: resuelve las dos que recibas (usa F8) escribiendo las pistas usadas.

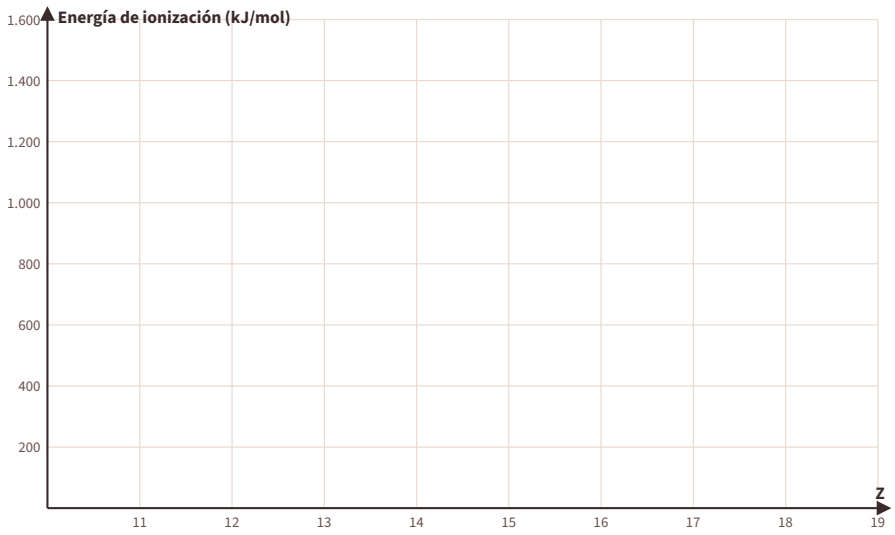
Tarjeta	Pistas utilizadas	Elemento y razonamiento (configuración, periodo, grupo)
Tarjeta 1		
Tarjeta 2		

FICHA 5 Tratamos los datos: tendencias periódicas

Sesión 5

Trabaja con F8 y F9. Compara tus predicciones con lo que muestran las gráficas.

1 **Representa la primera energía de ionización de los elementos del periodo 3 (Z = 11 a 18) frente a Z y une los puntos con una línea.**



2 **Completa la tabla de tendencias con ↑ (aumenta), ↓ (disminuye) o ≈ y da un dato de F8 que lo demuestre.**

Propiedad	Al avanzar en un periodo (Na → Cl)	Al bajar en un grupo (Li → Na → K)
Radio atómico		
Energía de ionización		
Electronegatividad		

3 **Explica con niveles y subniveles por qué el potasio (periodo 4) tiene más radio y menos energía de ionización que el sodio (periodo 3), y por qué el radio disminuye de Na a Cl.**

4 **En la gráfica de la energía de ionización, el Al (578) está por debajo del Mg (738). ¿Qué subnivel empieza a llenarse en el Al ($3p^1$)? ¿Cómo puede explicar eso la excepción?**

FICHA 6 Revisamos el mapa y los errores típicos

Sesión 6

Redactad el borrador en la plantilla del Anexo 4. Después intercambiadlo con otro equipo.

1 **Revisión cruzada del mapa del otro equipo. Marcad lo que cumple.**

- ☐ Aparecen los cinco modelos con su fecha y una evidencia
- ☐ Se usa la notación $^{A}_{Z}\mathrm{X}$ y las cargas de los iones correctamente
- ☐ Las configuraciones suman los electrones correctos y siguen el orden de llenado
- ☐ El periodo y el grupo se deducen de la capa de valencia
- ☐ Se explica una tendencia con la configuración
- ☐ Las unidades están bien escritas (u, pm, kJ/mol, eV, nm)
- ☐ Se incluye el papel de al menos una científica
- ☐ Se identifica un elemento misterioso con sus pistas
- ☐ El mapa se entiende sin preguntas

2 **Corrige estas tres configuraciones erróneas y explica el error: (a) Al ($Z = 13$): $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^3$. (b) K ($Z = 19$): $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,3d^1$. (c) Cl^-: $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^5$.**

3 **Escribid dos propuestas de mejora concretas para el mapa del otro equipo y una para el vuestro.**

FICHA 7

Evidencia individual: el selenio

Sesión 7

Trabajo individual. Consulta F7, F8 y F9. El selenio (Se, $Z = 34$) no está en la tabla de F8.

1 **Escribe la configuración del selenio ($Z = 34$) hasta el $4p$ y deduce electrones de valencia, periodo y grupo.**

2 **¿Qué ion es más probable que forme? Escribe su configuración y su nombre IUPAC, y di con qué gas noble comparte configuración.**

3 **El selenio está en el mismo grupo que O y S. Con las tendencias de F8 y F9, predice (con razones) si su radio y su energía de ionización son mayores o menores que los del azufre, y si su electronegatividad es mayor o menor.**

4 **En un párrafo de cuatro líneas, explica por qué el modelo de Rutherford tuvo que ser sustituido por el de Bohr y cita una aportación de una científica del mural (Curie, Meitner o Payne).**

ANEXO 4

Plantilla del producto final

SdA 3 · Del átomo a la tabla periódica

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Mapa del mural del equipo. Frases breves; símbolos, cargas y unidades correctos.

Línea de modelos

Dalton → Thomson → Rutherford → Bohr → cuántico: dibujo, fecha y evidencia de cada uno.

Partículas y notación

Tabla: protón, neutrón, electrón y un ejemplo con Z, A, N e iones.

Configuración y posición

Cuatro elementos: configuración, valencia, periodo y grupo.

Gráfica de una propiedad periódica

Energía de ionización o radio frente a Z; ejes con magnitud y unidad.

Explicación de la tendencia

Con niveles, subniveles y carga nuclear.

Elemento misterioso

Pistas, razonamiento e identificación.

Ciencia en construcción

Una aportación de una científica o científico y qué dato nuevo cambió un modelo.

Conclusión y límites

¿Qué explica y qué no explica cada modelo? ¿Qué datos nos faltan?

ANEXO 5

Lista de cotejo para el proceso y la entrega

SdA 3 · Del átomo a la tabla periódica

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Antes de entregar **Mapa de modelos, configuración y periodicidad**, comprueba cada punto y marca la casilla. Si alguno falla, todavía estás a tiempo de mejorarlo.

Contenido del producto

- [ ] Aparecen los cinco modelos con fecha, dibujo esquemático y la evidencia que los sustituyó.
- [ ] La tabla de partículas incluye carga, masa y localización, y un ejemplo con Z, A, N y electrones.
- [ ] La notación ${}^{A}_{Z}\mathrm{X}$ y las cargas de los iones son correctas y los nombres de los iones siguen la IUPAC.
- [ ] Las configuraciones suman el número de electrones y siguen el orden de llenado (4s antes que 3d).
- [ ] El periodo y el grupo se justifican con el nivel de valencia y los electrones de valencia.
- [ ] La gráfica tiene ejes rotulados con magnitud y unidad y escala adecuada, y se interpreta.
- [ ] Una tendencia se explica con niveles, subniveles y carga nuclear, no solo con una descripción.
- [ ] El elemento misterioso se identifica con varias pistas coherentes.
- [ ] Se incluye la aportación de una científica o científico y se reconoce que los modelos cambian con nuevas evidencias.
- [ ] Se señalan límites (Bohr solo para el hidrógeno, tendencias con excepciones) y se cumplió la seguridad de las actividades.

Calidad y rigor

- [ ] He usado el vocabulario científico y los símbolos correctos (magnitudes, unidades del SI, fórmulas).
- [ ] He apoyado mis conclusiones con datos, medidas, cálculos o modelos, y he indicado sus límites.
- [ ] He escrito cada resultado con su unidad y he comprobado si su orden de magnitud es razonable.
- [ ] He citado o identificado todas las fuentes de datos utilizadas.
- [ ] He revisado la ortografía, la presentación y el orden del producto, e incorporado las mejoras de la coevaluación.

Lo que más me ha costado

Firma del equipo / fecha de entrega

ANEXO 6

Rúbrica imprimible

SdA 3 · Del átomo a la tabla periódica

ALUMNADO · DOCENTE

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Rúbrica para valorar **Mapa de modelos, configuración y periodicidad**. Marca el nivel alcanzado en cada indicador.

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial	Nivel
Comprensión científica	Explica cada modelo con su evidencia, relaciona configuración, grupo y propiedades con el nivel de valencia y reconoce límites de los modelos (por ejemplo, que Bohr solo funciona bien para el hidrógeno).	Explica los modelos y la relación entre configuración y posición con alguna imprecisión en las evidencias o en los límites.	Describe los modelos de memoria o relaciona la configuración con la tabla sin justificar las propiedades.	Confunde modelos, partículas o el significado de grupo y periodo.	
Datos y resolución	Calcula con precisión Z, A, partículas, configuración hasta $Z = 36$, iones y longitud de onda de Bohr, con unidades y comprobación de que el total de electrones coincide.	Cálculos y configuraciones correctos con algún fallo menor (orden del 4s y el 3d, carga del ion, unidades).	Aplica el procedimiento a casos sencillos pero comete errores en iones o configuraciones largas.	No hay estrategia válida o los resultados carecen de unidades y de sentido.	
Investigación	Predice antes de analizar, deduce el elemento misterioso con pistas coherentes, interpreta gráficas de tendencias y explica las excepciones (Al, S) o reconoce que necesita más datos.	Identifica los elementos y describe las tendencias con una explicación correcta pero poco completa.	Identifica algún elemento o tendencia sin justificar con datos.	No distingue dato, hipótesis y conclusión.	
Seguridad y lenguaje	Cumple con autonomía las normas de las actividades (canicas, simulaciones, material) y usa símbolos, notación nuclear, nombres de iones y unidades con precisión.	Cumple las normas con fallos menores y escribe correctamente la mayoría de símbolos y unidades.	Necesita recordatorios de seguridad; errores frecuentes en símbolos o cargas.	Incumple normas o escribe sin símbolos ni unidades.	
Revisión y cooperación	Cumple su rol, revisa el mapa de otro equipo con criterios y evidencias y corrige los errores del suyo; incluye la contribución de científicas y científicos en el mapa.	Cumple su rol y revisa con alguna propuesta útil.	Participa de forma irregular; revisión superficial.	No asume su rol ni revisa.	

Observaciones del docente

Valoración global

ANEXO 7

Autoevaluación y coevaluación

SdA 3 · Del átomo a la tabla periódica

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Parte 1 · Autoevaluación

Afirmación	Aún no	Con ayuda	Bien	Muy bien
Sé escribir la configuración electrónica de un átomo o un ion hasta Z = 36 y deducir su periodo y su grupo.	◯	◯	◯	◯
Sé explicar por qué cambió cada modelo atómico y relacionar la configuración con una propiedad periódica.	◯	◯	◯	◯
He cumplido mi rol y mis tareas dentro del equipo.	◯	◯	◯	◯
He escuchado y tenido en cuenta las ideas de los demás.	◯	◯	◯	◯
He usado fuentes y evidencias para justificar mis ideas.	◯	◯	◯	◯
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

Material de apoyo y refuerzo

SdA 3 · Del átomo a la tabla periódica

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Material de apoyo con ejemplos modelados, datos ya dados y problemas de un paso.

Partículas en tres pasos

1. **Protones:** es el número atómico Z. Ejemplo: $^{23}_{11}\mathrm{Na}$ tiene 11 protones.
2. **Neutrones:** $N = A - Z = 23 - 11 = 12$.
3. **Electrones:** igual que los protones si es neutro; si es un ion, se suma o se resta la carga. Na^{+}: $11 - 1 = 10$ electrones.

Configuración electrónica en cuatro pasos

1. Cuenta los electrones (si es ion, ajusta la carga). Ejemplo: N, $Z = 7$, 7 electrones.
2. Llena en orden $1s\ 2s\ 2p\ 3s\ 3p\ 4s\ 3d\ 4p$ con máximo 2, 2, 6, 2, 6, 2, 10, 6.
3. Ejemplo: $1s^2\ (2), 2s^2\ (4), 2p^3\ (7)$. Suma: $2 + 2 + 3 = 7$.
4. Periodo = mayor n (2). Valencia $= 2 + 3 = 5$. Grupo $= 12 + 3 = 15$.

1 **Completa para $^{19}_{9}\mathrm{F}$ y para F^{-}: protones, neutrones y electrones.**

Especie	Protones	Neutrones	Electrones
$^{19}_{9}\mathrm{F}$			
$^{19}_{9}\mathrm{F}^{-}$			

2 **Escribe la configuración electrónica del oxígeno ($Z = 8$) y del magnesio ($Z = 12$).**

3 **Indica el periodo y el grupo del silicio ($Z = 14$) a partir de su configuración.**

4 **Completa la frase sobre el sodio.**

El sodio pierde _____ electrón y forma el ion _____ con configuración igual al gas noble _____.

5 **Con F8: ¿qué elemento tiene mayor radio, Li o K? ¿Y mayor energía de ionización?**

ANEXO 9

Actividad de ampliación

SdA 3 · Del átomo a la tabla periódica

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Los metales de transición y los límites del modelo

Con el orden de llenado de F6, la configuración de $Z = 21$ a 30 añade electrones al $3d$. Pero la naturaleza hace «trampas»: el cromo ($Z = 24$) y el cobre ($Z = 29$) tienen configuraciones distintas de las que predice el orden. Vas a comparar la predicción con la configuración real.

Pasos

1. Escribe con el orden de llenado la configuración de Sc ($Z = 21$), Fe ($Z = 26$) y Zn ($Z = 30$) y deduce su periodo y sus electrones del nivel más externo.
2. Predice con el orden de llenado la configuración del Cr ($Z = 24$) y del Cu ($Z = 29$). La configuración experimental es $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^1\ 3d^5$ para el Cr y $\ldots\ 4s^1\ 3d^{10}$ para el Cu. ¿Qué diferencia hay y qué electrón se ha «movido»?
3. Explica por qué el subnivel $3d$ semilleno (5 electrones) o lleno (10) es especialmente estable y qué indica esto sobre los límites de una regla sencilla de llenado.
4. Compara los límites del modelo de Bohr y del modelo cuántico: indica un fenómeno que cada uno explica bien (por ejemplo, el espectro del hidrógeno o la configuración de átomos con muchos electrones) y uno que no explica.

Entrega

Una página con las configuraciones previstas y reales, la explicación de las excepciones y una tabla comparativa de los dos modelos con sus ventajas y límites.

ANEXO 10

Guía docente de respuestas y orientaciones

SdA 3 · Del átomo a la tabla periódica

DOCENTE

Ficha 1

1. Diagnóstico: negativa; número atómico Z; tienen propiedades químicas parecidas; un anión (17 protones, 18 electrones: carga −1).
2. Orden: Dalton (1808), Thomson (1897-1904), Rutherford (1911), Bohr (1913), cuántico (1925-1926). Evidencias: Dalton, las leyes de la combinación química; Thomson, el electrón (rayos catódicos); Rutherford, la dispersión de partículas alfa en la lámina de oro; Bohr, las líneas del espectro del hidrógeno; cuántico, la naturaleza ondulatoria del electrón y las limitaciones de Bohr con más de un electrón.
3. Predicción: con una esfera maciza difusa, las partículas alfa, mucho más pesadas que los electrones, atravesarían la lámina con desviaciones muy pequeñas (casi rectas). Se aceptan dibujos con trayectorias casi rectas; la observación real (algunas rebotan) contradijo esa predicción.

Ficha 2

1. Relaciona: Thomson → esfera positiva con electrones; explica el descubrimiento del electrón. Rutherford → núcleo pequeño y positivo; explica los rebotes de la lámina. Bohr → niveles de energía; explica las líneas del espectro del hidrógeno. Cuántico → orbitales como zonas de probabilidad.
2. Tabla: C-14: Z 6, A 14, 6 p, 8 n, 6 e. Cl-35: 17, 35, 17 p, 18 n, 17 e. Cl-37: 17, 37, 17 p, 20 n, 17 e. Na^+: 11, 23, 11 p, 12 n, 10 e. O^{2-}: 8, 16, 8 p, 8 n, 10 e. Ca^{2+}: 20, 40, 20 p, 20 n, 18 e.
3. Masa atómica media: $35 \cdot 0{,}7577 + 37 \cdot 0{,}2423 = 26{,}52 + 8{,}97 = 35{,}48$ u ≈ 35,5 u (con las masas isotópicas exactas, 35,45 u).
4. Escala: $10^{-10}/10^{-15} = 10^5$ veces el radio. Si el núcleo mide 1 cm, el átomo mide 10^5 cm $= 1000$ m $= 1$ km de diámetro. El átomo es casi todo espacio vacío.

Ficha 3

1. N ($Z = 7$): $1s^2\ 2s^2\ 2p^3$; 5 e^- de valencia; periodo 2; grupo 15. Mg (12): $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2$; 2; 3; 2. Cl (17): $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^5$; 7; 3; 17. Ca (20): $\ldots 3p^6\ 4s^2$; 2; 4; 2.
2. Na^+: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6$, neón, ion sodio(1+). Cl^-: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6$, argón, ion cloruro. O^{2-}: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6$, neón, ion óxido. Ca^{2+}: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6$, argón, ion calcio(2+).
3. $4 \to 2$: $\Delta E = 13{,}6\,(1/4 - 1/16) = 2{,}55$ eV; $\lambda = 1240/2{,}55 = 486$ nm (azul-verdoso, visible). $2 \to 1$: $\Delta E = 13{,}6\,(1 - 1/4) = 10{,}2$ eV; $\lambda = 1240/10{,}2 = 122$ nm (ultravioleta, no visible).

Ficha 4

1. Lista de seguridad: deben marcarse todas las casillas antes de empezar.
2. Caja negra (lata de 7 cm en 60 cm): se desvían unas 2 canicas de 20 (rango 1-4); $f \approx 0{,}10$; $d \approx 0{,}10 \cdot 60 = 6$ cm (rango 3-12 cm). Con pocas canicas la estimación es poco precisa: es una analogía, no una medida exacta.
3. PhET: carbono-12 neutro: 6 p, 6 n, 6 e, carga 0, A = 12. Na^+ (23): 11 p, 12 n, 10 e, carga +1, A = 23. Cl^- (35): 17 p, 18 n, 18 e, carga −1, A = 35.
4. Tarjetas: se corrigen con el razonamiento. Ejemplos de F1: A es el sodio (Z = 11, Na^+ con 10 e); B es el silicio ($3s^2\ 3p^2$: periodo 3, grupo 14); C es el flúor; D es el calcio (^{40}Ca); E es el argón (los gases nobles del periodo 3: solo el Ar).

Ficha 5

1. Gráfica periodo 3: Na 496; Mg 738; Al 578; Si 787; P 1012; S 1000; Cl 1251; Ar 1521 kJ/mol. Tendencia creciente con dos «bajadas» (Mg → Al y P → S).
2. Tabla: radio: ↓ en el periodo (180 → 100 pm); ↑ en el grupo (145, 180, 220 pm). Energía de ionización: ↑ en el periodo (496 → 1251); ↓ en el grupo (520, 496, 419). Electronegatividad: ↑ en el periodo (0,93 → 3,16); ↓ en el grupo (0,98; 0,93; 0,82).
3. Explicación: el K tiene un nivel más (4) que el Na (3), el electrón de valencia está más lejos del núcleo, el radio es mayor y es más fácil arrancarlo. En un periodo, el nivel externo es el mismo pero la carga nuclear aumenta (de 11 a 17 protones), por lo que los electrones se atraen más y el radio disminuye.
4. Excepción: en el Al el electrón de valencia está en un subnivel $3p$ (más energético y algo más alejado que el $3s$ del Mg) y es más fácil de arrancar. Se acepta una respuesta cualitativa; la excepción del S (P → S) se debe a que en el $3p^4$ aparece el primer par de electrones en un mismo orbital y se repelen (ampliación).

Ficha 6

1. Revisión: respuesta abierta; las propuestas deben ser concretas («indicar la carga del ion», «sumar los superíndices»).
2. (a) El subnivel $3s$ admite solo 2 electrones: Al es $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^1$. (b) Antes del $3d$ se llena el $4s$: K es $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^1$. (c) El $\mathrm{Cl^-}$ tiene 18 electrones: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6$.
3. Mejoras: respuestas abiertas; deben referirse a configuración, unidades, notación o a las evidencias de los modelos.

Ficha 7

1. Se ($Z = 34$): $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^{10}\ 4p^4$ (suma 34). Periodo 4; 6 electrones de valencia ($4s^2\ 4p^4$); grupo $12 + 4 = 16$.
2. Ion más probable: $\mathrm{Se^{2-}}$ (gana 2 electrones): $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^{10}\ 4p^6$, como el criptón; ion seleniuro.
3. Predicción: radio mayor que el del S (un nivel más, 4 frente a 3; valor de referencia unos 115 pm); energía de ionización menor que la del S (el electrón está más lejos; unos 941 kJ/mol frente a 1000); electronegatividad menor (≈ 2,55 frente a 2,58).
4. Párrafo: Rutherford no explicaba por qué los electrones no caen al núcleo ni las líneas de los espectros; Bohr introduce niveles con energía fija y explica el espectro del hidrógeno. Aportaciones válidas: Curie (polonio y radio, radiactividad), Meitner (explicación de la fisión), Payne (composición de las estrellas).

Refuerzo (Anexo 8)

1. $^{19}_{9}\mathrm{F}$: 9 p, 10 n, 9 e. $\mathrm{F^-}$: 9 p, 10 n, 10 e.
2. O: $1s^2\ 2s^2\ 2p^4$. Mg: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2$.
3. Si: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^2$; periodo 3; valencia 4; grupo $12 + 2 = 14$.
4. El sodio pierde 1 electrón y forma el ion sodio(1+) con configuración igual al gas noble neón.
5. Mayor radio: K (220 pm frente a 145 pm del Li); mayor energía de ionización: Li (520 frente a 419 kJ/mol).

Ampliación (Anexo 9)

1. Sc: $\ldots 4s^2\ 3d^1$; Fe: $\ldots 4s^2\ 3d^6$; Zn: $\ldots 4s^2\ 3d^{10}$; todos en el periodo 4 con 2 electrones en el $4s$.
2. Predicción: Cr, $\ldots 4s^2\ 3d^4$; Cu, $\ldots 4s^2\ 3d^9$. Real: Cr, $4s^1\ 3d^5$; Cu, $4s^1\ 3d^{10}$: un electrón del $4s$ pasa al $3d$.
3. Explicación: el $3d$ semilleno o lleno es especialmente estable (simetría y menor repulsión). La regla de llenado es una aproximación y falla en algunos casos.
4. Bohr explica bien el espectro del hidrógeno pero no el de átomos con más de un electrón ni la forma de los orbitales; el modelo cuántico explica ambos, aunque es más abstracto y su descripción es probabilística.

⚠ Errores frecuentes

- Llenar el $3d$ antes que el $4s$ (el $4s$ se llena primero en los átomos neutros hasta el Ca).
- Superar la capacidad de un subnivel ($3s^3$, $2p^7$) o no comprobar que la suma de superíndices es el número de electrones.
- Olvidar ajustar el número de electrones en los iones (cationes: restar; aniones: sumar).
- Confundir número atómico Z y número másico A, o calcular los neutrones como $A + Z$.
- Confundir periodo (nivel más externo) con grupo (electrones de valencia) o poner mal el grupo de los elementos del bloque p ($12 + k$).
- Presentar el modelo de Bohr como una descripción completa del átomo o decir que los orbitales son «órbitas».

⚖ Criterios para valorar respuestas abiertas

- Se evalúa que el alumno razone cada modelo con su evidencia y que justifique las tendencias con niveles y carga nuclear, más que la memorización de fechas.
- Rangos plausibles de la analogía de Rutherford: entre 1 y 4 canicas desviadas de 20 con una lata de 7 cm en 60 cm; estimación del diámetro entre 3 y 12 cm.
- Datos de F8: valores de referencia de tablas estándar (radios de Slater, energías de ionización en kJ/mol y electronegatividad de Pauling); se admiten pequeñas diferencias si el alumno cita otra fuente fiable.
- Seguridad: sin sustancias; vigilar el suelo con canicas y el uso de las simulaciones solo desde las páginas indicadas.

04

SITUACIÓN DE APRENDIZAJE

Compuestos y lenguaje químico

PREGUNTA GUÍA

¿Cómo relacionamos formación, propiedades y nombre de los compuestos?

CURSO 4.º ESO	SESIONES 7 sesiones	BLOQUES DE SABERES A · B
COMPETENCIAS ESPECÍFICAS CE1, CE3, CE4	PRODUCTO FINAL Manual estructura-propiedades y nomenclatura inorgánica	CRITERIOS DE EVALUACIÓN 1.1, 1.2, 3.1, 3.2, 4.2

Contexto, reto y producto

El polideportivo municipal va a cambiar de gestión y el almacén es un caos: sacos sin etiqueta, botes con la fórmula medio borrada y fichas pegadas con cinta que nadie entiende. En una estantería hay polvo blanco de «magnesia» para la sala de escalada; en otra, sacos de sal para deshielo; en el botiquín, bolsas de frío instantáneo; junto a la piscina, bidones de cloro. El nuevo encargado quiere un **manual de consulta** para que cualquier trabajador sepa, solo con leer la etiqueta, qué sustancia es, cómo se llama, por qué se comporta como lo hace y qué precauciones exige.

Esta situación convierte al alumnado en el **equipo técnico** que redacta ese manual. Aprende a explicar la **formación de los compuestos** (transferencia de electrones en los iónicos, compartición en los covalentes, red de cationes y electrones en los metales), a **predecir propiedades** (punto de fusión, solubilidad, conductividad) a partir de la estructura y a **formular y nombrar** sustancias simples, iones, óxidos, hidruros, sales binarias, hidróxidos, oxoácidos y oxosales según las recomendaciones de la **IUPAC**. Comprueba sus predicciones con un montaje seguro de conductividad con pilas y selecciona con criterio las fuentes de datos (fichas de seguridad frente a opiniones sin respaldo).

Reto

Elaborar un manual de consulta de las sustancias del almacén del polideportivo que, para cada una, recoja su fórmula, su nombre IUPAC, el tipo de enlace, sus propiedades comprobadas o contrastadas, su utilidad deportiva o técnica y sus precauciones.

Producto final

Manual estructura-propiedades y nomenclatura inorgánica.

Vinculación curricular

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS MOVILIZADAS

CE1

Comprender y explicar los fenómenos fisicoquímicos del entorno con leyes y teorías, y resolver problemas para mejorar la realidad cercana.

CE3

Manejar con soltura las normas de la física y la química: lenguaje IUPAC, lenguaje matemático, unidades, seguridad en el laboratorio y datos en distintos formatos.

CE4 Utilizar de forma crítica, eficiente y segura plataformas digitales y recursos variados para aprender, crear y comunicar.

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

1.1 Comprender y explicar con rigor los fenómenos fisicoquímicos cotidianos a partir de los principios, teorías y leyes científicas adecuadas, expresándolos de manera argumentada, utilizando diversidad de soportes y medios de comunicación.

1.2 Resolver los problemas fisicoquímicos planteados mediante las leyes y teorías científicas adecuadas, razonando los procedimientos utilizados para encontrar las soluciones y expresando los resultados con corrección y precisión.

3.1 Emplear fuentes variadas fiables y seguras para seleccionar, interpretar, organizar y comunicar información relativa a un proceso fisicoquímico concreto, relacionando entre sí lo que cada una de ellas contiene, extrayendo en cada caso lo más relevante para la resolución de un problema y desechando todo lo que sea irrelevante.

3.2 Utilizar adecuadamente las reglas básicas de la física y la química, incluyendo el uso correcto de varios sistemas de unidades, las herramientas matemáticas necesarias y las reglas de nomenclatura avanzadas, consiguiendo una comunicación efectiva con toda la comunidad científica.

4.2 Trabajar de forma versátil con medios variados, tradicionales y digitales, en la consulta de información y la creación de contenidos, seleccionando y empleando con criterio las fuentes y herramientas más fiables, desechando las menos adecuadas y mejorando el aprendizaje propio y colectivo.

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

Código	Saber básico
B4	Compuestos químicos: su formación, propiedades físicas y químicas y valoración de su utilidad e importancia en otros campos como la ingeniería o el deporte.
B6	Nomenclatura inorgánica: denominación de sustancias simples, iones y compuestos químicos binarios y ternarios mediante las normas de la IUPAC.
A4	El lenguaje científico: manejo adecuado de distintos sistemas de unidades y sus símbolos. Herramientas matemáticas adecuadas en diferentes escenarios científicos y de aprendizaje.

Código	Saber básico
A5	Estrategias de interpretación y producción de información científica en diferentes formatos y a partir de diferentes medios: desarrollo del criterio propio basado en lo que el pensamiento científico aporta a la mejora de la sociedad para hacerla más justa, equitativa e igualitaria.

Concreción didáctica en esta situación

- Formación de compuestos: transferencia de electrones (iónico), compartición (covalente molecular y reticular) y modelo del mar de electrones (metálico); iones y regla del octeto aplicada a los grupos 1, 2, 13, 16 y 17.
- Propiedades físicas y químicas ligadas a la estructura: puntos de fusión, solubilidad en agua y conductividad eléctrica en estado sólido y disuelto.
- Utilidad e importancia en ingeniería y deporte: magnesia, sales de deshielo, bolsas de frío, pigmentos, capas protectoras del aluminio, cloro de piscina.
- Sustancias simples e iones: atomicidad (O_2, N_2, S_8), cationes y aniones monoatómicos y poliatómicos (NH_4^+, OH^-, NO_3^-, SO_4^{2-}, CO_3^{2-}, PO_4^{3-}).
- Nomenclatura IUPAC de binarios (óxidos, hidruros, sales binarias) y ternarios (hidróxidos, oxoácidos, oxosales) por el método de cruce de cargas, con nombres de composición y de Stock.

Objetivos didácticos

- ✓ Explicar la formación de un compuesto iónico, covalente o metálico a partir de los electrones de valencia y deducir la carga de los iones más frecuentes.
- ✓ Predecir el punto de fusión, la solubilidad en agua y la conductividad de una sustancia a partir de su estructura, y contrastar la predicción con un experimento seguro.
- ✓ Formular y nombrar sustancias simples, iones, óxidos, hidruros, sales binarias, hidróxidos, oxoácidos y oxosales utilizando nomenclatura de composición y, cuando proceda, de Stock, junto con los nombres aceptados por la IUPAC para oxoácidos y oxosales.
- ✓ Calcular la masa de una unidad fórmula y el porcentaje en masa de un elemento en un compuesto, con unidades y cifras razonables.
- ✓ Seleccionar y contrastar fuentes de información fiables sobre una sustancia y justificar la elección con criterios explícitos.

Metodología

Indagación
Predicción, contraste y conclusión.

Modelización
Conectar observaciones con modelos, leyes y representaciones.

Resolución de problemas
Planteamiento, unidades, cálculo, comprobación e interpretación.

Trabajo experimental
Variables, datos, seguridad y residuos.

Cooperación
Roles rotatorios y responsabilidad compartida.

Secuencia de sesiones y actividades

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

1

SESIÓN 1

Lanzamiento del encargo del almacén, diagnóstico inicial y primeras predicciones sobre qué sustancias conducen la electricidad

Evidencia: Ficha 1: test de diagnóstico, tabla de predicciones y lectura de fórmulas de las etiquetas (F1).

Ficha: Anexo 3 · ficha 1

2

SESIÓN 2

Formación de compuestos y tipos de enlace: iones, octeto y modelos de sólidos; relación con las propiedades

Evidencia: Ficha 2: tabla de iones por grupo, clasificación de sustancias por tipo de enlace y explicación con F2, F3 y F7.

Ficha: Anexo 3 · ficha 2

3

SESIÓN 3

Nomenclatura IUPAC de binarios y ternarios por cruce de cargas: formular, nombrar y números de Stock

Evidencia: Ficha 3: formulación y nombres de composición y de Stock de 20 sustancias con la tabla de iones (F4 y F5).

Ficha: Anexo 3 · ficha 3

4

SESIÓN 4

Práctica de microescala: conductividad y solubilidad de sólidos y disoluciones con pilas de 4,5 V

Evidencia: Ficha 4: lista de seguridad y tabla de resultados con brillo del LED y clasificación del tipo de sustancia.

Ficha: Anexo 3 · ficha 4

5

SESIÓN 5

Tratamiento de resultados: contraste con las predicciones, estructura-propiedades y porcentaje en masa

Evidencia: Ficha 5: comparación predicción/dato, razonamiento con F6 y F7 y cálculos de masa fórmula y porcentaje en masa.

Ficha: Anexo 3 · ficha 5

6

SESIÓN 6

Borrador del manual, selección crítica de fuentes y revisión entre equipos

Evidencia: Ficha 6: valoración de fuentes (F10), entrada de la magnesia y revisión cruzada del borrador.

Ficha: Anexo 3 · ficha 6

7

SESIÓN 7

Presentación del manual y evidencia individual con las etiquetas nuevas de la piscina

Evidencia: Manual final (Anexo 4) y Ficha 7: formulación, nombre, tipo de enlace y predicción de cinco etiquetas nuevas.

Ficha: Anexo 3 · ficha 7

Evaluación

Se combinan diagnóstico, observación, fichas/cuaderno, producto final, evidencia individual y autoevaluación. El resultado numérico se valora junto con el planteamiento, la unidad, la comprobación y la interpretación.

Criterios, evidencias e instrumentos

Criterio	Evidencia principal	Instrumento
1.1	Explicación argumentada de la formación de un compuesto iónico, covalente o metálico y de su relación con el punto de fusión, la solubilidad y la conductividad, con modelos y esquemas (F2, F3, F7).	Fichas 2 y 5 y manual (Anexo 4) / rúbrica
1.2	Resolución con unidades de la masa de una unidad fórmula y del porcentaje en masa de un elemento ($MgCO_3$, $CaCO_3$, TiO_2, NH_4NO_3), y deducción de cargas y subíndices por cruce de cargas.	Fichas 3 y 5 / rúbrica y guía docente
3.1	Organización de los datos de la práctica de conductividad y de la tabla F6 en una entrada de manual por sustancia, con la información relevante y sin datos innecesarios.	Fichas 4, 5 y 6 y manual / lista de cotejo
3.2	Formulación y nomenclatura correctas (composición y Stock) de binarios y ternarios; símbolos de iones con carga, unidades y cifras de las masas.	Fichas 3 y 7 / lista de cotejo y rúbrica
4.2	Valoración justificada de tres fuentes sobre la magnesia (autoría, fecha, datos comprobables, interés comercial) y elección de las fiables para el manual.	Ficha 6 y manual / lista de cotejo

Rúbrica del producto final

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial
Comprensión científica	Explica con precisión la formación de compuestos iónicos, covalentes y metálicos, relaciona estructura con punto de fusión, solubilidad y conductividad en estado sólido y disuelto, y señala los límites del modelo.	Explica correctamente la formación y la mayoría de las propiedades, con alguna imprecisión en la conductividad o en el tipo de enlace.	Distingue iónico y molecular, pero no justifica las propiedades con la estructura.	Confunde enlace y molécula o atribuye la conductividad al «tipo de sólido» sin hablar de iones o electrones.
Datos y resolución	Formula y nombra sin errores binarios y ternarios por cruce de cargas, calcula masas fórmula y porcentajes con unidades y comprueba que la suma de cargas es cero.	Formula y nombra bien casi todas las sustancias; fallos aislados de subíndices, paréntesis o cifras.	Resuelve las sustancias más sencillas; confunde prefijos o números de Stock.	No aplica un método de formulación ni calcula masas.
Investigación	Predice antes de medir, controla las variables de la práctica (masa, volumen, distancia, tiempo), clasifica las muestras con sus datos y contrasta cada predicción con una explicación estructural.	Controla la mayoría de variables y contrasta las predicciones con alguna explicación poco justificada.	Anota resultados sin contrastar con las predicciones ni controlar variables.	No distingue observación, predicción e interpretación.
Seguridad y lenguaje	Cumple las normas de la práctica (gafas, contacto breve, residuos) y las de las sustancias fuertes (FDS), y usa fórmulas, nombres y símbolos de iones con rigor.	Cumple las normas con algún recordatorio; lenguaje correcto con fallos menores en los símbolos de carga.	Necesita avisos frecuentes y mezcla formas de nombrar sin criterio.	Incumple normas o escribe fórmulas y nombres sin sentido químico.
Revisión y cooperación	Cumple su rol, revisa el manual de otro equipo con propuestas concretas sobre datos y nombres e incorpora las mejoras recibidas.	Cumple su rol y su revisión incluye alguna propuesta útil.	Participa de forma irregular; revisión superficial.	No asume su rol ni revisa.

Materiales y seguridad

Materiales y recursos

- Por equipo (práctica de conductividad, Ficha 4): 3 pilas AA de 1,5 V con portapilas, 1 LED rojo, 1 resistencia de 220 Ω, 4 cables con pinzas de cocodrilo, 2 minas de grafito de lápiz (electrodos), 7 vasos de plástico de 100 mL, probeta de 50 mL, cucharilla, rotulador y papel de cocina.
- Sustancias de uso doméstico (por equipo): 2 g de sal de mesa, 2 g de azúcar, 2 g de bicarbonato sódico, 2 g de sales de baño de sulfato de magnesio (Epsom), 20 mL de vinagre, un trozo de cáscara de huevo lavada y seca, un clip metálico, agua destilada (500 mL, la que se vende para planchas) y una mina de grafito.
- Material de consulta: Dossier (Anexo 2), tabla periódica y plantilla del manual (Anexo 4); ordenador o móvil para contrastar fuentes (Ficha 6).

Seguridad y residuos

Práctica de bajo riesgo con 4,5 V y sustancias domésticas: gafas de protección durante todo el montaje, no probar ni oler de cerca ninguna muestra, contactos breves (máximo 10 s por medida) para minimizar la electrólisis y evitar una formación apreciable de productos en los electrodos y manos secas al tocar los cables. Las sustancias fuertes del almacén (hidróxido de sodio, ácidos, cloro, cal viva) se estudian solo en las fichas y en las FDS, nunca se manipulan. Residuos: las disoluciones salinas y el vinagre diluido se vierten al desagüe con abundante agua; las minas, el clip y la cáscara se limpian y guardan o van a la basura de orgánico.

Atención a la diversidad (DUA), refuerzo y ampliación

Representación

Esquemas, modelos, ejemplos resueltos, tablas, gráficas y glosario de símbolos/unidades.

Acción y expresión

Informe, cálculo comentado, representación, exposición o producto visual manteniendo el criterio científico.

Apoyo

Anexo 8

Tabla de iones (F4) ya impresa con las cargas, ejemplos resueltos (F5 y Anexo 8), fórmulas con los subíndices a medio completar y datos de conductividad ya medidos para quien no pueda hacer la práctica.

Ampliación

Anexo 9

Anexo 9: distinguir tres polvos blancos (sal, azúcar y bicarbonato) con un plan de ensayos y nombrar la sal ácida hidrogenocarbonato de sodio.

ANEXO 1

Ficha de lanzamiento del reto

SdA 4 · Compuestos y lenguaje químico

ALUMNADO

El polideportivo cambia de gestión y el almacén es un misterio: sacos sin etiqueta, bidones con la fórmula medio borrada, una «magnesia» que usan los escaladores y unas bolsas de frío que se enfrían solas. El nuevo encargado os pide un manual para que cualquiera sepa qué es cada sustancia, cómo se llama de verdad, por qué conduce o no la electricidad y qué precauciones exige. Para escribirlo tendréis que explicar cómo se unen los átomos, predecir y comprobar propiedades con un montaje de pilas, formular y nombrar con las normas de la IUPAC y elegir bien las fuentes. Cuando acabéis, nadie volverá a confundir un óxido con un hidróxido.

¿Cómo relacionamos formación, propiedades y nombre de los compuestos?

Vuestro reto

Elaborar un manual de consulta de las sustancias del almacén del polideportivo que, para cada una, recoja su fórmula, su nombre IUPAC, el tipo de enlace, sus propiedades comprobadas o contrastadas, su utilidad deportiva o técnica y sus precauciones.

Lo que vais a producir

Manual estructura-propiedades y nomenclatura inorgánica.

Seguridad. Práctica de bajo riesgo con 4,5 V y sustancias domésticas: gafas de protección durante todo el montaje, no probar ni oler de cerca ninguna muestra, contactos breves (máximo 10 s por medida) para minimizar la electrólisis y evitar una formación apreciable de productos en los electrodos y manos secas al tocar los cables.

Hoja de ruta · 7 sesiones

1. Conocemos el almacén, hacemos el diagnóstico y apostamos qué sustancias conducen la electricidad.
2. Explicamos cómo se forman los compuestos iónicos, covalentes y metálicos y qué propiedades les da cada enlace.
3. Aprendemos a formular y nombrar binarios y ternarios por cruce de cargas con nombres de composición y de Stock.
4. Comprobamos con pilas y un LED qué sustancias, sólidas y disueltas, conducen la electricidad.
5. Contrastamos las predicciones con los datos, relacionamos estructura y propiedades y calculamos porcentajes en masa.
6. Redactamos las entradas del manual, valoramos las fuentes y otro equipo revisa el borrador.
7. Presentamos el manual y, de forma individual, resolvemos las etiquetas nuevas de la piscina.

Al terminar seré capaz de…

- ✓ Explicar la formación de un compuesto iónico, covalente o metálico a partir de los electrones de valencia y deducir la carga de los iones más frecuentes.
- ✓ Predecir el punto de fusión, la solubilidad en agua y la conductividad de una sustancia a partir de su estructura, y contrastar la predicción con un experimento seguro.
- ✓ Formular y nombrar sustancias simples, iones, óxidos, hidruros, sales binarias, hidróxidos, oxoácidos y oxosales utilizando nomenclatura de composición y, cuando proceda, de Stock, junto con los nombres aceptados por la IUPAC para oxoácidos y oxosales.
- ✓ Calcular la masa de una unidad fórmula y el porcentaje en masa de un elemento en un compuesto, con unidades y cifras razonables.
- ✓ Seleccionar y contrastar fuentes de información fiables sobre una sustancia y justificar la elección con criterios explícitos.

¿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 de fuentes y materiales base

SdA 4 · Compuestos y lenguaje químico

ALUMNADO

Todo lo necesario para redactar el manual: el caso del almacén, la formación de un compuesto iónico, los modelos de sólidos, la tabla de iones, las reglas de nomenclatura con ejemplos resueltos, los datos de propiedades con su gráfica, el montaje y el protocolo de conductividad, y criterios para valorar fuentes.

F1 El almacén del polideportivo: etiquetas sin explicar

ESTUDIO DE CASO

Estas son las etiquetas que el nuevo encargado encontró en el almacén. Algunas solo tienen la fórmula, otras solo un nombre comercial:

- **$MgCO_3$**, «magnesia»: polvo blanco para las manos en la sala de escalada y en gimnasia; absorbe el sudor.
- **$CaCl_2$**: sacos para deshielo de las escaleras de acceso en invierno.
- **$CaCO_3$**: polvo blanco para marcar las líneas de los campos de tierra.
- **NH_4NO_3**: bolsas de frío instantáneo del botiquín; al mezclar el sólido con el agua del sobre se enfrían.
- **Fe_2O_3**: pigmento rojo de la pista de atletismo; también es el óxido de las vallas viejas.
- **Al_2O_3**: capa que protege el aluminio de los marcos de las bicicletas del gimnasio.
- **TiO_2**: pigmento blanco de la pintura de las líneas y de algunas cremas solares.
- **NaClO**: desinfectante de la piscina («cloro»).
- **CO_2**: gas de los extintores y de las bebidas con gas de la máquina.
- **SiO_2**: arena de cuarzo de la pista de vóley playa.
- **$MgSO_4$**: sales de baño para la recuperación muscular.

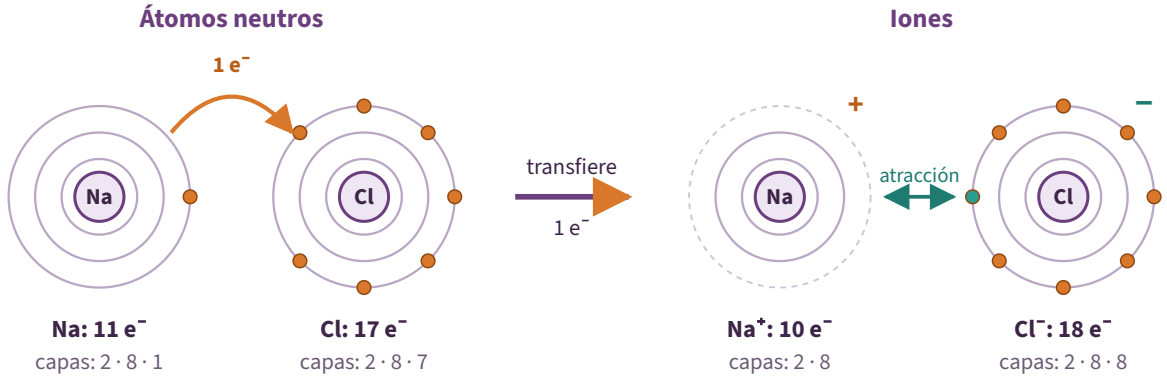
Hay además productos peligrosos que **no se manipulan en el aula** y que figuran en el manual solo con su ficha de datos de seguridad (FDS): hidróxido de sodio (NaOH), ácido sulfúrico (H_2SO_4) de las baterías de las plataformas elevadoras, amoniaco (NH_3) de los limpiadores y cal viva (CaO), que se dejó de usar para marcar campos porque quema la piel y los ojos.

Fuente: Caso ficticio creado para el aula; los usos de cada sustancia son reales y habituales en instalaciones deportivas.

Sin saber química, ¿qué dato de cada etiqueta (fórmula, nombre o uso) te parece más útil para un trabajador del almacén? ¿Qué información falta?

F2 Formación del cloruro de sodio por transferencia de electrones

ESQUEMA



El sodio pierde 1 e^- (catión) y el cloro lo gana (anión): se atraen y forman la red iónica de NaCl.

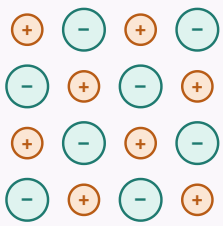
Fuente: Esquema de elaboración propia (modelo de capas simplificado; solo se dibujan los electrones de la capa externa).

El Na pierde su electrón de valencia y queda con la capa externa del neón; el Cl gana uno y queda con la del argón. Fíjate en que la carga total del compuesto es cero: 1+ y 1−.

F3 Cuatro modelos de sólido: cómo se organizan las partículas

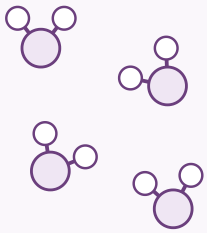
ESQUEMA

Red iónica
NaCl, MgO, $CaCO_3$



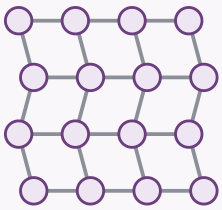
Iones + y − alternos, unidos por atracción eléctrica fuerte

Moléculas
H_2O, CO_2, azúcar



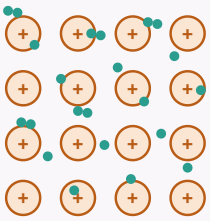
Moléculas sueltas: enlaces fuertes dentro, atracción débil entre ellas

Red covalente
SiO_2, diamante



Átomos unidos por enlaces covalentes en todas las direcciones: un gran cristal

Red metálica
Fe, Cu, Al



Cationes fijos en una red y electrones libres (•) que se mueven entre ellos

Fuente: Esquema de elaboración propia. Los tamaños de iones, átomos y moléculas no están a escala.

¿Qué partículas se pueden mover en cada modelo cuando el sólido se funde o se disuelve? ¿Y cuando está sólido?

F4 Tabla de iones frecuentes (con cargas)

DATOS

Tipo	Ion	Nombre habitual	Nombre sistemático o de Stock
Catión	H^+	hidrógeno	hidrógeno(1+)
Catión	Na^+, K^+	sodio, potasio	sodio(1+), potasio(1+)
Catión	Mg^{2+}, Ca^{2+}, Zn^{2+}	magnesio, calcio, cinc	magnesio(2+), calcio(2+), cinc(2+)
Catión	Al^{3+}	aluminio	aluminio(3+)
Catión	Fe^{2+} y Fe^{3+}	hierro(II) y hierro(III)	hierro(2+) y hierro(3+)
Catión	Cu^+ y Cu^{2+}	cobre(I) y cobre(II)	cobre(1+) y cobre(2+)
Catión	NH_4^+	amonio	amonio
Anión	Cl^-, F^-	cloruro, fluoruro	cloruro(1−), fluoruro(1−)
Anión	O^{2-}, S^{2-}	óxido, sulfuro	óxido(2−), sulfuro(2−)
Anión	H^-	hidruro	hidruro(1−)
Anión	OH^-	hidróxido	hidróxido(1−)
Anión	NO_3^-	nitrato	trioxidonitrato(1−)
Anión	CO_3^{2-}	carbonato	trioxidocarbonato(2−)
Anión	SO_4^{2-}	sulfato	tetraoxidosulfato(2−)
Anión	PO_4^{3-}	fosfato	tetraoxidofosfato(3−)
Anión	ClO^-	hipoclorito	oxidoclorato(1−)

Cómo leerla: la carga de un ion es el número de electrones que ha perdido (positiva) o ganado (negativa). Los metales de los grupos 1, 2 y 13 forman cationes de carga 1+, 2+ y 3+; los no metales de los grupos 17 y 16 forman aniones de carga 1− y 2−. El hierro y el cobre tienen **dos** cargas posibles y por eso su nombre lleva el número de Stock entre paréntesis y en romanos.

Fuente: Elaboración propia a partir de las Recomendaciones de la IUPAC de 2005 (Libro Rojo) y su versión en español. Los nombres entre corchetes son los sistemáticos.

F5 Reglas de nomenclatura IUPAC con ejemplos resueltos

DATOS

Tipo	Fórmula de ejemplo	Nombre de composición	Nombre de Stock o aceptado
Sustancia simple	O_2 · N_2 · S_8 · Fe	dioxígeno · dinitrógeno · octaazufre · hierro	(los átomos aislados y los metales llevan el nombre del elemento)
Óxido de metal	Fe_2O_3	trióxido de dihierro	óxido de hierro(III)
Óxido de no metal	CO_2 · SO_3	dióxido de carbono · trióxido de azufre	óxido de carbono(IV) · óxido de azufre(VI)
Hidruro metálico	NaH	hidruro de sodio	hidruro de sodio
Hidruro no metálico (grupos 13-15)	NH_3	trihidruro de nitrógeno	amoniaco (nombre aceptado)
Hidruro no metálico (grupos 16 y 17)	H_2S · HCl	sulfuro de dihidrógeno · cloruro de hidrógeno	en agua: ácido sulfhídrico · ácido clorhídrico
Sal binaria	$FeCl_3$ · CaF_2	tricloruro de hierro · difluoruro de calcio	cloruro de hierro(III) · fluoruro de calcio
Hidróxido	$Ca(OH)_2$ · $Fe(OH)_2$	dihidróxido de calcio · dihidróxido de hierro	hidróxido de calcio · hidróxido de hierro(II)
Oxoácido	H_2SO_4 · HNO_3	tetraoxidosulfato de dihidrógeno · trioxidonitrato de hidrógeno	ácido sulfúrico · ácido nítrico
Oxoácido	H_2CO_3 · H_3PO_4 · HClO	trioxidocarbonato de dihidrógeno · tetraoxidofosfato de trihidrógeno · oxidoclorato de hidrógeno	ácido carbónico · ácido fosfórico · ácido hipocloroso
Oxosal	$CaCO_3$ · Na_2SO_4	trioxidocarbonato de calcio · tetraoxidosulfato de disodio	carbonato de calcio · sulfato de sodio
Oxosal con paréntesis	$Al_2(SO_4)_3$ · $Ca_3(PO_4)_2$	tris(tetraoxidosulfato) de dialuminio · bis(tetraoxidofosfato) de tricalcio	sulfato de aluminio · fosfato de calcio

Prefijos: mono-, di-, tri-, tetra-, penta-, hexa-, hepta- (y bis-, tris- delante de nombres con paréntesis). «Mono» se omite si no hace falta. **Orden del nombre:** primero el elemento más electronegativo, con terminación -uro (u óxido), y después «de» y el otro elemento.

Ejemplo resuelto 1 (formular por cruce de cargas): fosfato de calcio.

1. Iones: calcio Ca^{2+} y fosfato PO_4^{3-}.
2. Cruce: la carga de uno es el subíndice del otro: $\mathrm{Ca_3(PO_4)_2}$.
3. Comprobación: $3 \cdot (+2) + 2 \cdot (-3) = +6 - 6 = 0$. El ion poliatómico va entre paréntesis si su subíndice es mayor que 1.

Ejemplo resuelto 2 (número de Stock): $\mathrm{Fe_2O_3}$. El oxígeno aporta $3 \cdot (-2) = -6$. Los dos hierros deben sumar $+6$, luego cada uno es $+3$: **óxido de hierro(III)**. Con prefijos: trióxido de dihierro.

Ejemplo resuelto 3 (ternario): $\mathrm{Mg(OH)_2}$. Catión Mg^{2+} y dos aniones OH^- ($+2 - 2 = 0$): **dihidróxido de magnesio** (hidróxido de magnesio).

Fuente: Elaboración propia según las Recomendaciones IUPAC de 2005 (nombres de composición y de Stock; se indican nombres tradicionales aceptados para ácidos y sales de uso común).

Aplica el cruce de cargas a Al^{3+} y O^{2-} y comprueba que el resultado coincide con el óxido de aluminio de la etiqueta F1.

F6 Datos de propiedades de sustancias del almacén y de su entorno

DATOS

Sustancia	Fórmula	Tipo de sustancia	Estado a 25 °C	T fusión (°C)	Solubilidad en agua	Conductividad
Cloruro de sodio	NaCl	iónica	sólido	801	alta (36 g/100 mL)	sólido: no · disuelto o fundido: sí
Cloruro de calcio	$CaCl_2$	iónica	sólido	772	muy alta (75 g/100 mL)	sólido: no · disuelto o fundido: sí
Óxido de magnesio	MgO	iónica	sólido	2852	casi insoluble	sólido: no · fundido: sí
Óxido de aluminio	Al_2O_3	iónica	sólido	2072	insoluble	sólido: no · fundido: sí
Carbonato de calcio	$CaCO_3$	iónica	sólido	se descompone al calentar (≈ 850)	insoluble	sólido: no
Dióxido de silicio (cuarzo)	SiO_2	red covalente	sólido	1713	insoluble	sólido: no
Agua	H_2O	molecular	líquido	0	—	pura: casi nula
Dióxido de carbono	CO_2	molecular	gas	sublima a −78	baja (0,17 g/100 mL)	casi nula
Metano	CH_4	molecular	gas	−182	casi insoluble	no
Sacarosa (azúcar)	$C_{12}H_{22}O_{11}$	molecular	sólido	186 (se descompone)	muy alta (200 g/100 mL)	sólido: no · disuelta: no
Hierro	Fe	metálica	sólido	1538	insoluble	sólido: sí
Cobre	Cu	metálica	sólido	1085	insoluble	sólido: sí
Aluminio	Al	metálica	sólido	660	insoluble	sólido: sí

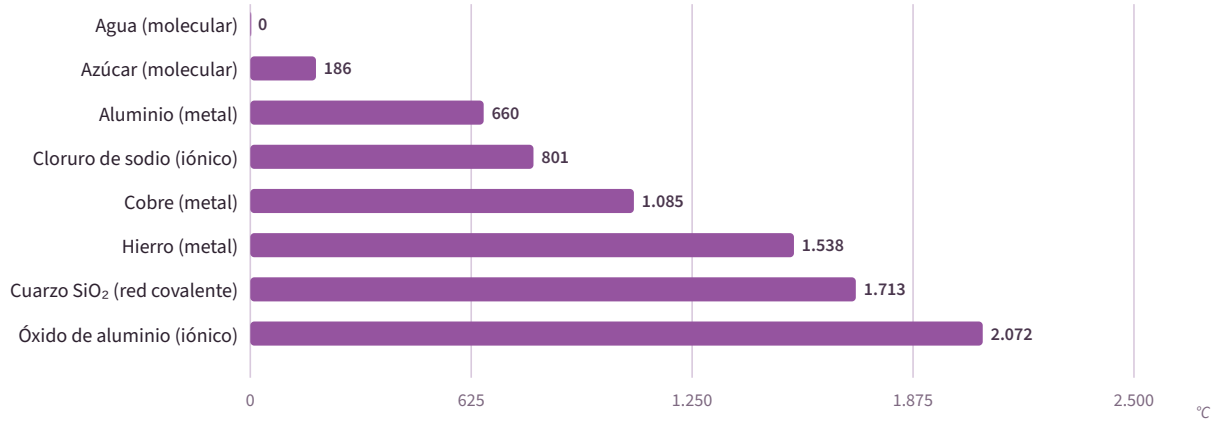
Masas atómicas (u): H 1,0 · C 12,0 · N 14,0 · O 16,0 · Na 23,0 · Mg 24,3 · Al 27,0 · Si 28,1 · S 32,1 · Cl 35,5 · K 39,1 · Ca 40,1 · Ti 47,9 · Fe 55,8. **Masa de una unidad fórmula** (u) = suma de las masas atómicas según los subíndices. **Porcentaje en masa de un elemento** = $\frac{\text{masa del elemento en la fórmula}}{\text{masa de la fórmula}} \cdot 100$.

Fuente: Valores de referencia redondeados de CRC Handbook of Chemistry and Physics y PubChem (NIH). La solubilidad es la del agua a 20 °C; el punto de fusión, a presión atmosférica.

¿Qué tienen en común las sustancias que conducen estando sólidas? ¿Y las que solo conducen disueltas o fundidas?

F7 Puntos de fusión de ocho sustancias, según su tipo de enlace

GRÁFICO



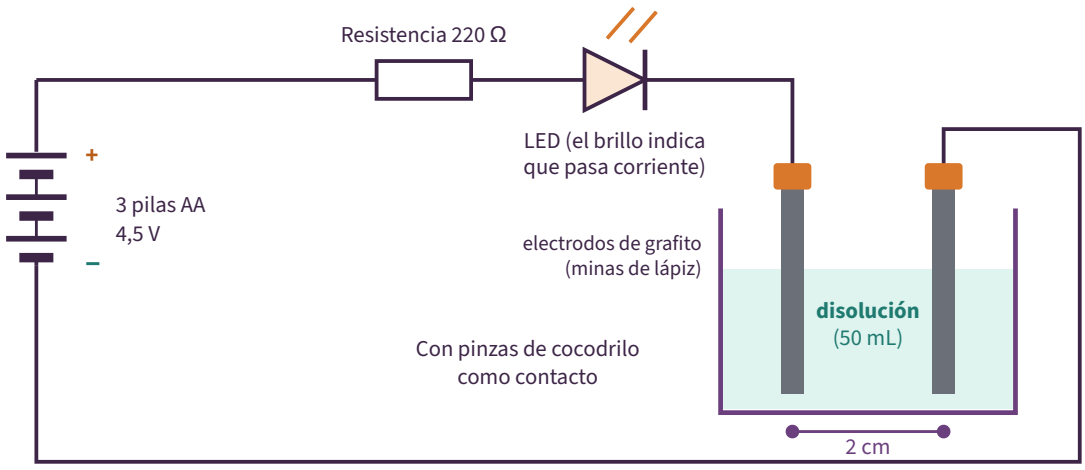
Las sustancias **moleculares** funden a temperaturas bajas porque solo hay que vencer las atracciones débiles **entre** moléculas. Las **redes** (iónicas, covalentes y metálicas) funden a temperaturas altas. El Al_2O_3 (Al^{3+} y O^{2-}) funde mucho más alto que el NaCl (Na^+ y Cl^-): a mayor carga de los iones, más fuerte es la atracción (en F6, el MgO funde a 2852 °C).

Fuente: Gráfica de elaboración propia con los datos de F6. Las sustancias con punto de fusión por debajo de 0 °C (CO_2, CH_4) y las de F6 no incluidas ($CaCl_2$, MgO, $CaCO_3$) no se representan.

¿Por qué el agua, con solo 0 °C, está en el mismo gráfico que el Al_2O_3? ¿Qué parte de la estructura se rompe en cada caso al fundir?

F8 Montaje para comprobar la conductividad

ESQUEMA



Fuente: Esquema de elaboración propia con símbolos de circuito normalizados.

Si en la disolución hay iones que se mueven, el circuito se cierra y el LED brilla. Un LED más brillante indica más corriente.

F9 Protocolo: ¿qué sustancias conducen la electricidad?

PROTOCOLO

Material y cantidades (por equipo): montaje de F8 (3 pilas AA, LED rojo, resistencia de 220 Ω, cables con pinzas de cocodrilo y 2 minas de grafito); 7 vasos de 100 mL; probeta de 50 mL; 2 g de cada sólido (sal, azúcar, bicarbonato, sulfato de magnesio); 20 mL de vinagre; cáscara de huevo lavada y seca; agua destilada; clip metálico y mina de grafito.

Equipo de protección y riesgos: gafas de protección. Riesgos: salpicaduras y, si el contacto es largo, electrólisis con formación de pequeñas cantidades de productos en los electrodos. Precauciones: máximo 10 s de contacto (minimiza la electrólisis), manos secas, no probar ni oler de cerca, trabajar sin prisas lejos del borde de la mesa.

Variables: independiente, la sustancia (y su estado, sólido o disuelta); dependiente, el brillo del LED (0 = no se enciende, 1 = tenue, 2 = medio, 3 = intenso); controladas, 2 g de sólido en 50 mL de agua destilada, 2 cm entre electrodos, mismo montaje y contacto de 10 s.

Procedimiento:

1. Montad el circuito de F8 con los electrodos al aire y comprobad que el LED **no** se enciende (circuito abierto). Predicción en la ficha **antes** de medir.
2. **Sólidos:** tocad con los dos electrodos, separados 2 cm, un trozo seco de sal, de azúcar y de sulfato de magnesio; después, tocad con ellos el clip y la mina de grafito. Anotad el brillo.
3. **Agua destilada:** echad 50 mL en un vaso, sumergid los electrodos 2 cm y anotad el brillo. Secad los electrodos con papel de cocina entre muestra y muestra.
4. **Disoluciones:** disolved 2 g de sal en 50 mL de agua destilada (≈ 4 g/100 mL) y medid; repetid con el azúcar, el bicarbonato y el sulfato de magnesio.
5. **Otras muestras:** medid 25 mL de vinagre con 25 mL de agua destilada, y 50 mL de agua destilada con un trozo de cáscara de huevo (agitad 1 min).
6. Anotad si cada sólido **se disuelve** (sí, poco o no) y el brillo de cada muestra.

Limpieza y residuos: las disoluciones salinas y el vinagre diluido se vierten al desagüe con agua abundante; la cáscara, a la basura orgánica; lavad y secad vasos, electrodos y clip; desconectad las pilas.

Resultado esperable (verificad con vuestro material): sólidos secos y agua destilada: 0; clip y grafito: 2-3. Disoluciones: sal 3, sulfato de magnesio 2-3, bicarbonato 2-3, vinagre diluido 1 (tenue), azúcar 0, cáscara de huevo 0.

Fuente: Protocolo de elaboración propia para material escolar de bajo riesgo (4,5 V). Las normas del centro prevalecen sobre este documento.

F10 Tres fuentes sobre la magnesia de escalada: ¿cuáles son fiables?

DATOS

Fuente	Autoría	Fecha	Datos comprobables	Interés comercial
A. Ficha de datos de seguridad (FDS) de un fabricante de carbonato de magnesio	Empresa fabricante, con teléfono y número CAS	2024	Sí: composición, unidades, riesgos y primeros auxilios	Vende el producto, pero la FDS es de obligado cumplimiento legal
B. Blog de un aficionado: «la magnesia es energía natural, no pasa nada si se traga»	Anónima	Sin fecha	No: sin cifras ni referencias	Enlaces de afiliados a una tienda
C. Ficha técnica de una tienda de deporte	La tienda, sin firma	2022	Parcial: fórmula y uso, sin riesgos	Alto: quiere vender

Fuente: Fuentes ficticias creadas para el aula (tipos reales de documentos que se encuentran al buscar información sobre una sustancia).

ANEXO 3

Fichas de actividades del alumnado

SdA 4 · Compuestos y lenguaje químico

ALUMNADO

FICHA 1 El almacén del polideportivo

Sesión 1

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Lee F1. Antes de ver el dossier, responde al diagnóstico de forma individual.

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

Un ion sodio, Na^+, es un átomo de sodio que…

☐ ha ganado un electrón ☐ ha perdido un electrón ☐ ha perdido un protón

La fórmula CO_2 indica que una molécula tiene…

☐ un átomo de carbono y dos de oxígeno ☐ dos átomos de carbono y uno de oxígeno ☐ carbono y oxígeno al 50 %

El gas O_2 es…

☐ un compuesto ☐ una sustancia simple ☐ una mezcla

Una disolución conduce la electricidad si contiene…

☐ moléculas neutras ☐ iones que se pueden mover ☐ partículas muy pequeñas

2 **Predice antes de experimentar. Para cada sustancia del almacén, ¿conducirá la electricidad en estado sólido y disuelta en agua (sí / no)? Razona en una frase.**

Sustancia	Sólida	Disuelta en agua	Por qué lo creo
Sal de mesa (NaCl)			
Azúcar			
Clip metálico (Fe)			
Sales de baño ($MgSO_4$)			

3 **Lee las fórmulas de F1: indica de qué elementos están formadas y cuántos átomos de cada uno hay en Fe_2O_3, $CaCO_3$, NH_4NO_3 y TiO_2.**

FICHA 2 Cómo se forman los compuestos y qué propiedades tienen

Sesión 2

Usa F2 (formación del NaCl), F3 (modelos de sólidos), F4 (iones), F6 (datos) y F7 (gráfica).

1 **Completa la tabla: deduce los electrones de valencia, el proceso y el ion que forma cada elemento (usa la tabla periódica y F4).**

Elemento	Grupo	Electrones de valencia	¿Pierde o gana? ¿Cuántos?	Ion que forma
Na	1			
Mg	2			
Al	13			
Cl	17			
O	16			
S	16			

2 **Clasifica cada sustancia según su estructura: iónica (I), molecular (M), red covalente (RC) o metálica (Me), y apunta la partícula que se mueve cuando conduce (si conduce).**

Sustancia	Tipo (I, M, RC, Me)	¿Conduce? ¿Qué partículas llevan la corriente?
NaCl		
CO_2		
Fe		
SiO_2		
Sacarosa		
MgO		

3 **Con F3 y F7, explica en cuatro o cinco líneas por qué el NaCl es sólido a 25 °C y funde a 801 °C, mientras que el CO_2 es un gas y sublima a −78 °C.**

FICHA 3 Formular y nombrar con la IUPAC

Sesión 3

Usa el cruce de cargas de F5 y la tabla de iones F4. Comprueba siempre que la suma de cargas es cero.

1 **Escribe la fórmula de cada sustancia (consulta F4 y F5).**

Nombre	Iones que intervienen	Fórmula
óxido de aluminio		
hidróxido de calcio		
sulfuro de dihidrógeno		
carbonato de magnesio		
nitrato de potasio		
ácido sulfúrico		
óxido de hierro(III)		
fosfato de calcio		

2 **Nombra cada fórmula con el nombre de composición (con prefijos) y con el de Stock o aceptado.**

Fórmula	Nombre de composición	Nombre de Stock o aceptado
Na_2O		
$FeCl_3$		
$Mg(OH)_2$		
HNO_3		
Na_2SO_4		
SO_3		

3 **El hierro y el cobre tienen dos cargas posibles. Deduce la carga del metal en cada óxido (el oxígeno es O^{2-}) y nómbralo.**

Fórmula	Carga del metal (cuenta)	Nombre de Stock	Nombre de composición
FeO			
Fe_2O_3			
Cu_2O			
CuO			

FICHA 4 Práctica: ¿quién conduce la electricidad?

Sesión 4

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Sigue el protocolo F9 con el montaje F8. Escribe cada predicción antes de medir. Contactos de máximo 10 s.

1 **Lista de seguridad (marcad antes de conectar las pilas).**

- ☐ Todo el equipo lleva gafas de protección
- ☐ Las manos y la mesa están secas
- ☐ El LED lleva su resistencia de 220 Ω en serie
- ☐ Hay vasos rotulados y papel de cocina para secar los electrodos
- ☐ Nadie prueba ni huele las muestras
- ☐ Sabemos dónde se vierten las disoluciones y dónde se guarda el material

2 **Anota tu predicción (0-3) y el brillo observado (0 = nada, 1 = tenue, 2 = medio, 3 = intenso). Indica si el sólido se disuelve.**

Muestra	Predicción (0-3)	Brillo observado (0-3)	¿Se disuelve?
Sal sólida			
Azúcar sólido			
Sulfato de magnesio sólido			
Clip metálico			
Mina de grafito			
Agua destilada			
Sal disuelta			
Azúcar disuelto			
Bicarbonato disuelto			
Sulfato de magnesio disuelto			
Vinagre diluido			
Cáscara de huevo + agua			

3 **Ordena las muestras que han hecho brillar el LED de mayor a menor brillo. ¿Qué tienen en común en su composición?**

FICHA 5 Datos, estructura y cantidades

Sesión 5

Contrasta tus resultados de la ficha 4 con F6 y haz los cálculos con las masas atómicas de F6.

1 **Compara cada predicción con lo observado. Para las tres muestras en que más te equivocaste, explica qué no habías tenido en cuenta (iones, moléculas, electrones).**

Muestra	Predicción	Observado	Explicación con el modelo (F3)

2 **Calcula la masa de la unidad fórmula y el porcentaje en masa del elemento indicado. Escribe los pasos con unidades (u).**

Compuesto	Masa fórmula (u)	% del elemento
$MgCO_3$ (Mg)		
TiO_2 (Ti)		
NH_4NO_3 (N)		

3 **Un saco de 25 kg de $CaCO_3$ se usa para marcar líneas. Calcula cuántos kilogramos de calcio contiene y explica por qué esa cantidad no equivale a 25 kg de calcio metálico.**

4 **El MgO funde a 2852 °C y el NaCl a 801 °C. Explica la diferencia con las cargas de los iones (F6 y F7).**

FICHA 6 Borrador del manual y valoración de fuentes

Sesión 6

Redactad el borrador en la plantilla del Anexo 4. Antes, valorad las fuentes (F10).

1 **Valora las tres fuentes de F10 con estos criterios: autoría identificable, fecha, datos con unidades que se puedan contrastar e interés comercial (si dos fuentes independientes y fiables coinciden, el dato es más seguro) y decide cuáles usarías en el manual.**

Fuente	Fiable, con cuidado o descartar	Por qué
A (FDS)		
B (blog)		
C (tienda)		

2 **Redacta la entrada del manual de la magnesia con tus datos (F1, F4, F6, práctica).**

Apartado	Entrada de la magnesia
Fórmula y nombre de composición	
Nombre de Stock o aceptado	
Iones y tipo de sustancia	
Propiedad predicha o medida	
Utilidad deportiva	
Precaución y fuente	

3 **Revisión cruzada. Comprobad el borrador del otro equipo y marcad lo que cumple.**

- ☐ Cada sustancia lleva fórmula y nombre IUPAC (composición o Stock)
- ☐ Las cargas de los iones están bien escritas y suman cero
- ☐ Se indica el tipo de enlace y se justifica una propiedad
- ☐ Los datos tienen unidad y fuente
- ☐ Hay una precaución clara para cada sustancia peligrosa
- ☐ Se explica la utilidad deportiva o técnica
- ☐ Se podría usar en el almacén sin preguntar nada

FICHA 7 Evidencia individual: la piscina

Sesión 7

Trabajo individual. El gestor te trae cinco etiquetas nuevas de la sala de máquinas de la piscina. Puedes usar F4 y F5.

1 **Completa la tabla: fórmula o nombre que falta, nombre de Stock o aceptado y tipo de sustancia.**

Etiqueta	Fórmula	Nombre IUPAC (composición o Stock)	Tipo de sustancia
«cloro»: hipoclorito de sodio			
floculante: sulfato de aluminio			
regulador de pH: carbonato de sodio			
ácido clorhídrico (en agua)			
sal de la electrólisis: cloruro de sodio			

2 **Predice y justifica: ¿conducirá la corriente el $Al_2(SO_4)_3$ sólido? ¿Y disuelto en el agua de la piscina? Explícalo con el modelo de iones.**

3 **Calcula la masa de la unidad fórmula del sulfato de aluminio, $Al_2(SO_4)_3$, y el porcentaje en masa del aluminio.**

ANEXO 4

Plantilla del producto final

SdA 4 · Compuestos y lenguaje químico

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Página-tipo del manual del almacén (una por sustancia). Completad con letra clara: fórmulas con sus cargas, nombres IUPAC y datos con unidad.

Etiqueta y sustancia

Nombre comercial, fórmula y nombre de composición.

Nombre de Stock o aceptado

Y número de Stock si el metal tiene varias cargas.

Iones o átomos que la forman

Símbolos con carga y comprobación de que la suma es cero.

Tipo de sustancia y formación

Iónica, molecular, red covalente o metálica; qué electrones intervienen.

Esquema del modelo

Dibujad las partículas y su organización.

Propiedades

Punto de fusión, solubilidad y conductividad, con valor y fuente o ensayo.

Datos cuantitativos

Masa de la fórmula y porcentaje en masa de un elemento.

Utilidad deportiva o técnica

Dónde se usa y por qué esa propiedad es útil.

Precauciones y residuos

Según la FDS; qué no hacer.

Fuentes y fiabilidad

Dos fuentes y por qué son fiables.

Conclusión del equipo

Una frase que enlaza estructura, propiedad y uso.

ANEXO 5

Lista de cotejo para el proceso y la entrega

SdA 4 · Compuestos y lenguaje químico

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Antes de entregar **Manual estructura-propiedades y nomenclatura inorgánica**, comprueba cada punto y marca la casilla. Si alguno falla, todavía estás a tiempo de mejorarlo.

Contenido del producto

- [ ] Cada sustancia del manual lleva su fórmula y su nombre IUPAC de composición o de Stock, bien escritos.
- [ ] Los iones se escriben con su carga, la suma de cargas es cero y los paréntesis y subíndices son correctos.
- [ ] Se indica el tipo de sustancia (iónica, molecular, red covalente o metálica) y se explica con electrones o iones cómo se forma.
- [ ] Las propiedades (punto de fusión, solubilidad, conductividad) se relacionan con la estructura.
- [ ] Los resultados de la práctica de conductividad aparecen con la escala 0-3 y se contrastan con la predicción.
- [ ] Los datos numéricos (masa fórmula, porcentaje) llevan unidades y se han calculado con masas atómicas indicadas.
- [ ] Hay al menos dos fuentes por sustancia peligrosa y se justifica su fiabilidad (autoría, fecha, datos).
- [ ] Se explica la utilidad deportiva o técnica y se indica la precaución de seguridad correspondiente.
- [ ] Los residuos de la práctica se gestionaron como indica el protocolo y las sustancias fuertes no se manipularon.
- [ ] El manual es claro: se podría usar en el almacén sin hacer preguntas.

Calidad y rigor

- [ ] He usado el vocabulario científico y los símbolos correctos (magnitudes, unidades del SI, fórmulas).
- [ ] He apoyado mis conclusiones con datos, medidas, cálculos o modelos, y he indicado sus límites.
- [ ] He escrito cada resultado con su unidad y he comprobado si su orden de magnitud es razonable.
- [ ] He citado o identificado todas las fuentes de datos utilizadas.
- [ ] He revisado la ortografía, la presentación y el orden del producto, e incorporado las mejoras de la coevaluación.

Lo que más me ha costado

Firma del equipo / fecha de entrega

ANEXO 6

Rúbrica imprimible

SdA 4 · Compuestos y lenguaje químico

ALUMNADO · DOCENTE

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Rúbrica para valorar **Manual estructura-propiedades y nomenclatura inorgánica**. Marca el nivel alcanzado en cada indicador.

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial	Nivel
Comprensión científica	Explica con precisión la formación de compuestos iónicos, covalentes y metálicos, relaciona estructura con punto de fusión, solubilidad y conductividad en estado sólido y disuelto, y señala los límites del modelo.	Explica correctamente la formación y la mayoría de las propiedades, con alguna imprecisión en la conductividad o en el tipo de enlace.	Distingue iónico y molecular, pero no justifica las propiedades con la estructura.	Confunde enlace y molécula o atribuye la conductividad al «tipo de sólido» sin hablar de iones o electrones.	
Datos y resolución	Formula y nombra sin errores binarios y ternarios por cruce de cargas, calcula masas fórmula y porcentajes con unidades y comprueba que la suma de cargas es cero.	Formula y nombra bien casi todas las sustancias; fallos aislados de subíndices, paréntesis o cifras.	Resuelve las sustancias más sencillas; confunde prefijos o números de Stock.	No aplica un método de formulación ni calcula masas.	
Investigación	Predice antes de medir, controla las variables de la práctica (masa, volumen, distancia, tiempo), clasifica las muestras con sus datos y contrasta cada predicción con una explicación estructural.	Controla la mayoría de variables y contrasta las predicciones con alguna explicación poco justificada.	Anota resultados sin contrastar con las predicciones ni controlar variables.	No distingue observación, predicción e interpretación.	
Seguridad y lenguaje	Cumple las normas de la práctica (gafas, contacto breve, residuos) y las de las sustancias fuertes (FDS), y usa fórmulas, nombres y símbolos de iones con rigor.	Cumple las normas con algún recordatorio; lenguaje correcto con fallos menores en los símbolos de carga.	Necesita avisos frecuentes y mezcla formas de nombrar sin criterio.	Incumple normas o escribe fórmulas y nombres sin sentido químico.	
Revisión y cooperación	Cumple su rol, revisa el manual de otro equipo con propuestas concretas sobre datos y nombres e incorpora las mejoras recibidas.	Cumple su rol y su revisión incluye alguna propuesta útil.	Participa de forma irregular; revisión superficial.	No asume su rol ni revisa.	

Observaciones del docente

Valoración global

ANEXO 7

Autoevaluación y coevaluación

SdA 4 · Compuestos y lenguaje químico

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Parte 1 · Autoevaluación

Afirmación	Aún no	Con ayuda	Bien	Muy bien
Sé deducir la carga de un ion y formular un compuesto por cruce de cargas comprobando que la suma es cero.	○	○	○	○
Sé explicar si una sustancia conducirá la electricidad y cuál es su punto de fusión aproximado a partir de su estructura.	○	○	○	○
He cumplido mi rol y mis tareas dentro del equipo.	○	○	○	○
He escuchado y tenido en cuenta las ideas de los demás.	○	○	○	○
He usado fuentes y evidencias para justificar mis ideas.	○	○	○	○
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

Material de apoyo y refuerzo

SdA 4 · Compuestos y lenguaje químico

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Material de apoyo: método paso a paso para formular y nombrar, y ejercicios con las cargas ya dadas.

Método de cruce de cargas en cuatro pasos

1. Escribe el catión y el anión con su carga (F4).
2. Cruza las cargas: la carga del catión (sin signo) será el subíndice del anión y al revés. Si ambos tienen el mismo valor, no hay subíndices (NaCl).
3. Simplifica los subíndices si se puede y pon paréntesis al ion poliatómico con subíndice mayor que 1.
4. Comprueba que la suma de cargas es cero.

Ejemplo: óxido de aluminio. Al^{3+} y O^{2-} → Al_2O_3 → $2 \cdot (+3) + 3 \cdot (-2) = 0$. **Nombre de composición:** trióxido de dialuminio.

Prefijos y terminaciones

Prefijos: 1 = mono, 2 = di, 3 = tri, 4 = tetra.
Terminaciones: el anión lleva -uro (cloruro, sulfuro), excepto óxido, hidróxido y los oxoaniones (nitrato, sulfato, carbonato, fosfato).

Ejemplo: CaF_2 → difluoruro de calcio (composición) o fluoruro de calcio (Stock, porque el calcio solo tiene carga 2+).

1 **Completa la tabla con las cargas ya dadas: escribe la fórmula y comprueba que la suma es cero.**

Catión	Anión	Fórmula	Suma de cargas
Na^+	Cl^-		
Mg^{2+}	O^{2-}		
Ca^{2+}	Cl^-		
Al^{3+}	O^{2-}		
Ca^{2+}	OH^-		

2 **Relaciona cada fórmula con su nombre.**

1 NaCl ●	● a Dióxido de carbono
2 $CaCO_3$ ●	● b Carbonato de calcio
3 CO_2 ●	● c Cloruro de sodio
4 Fe_2O_3 ●	● d Óxido de hierro(III)

3 Clasifica cada sustancia como iónica (I), molecular (M) o metálica (Me) y di si conduce estando sólida.

Sustancia	Tipo	¿Conduce sólida?
Cobre		
Azúcar		
Cloruro de calcio		

4 Calcula la masa de una unidad fórmula de NaCl (Na = 23,0 u; Cl = 35,5 u) y el porcentaje en masa del sodio.

ANEXO 9

Actividad de ampliación

SdA 4 · Compuestos y lenguaje químico

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Tres polvos blancos y una sal ácida

En el botiquín aparecen tres bolsas sin etiqueta con polvo blanco: **sal**, **azúcar** y **bicarbonato**. Hay que identificarlas **sin probarlas**, con un plan de ensayos seguros, y después nombrar el bicarbonato correctamente.

Pasos

1. Con F6 y la práctica, predice qué ensayo distingue el azúcar de las otras dos (¿conducen sus disoluciones?).
2. El bicarbonato es hidrogenocarbonato de sodio, $\mathrm{NaHCO_3}$. Forma su fórmula con $\mathrm{Na^+}$ y $\mathrm{HCO_3^-}$ (hidrogenocarbonato). Nómbralo con el nombre de composición: hidrogenotrioxidocarbonato de sodio.
3. Cuando se echa vinagre sobre el bicarbonato aparecen burbujas de $\mathrm{CO_2}$; no ocurre con la sal ni con el azúcar. Diseña una tabla de ensayos (disolución, conductividad, vinagre) con el resultado esperado para cada polvo.
4. Calcula la masa fórmula del $\mathrm{NaHCO_3}$ y el porcentaje en masa del sodio (H = 1,0; C = 12,0; O = 16,0; Na = 23,0).

Entrega

Una página con la tabla de ensayos y los resultados esperados, el nombre y la fórmula del bicarbonato, el cálculo de la masa fórmula y una frase sobre qué ensayo es decisivo para cada polvo.

ANEXO 10

Guía docente de respuestas y orientaciones

SdA 4 · Compuestos y lenguaje químico

DOCENTE

Ficha 1

1. Diagnóstico: ha perdido un electrón; un átomo de carbono y dos de oxígeno; una sustancia simple; iones que se pueden mover.
2. Predicciones: respuesta abierta. Resultado esperable: NaCl sólida no, disuelta sí (iones); azúcar no en ambos estados (moléculas neutras); clip sí en estado sólido (electrones libres); $MgSO_4$ sólido no, disuelto sí.
3. Fe_2O_3: 2 átomos de hierro y 3 de oxígeno; $CaCO_3$: 1 Ca, 1 C y 3 O; NH_4NO_3: 2 N, 4 H y 3 O (hay dos átomos de nitrógeno: uno en el amonio y otro en el nitrato); TiO_2: 1 Ti y 2 O.

Ficha 2

1. Na: grupo 1, 1 e^- de valencia, pierde 1, Na^+. Mg: grupo 2, 2 e^-, pierde 2, Mg^{2+}. Al: grupo 13, 3 e^-, pierde 3, Al^{3+}. Cl: grupo 17, 7 e^-, gana 1, Cl^-. O: grupo 16, 6 e^-, gana 2, O^{2-}. S: grupo 16, 6 e^-, gana 2, S^{2-}.
2. NaCl: I; conduce disuelto o fundido, por los iones. CO_2: M; casi no conduce. Fe: Me; conduce sólido, por los electrones libres. SiO_2: RC; no conduce. Sacarosa: M; no conduce. MgO: I; conduce fundido (por iones), no sólido.
3. En el NaCl los iones Na^+ y Cl^- se atraen con fuerza en toda la red y hay que aportar mucha energía (801 °C) para que se muevan; en el CO_2 solo hay atracciones débiles entre moléculas, que se rompen a −78 °C. En NaCl el enlace es una atracción en la red, en CO_2 el enlace C=O es fuerte pero está dentro de la molécula y no se rompe al cambiar de estado.

Ficha 3

1. Fórmulas: Al_2O_3 (Al^{3+}, O^{2-}); $Ca(OH)_2$ (Ca^{2+}, OH^-); H_2S (H^+, S^{2-}); $MgCO_3$ (Mg^{2+}, CO_3^{2-}); KNO_3 (K^+, NO_3^-); H_2SO_4 (H^+, SO_4^{2-}); Fe_2O_3 (Fe^{3+}, O^{2-}); $Ca_3(PO_4)_2$ (Ca^{2+}, PO_4^{3-}).
2. Na_2O: óxido de disodio / óxido de sodio. $FeCl_3$: tricloruro de hierro / cloruro de hierro(III). $Mg(OH)_2$: dihidróxido de magnesio / hidróxido de magnesio. HNO_3: trioxidonitrato de hidrógeno / ácido nítrico. Na_2SO_4: tetraoxidosulfato de disodio / sulfato de sodio. SO_3: trióxido de azufre / óxido de azufre(VI).
3. FeO: Fe^{2+} (O^{2-} aporta −2), óxido de hierro(II), monóxido de hierro. Fe_2O_3: 2x = 6, Fe^{3+}, óxido de hierro(III), trióxido de dihierro. Cu_2O: 2x = 2, Cu^+, óxido de cobre(I), óxido de dicobre. CuO: Cu^{2+}, óxido de cobre(II), monóxido de cobre.

Ficha 4

1. Lista de seguridad: todas las casillas marcadas antes de conectar las pilas.
2. Rango esperable (brillo): sólidos secos 0 (sal, azúcar, $MgSO_4$); clip 2-3; grafito 2-3; agua destilada 0; sal disuelta 3; azúcar disuelto 0; bicarbonato 2-3; $MgSO_4$ disuelto 2-3; vinagre diluido 1 (tenue, el ácido acético es poco ionizado); cáscara de huevo + agua 0. Disolución: sal, azúcar, bicarbonato y $MgSO_4$ se disuelven; la cáscara ($CaCO_3$) no. Si hay grifo en lugar de agua destilada, el LED puede lucir tenue (1) por las sales disueltas.
3. Las muestras que hacen brillar el LED tienen iones móviles (disoluciones de sales) o electrones libres (metal, grafito). Orden típico: sal ≥ $MgSO_4$ ≈ bicarbonato > vinagre. Concentración de las disoluciones: 2 g en 50 mL son 4 g/100 mL, es decir, 40 g/L.

Ficha 5

1. Comparación: respuesta abierta; errores típicos: pensar que el azúcar conduce porque se disuelve (las moléculas son neutras), pensar que la sal sólida conduce (los iones están fijos en la red) o que el vinagre conduce tanto como la sal (solo está poco ionizado).
2. $MgCO_3$: 24,3 + 12,0 + 3·16,0 = 84,3 u; Mg: 24,3/84,3 · 100 = 28,8 %. TiO_2: 47,9 + 2·16,0 = 79,9 u; Ti: 47,9/79,9 · 100 = 59,9 %. NH_4NO_3: 2·14,0 + 4·1,0 + 3·16,0 = 80,0 u; N: 28,0/80,0 · 100 = 35,0 %.
3. $CaCO_3$: 40,1 + 12,0 + 48,0 = 100,1 u; Ca = 40,1/100,1 = 40,1 %. Masa de Ca: 25 kg · 0,401 = 10,0 kg. No equivale a 25 kg de Ca metálico: el calcio está en forma de ion Ca^{2+} dentro de un compuesto, con propiedades muy distintas (el Ca metálico reacciona con el agua).
4. El MgO tiene iones de carga 2+ y 2−, que se atraen mucho más fuertemente que los de carga 1+ y 1− del NaCl: hace falta más energía (más temperatura) para romper la red (2852 °C frente a 801 °C).

Ficha 6

1. Fuentes: A fiable (autoría clara, fecha, datos y riesgos, obligación legal), aunque conviene contrastarla con otra fuente; B descartar (anónima, sin fecha, sin datos, interés de afiliados, y su afirmación sobre tragar es peligrosa); C usar con cuidado (sirve para el uso, pero no para riesgos; hay interés comercial).
2. Magnesia: $MgCO_3$, trioxidocarbonato de magnesio / carbonato de magnesio; Stock no necesario (el magnesio solo forma Mg^{2+}); iones Mg^{2+} y CO_3^{2-}, iónica (sólido de red, sin conductividad sólida); funde con descomposición a temperatura alta (el valor exacto no se pide); utilidad: absorbe el sudor; precaución: polvo irritante para ojos y vías respiratorias, usar gafas y no inhalar; fuente: FDS del fabricante.
3. Revisión cruzada: respuesta abierta; se valora que las propuestas sean concretas (señalar la fórmula o el nombre erróneo, la carga que falta o el dato sin unidad).

Ficha 7

1. NaClO: oxidoclorato de sodio / hipoclorito de sodio, iónica. $Al_2(SO_4)_3$: tris(tetraoxidosulfato) de dialuminio / sulfato de aluminio, iónica. Na_2CO_3: trioxidocarbonato de disodio / carbonato de sodio, iónica. HCl: cloruro de hidrógeno (gas), ácido clorhídrico en disolución; molecular. NaCl: cloruro de sodio, iónica.
2. $Al_2(SO_4)_3$ sólido no conduce (iones fijos en la red); disuelto sí, porque libera Al^{3+} y SO_4^{2-} que se mueven.
3. Masa fórmula: 2·27,0 + 3·(32,1 + 4·16,0) = 54,0 + 3·96,1 = 342,3 u. % Al = 54,0/342,3 · 100 = 15,8 %.

Refuerzo (Anexo 8)

1. NaCl (1 + 1 − = 0); MgO (2+ y 2−, suma 0); $CaCl_2$ (2 + 2·(−1) = 0); Al_2O_3 (6 − 6 = 0); $Ca(OH)_2$ (2 + 2·(−1) = 0).
2. NaCl: cloruro de sodio; $CaCO_3$: carbonato de calcio; CO_2: dióxido de carbono; Fe_2O_3: óxido de hierro(III).
3. Cobre: metálica, sí conduce sólido; azúcar: molecular, no; cloruro de calcio: iónica, no conduce sólido.
4. M(NaCl) = 23,0 + 35,5 = 58,5 u; % Na = 23,0/58,5 · 100 = 39,3 %.

Ampliación (Anexo 9)

1. El azúcar se distingue por la conductividad: su disolución no conduce (moléculas neutras), mientras que las de sal y bicarbonato conducen (iones).
2. $NaHCO_3$: hidrogenocarbonato de sodio (nombre aceptado en lugar de «bicarbonato»); composición: hidrogenotrioxidocarbonato de sodio. Se forma con Na^+ y HCO_3^- (1+ y 1−).
3. Tabla de ensayos esperada: sal (conduce en disolución, sin burbujas con vinagre); azúcar (no conduce, sin burbujas); bicarbonato (conduce, burbujas de CO_2 con vinagre). El ensayo decisivo para el bicarbonato es el vinagre; para el azúcar, la conductividad.
4. $M(NaHCO_3) = 23{,}0 + 1{,}0 + 12{,}0 + 48{,}0 = 84{,}0$ u; % Na = $23{,}0/84{,}0 \cdot 100 = 27{,}4$ %.

Errores frecuentes

- Confundir ion y átomo, o escribir la carga como subíndice (Na_1 en vez de Na^+).
- Olvidar los paréntesis en los iones poliatómicos ($CaOH_2$ en lugar de $Ca(OH)_2$) o poner paréntesis a iones con subíndice 1.
- Cruzar mal las cargas: usar la del propio ion como subíndice o no simplificar (Mg_2O_2 en lugar de MgO).
- Usar prefijos en un sitio y número de Stock en otro dentro del mismo nombre (óxido de hierro(III) con «tri» delante).
- Creer que toda sustancia que se disuelve conduce (el azúcar se disuelve como moléculas neutras) o que toda sal sólida conduce.
- Confundir masa de la fórmula con la masa de la muestra, o dejar el porcentaje sin comprobar que la suma da 100 %.

Criterios para valorar respuestas abiertas

- Nomenclatura: se acepta el nombre de composición o el de Stock si es correcto; se valora el uso coherente de uno u otro en toda la tarea.
- En las predicciones de conductividad se valora el razonamiento con iones, moléculas o electrones más que acertar el brillo exacto del LED.
- Seguridad: la práctica es de 4,5 V con sustancias domésticas; vigilar el contacto breve (≤ 10 s) y que no se manipulen las sustancias fuertes de F1.
- Los valores de brillo del LED dependen de las pilas, del LED y de la distancia entre electrodos: verificad el rango con el material del centro antes de la sesión.

05

SITUACIÓN DE APRENDIZAJE

Química con cantidades

PREGUNTA GUÍA

¿Cómo conectamos moles, masas y ecuaciones para predecir cantidades reales?

CURSO 4.º ESO	SESIONES 7 sesiones	BLOQUES DE SABERES A · B · E
COMPETENCIAS ESPECÍFICAS CE1, CE2, CE3	PRODUCTO FINAL Cuaderno de cantidad de materia y estequiometría	CRITERIOS DE EVALUACIÓN 1.2, 2.2, 3.1, 3.2

Contexto, reto y producto

En el concurso de repostería del instituto, el bizcocho de Lucía sale plano y con un regusto «a jabón», mientras que el de Hugo sube de maravilla. La receta pide bicarbonato sódico y un ácido (yogur, zumo de limón o vinagre) que lo haga reaccionar y libere dióxido de carbono; ese gas es el que infla la masa. Lucía echó «una cucharada generosa» de bicarbonato y el jurado dedujo que sobró bicarbonato sin reaccionar. Nadie sabe calcular cuánto hace falta de cada ingrediente, así que cada receta es una apuesta.

Esta situación convierte al alumnado en el **laboratorio de calidad** del concurso. Aprende a contar partículas con el **mol**, a pasar de gramos a moles y a partículas con la **masa molar** y el **número de Avogadro**, a **ajustar ecuaciones** y a usar las proporciones de la ecuación (**estequiometría**) para predecir cuánto CO_2 se libera, qué reactivo se acaba antes (**reactivo limitante**) y cuánto sobra. Lo comprueba con una práctica segura de microescala, pesando la pérdida de masa del CO_2 que escapa, y compara el resultado con la predicción para hablar de **rendimiento** y de errores. Al final aplica el mismo método a casos de la industria y del medio ambiente, como las emisiones de CO_2 al quemar butano.

Reto

Predecir con la estequiometría cuánto CO_2 libera el bicarbonato al reaccionar con vinagre, comprobarlo pesando y reunir el método y los resultados en un cuaderno de cantidad de materia que permita calcular cantidades reales en otras reacciones.

Producto final

Cuaderno de cantidad de materia y estequiometría.

Vinculación curricular

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS MOVILIZADAS

CE1

Comprender y explicar los fenómenos fisicoquímicos del entorno con leyes y teorías, y resolver problemas para mejorar la realidad cercana.

CE2 Formular preguntas e hipótesis y comprobarlas mediante la experimentación, la indagación y la búsqueda de evidencias.

CE3

Manejar con soltura las normas de la física y la química: lenguaje IUPAC, lenguaje matemático, unidades, seguridad en el laboratorio y datos en distintos formatos.

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

1.2 Resolver los problemas fisicoquímicos planteados mediante las leyes y teorías científicas adecuadas, razonando los procedimientos utilizados para encontrar las soluciones y expresando los resultados con corrección y precisión.

2.2 Predecir, para las cuestiones planteadas, respuestas que se puedan comprobar con las herramientas y conocimientos adquiridos, tanto de forma experimental como deductiva, aplicando el razonamiento lógico-matemático en su proceso de validación.

3.1 Emplear fuentes variadas fiables y seguras para seleccionar, interpretar, organizar y comunicar información relativa a un proceso fisicoquímico concreto, relacionando entre sí lo que cada una de ellas contiene, extrayendo en cada caso lo más relevante para la resolución de un problema y desechando todo lo que sea irrelevante.

3.2 Utilizar adecuadamente las reglas básicas de la física y la química, incluyendo el uso correcto de varios sistemas de unidades, las herramientas matemáticas necesarias y las reglas de nomenclatura avanzadas, consiguiendo una comunicación efectiva con toda la comunidad científica.

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

Código	Saber básico
B5	Cuantificación de la cantidad de materia: cálculo del número de moles de sistemas materiales de diferente naturaleza, manejando con soltura las diferentes formas de medida y expresión de la misma en el entorno científico.
E1	Ecuaciones químicas: ajuste de reacciones químicas y realización de predicciones cualitativas y cuantitativas basadas en la estequiometría, relacionándolas con procesos fisicoquímicos de la industria, el medioambiente y la sociedad.
A4	El lenguaje científico: manejo adecuado de distintos sistemas de unidades y sus símbolos. Herramientas matemáticas adecuadas en diferentes escenarios científicos y de aprendizaje.

Concreción didáctica en esta situación

- Mol y masa molar: masas atómicas IUPAC redondeadas, masa molar de compuestos y número de Avogadro, $N_A = 6{,}022 \cdot 10^{23}\ \mathrm{mol^{-1}}$.
- Conversión masa-mol-partículas, y también moles de una disolución ($n = c \cdot V$) y de un gas en condiciones normales ($22{,}4\ \mathrm{L/mol}$).
- Ajuste de ecuaciones por tanteo y coeficientes estequiométricos como proporción de partículas y de moles.
- Relaciones estequiométricas masa-masa, reactivo limitante y exceso; conservación de la masa.
- Predicciones cuantitativas y su validación experimental: rendimiento, error experimental y aplicaciones en la industria (síntesis de amoniaco) y el medio ambiente (CO_2 de la combustión).

Objetivos didácticos

- ✓ Calcular masas molares y pasar de masa a moles y partículas, o a moles de un gas o de una disolución.
- ✓ Ajustar ecuaciones y leerlas en partículas, moles y masas, comprobando la conservación de la masa.
- ✓ Resolver problemas masa-masa y de reactivo limitante con planteamiento y unidades.
- ✓ Predecir, medir y representar la pérdida de masa por CO_2 e interpretar el cambio de pendiente como reactivo limitante.
- ✓ Calcular el rendimiento, explicar las diferencias con lo predicho y aplicar el método a un caso nuevo.

Metodología

Indagación
Predicción, contraste y conclusión.

Modelización
Conectar observaciones con modelos, leyes y representaciones.

Resolución de problemas
Planteamiento, unidades, cálculo, comprobación e interpretación.

Trabajo experimental
Variables, datos, seguridad y residuos.

Cooperación
Roles rotatorios y responsabilidad compartida.

Secuencia de sesiones y actividades

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

1

SESIÓN 1

Lanzamiento del caso del bizcocho, diagnóstico inicial y predicción de la gráfica de CO_2 frente a la masa de bicarbonato

Evidencia: Ficha 1: test de diagnóstico, predicción razonada de la gráfica y primeros ajustes por tanteo.

Ficha: Anexo 3 · ficha 1

2

SESIÓN 2

Mol, masa molar y número de Avogadro; moles de sólidos, disoluciones y gases

Evidencia: Ficha 2: masas molares y conversiones masa-mol-partículas con unidades (F2, F3 y F4).

Ficha: Anexo 3 · ficha 2

3

SESIÓN 3

Ajuste de ecuaciones y relaciones estequiométricas: problemas masa-masa y conservación de la masa

Evidencia: Ficha 3: ocho ecuaciones ajustadas e interpretación molar y problemas masa-masa (F5 y F6).

Ficha: Anexo 3 · ficha 3

4

SESIÓN 4

Práctica de microescala: pérdida de masa de CO_2 en la reacción del bicarbonato con vinagre y cálculo previo

Evidencia: Ficha 4: lista de seguridad, cálculo teórico previo y tabla de masas medidas (F7).

Ficha: Anexo 3 · ficha 4

5

SESIÓN 5

Tratamiento de resultados: gráfica, reactivo limitante, rendimiento y errores; caso del butano

Evidencia: Ficha 5: tabla teórico/medido con rendimiento, gráfica y cálculo del CO_2 de una bombona (F8, F9 y F10).

Ficha: Anexo 3 · ficha 5

6

SESIÓN 6

Borrador del cuaderno, receta del bizcocho y revisión entre equipos

Evidencia: Ficha 6: cálculo de la receta, entrada del cuaderno y revisión cruzada.

Ficha: Anexo 3 · ficha 6

7

SESIÓN 7

Presentación del cuaderno y evidencia individual con el antiácido de carbonato de calcio

Evidencia: Cuaderno final (Anexo 4) y Ficha 7: ecuación, moles, reactivo limitante y masa en un caso nuevo.

Ficha: Anexo 3 · ficha 7

Evaluación

Se combinan diagnóstico, observación, fichas/cuaderno, producto final, evidencia individual y autoevaluación. El resultado numérico se valora junto con el planteamiento, la unidad, la comprobación y la interpretación.

Criterios, evidencias e instrumentos

Criterio	Evidencia principal	Instrumento
1.2	Resolución con planteamiento y unidades de problemas de masa molar, conversión masa-mol-partículas, masa-masa y reactivo limitante (bicarbonato, butano, antiácido), con comprobación de la conservación de la masa.	Fichas 2, 3, 5 y 7 / rúbrica y guía docente
2.2	Predicción de la gráfica de pérdida de masa antes de medir, cálculo teórico previo por estequiometría y validación con los datos de la práctica (rendimiento y explicación de la desviación).	Fichas 1, 4 y 5 y cuaderno (Anexo 4) / rúbrica
3.1	Extracción de los datos relevantes de las tablas y textos del dossier (masas molares, protocolo, datos del equipo de prueba y del butano) y organización de la tabla de resultados del cuaderno.	Fichas 4, 5 y 6 / lista de cotejo
3.2	Uso correcto de magnitudes y unidades (g, mol, g/mol, L, mol/L), notación científica, cifras significativas razonables y formulación y nomenclatura de reactivos y productos.	Fichas 2, 3 y 7 / lista de cotejo y rúbrica

Rúbrica del producto final

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial
Comprensión científica	Interpreta la ecuación ajustada como proporción de partículas, de moles y de masas, explica el reactivo limitante y la meseta de la gráfica, y razona por qué el rendimiento no es del 100 %.	Interpreta correctamente la ecuación y el reactivo limitante, con alguna imprecisión al explicar la meseta o el rendimiento.	Aplica las proporciones de la ecuación de forma mecánica, sin explicar su significado.	Confunde moles con gramos o coeficientes con subíndices; no relaciona la gráfica con la reacción.
Datos y resolución	Ajusta y calcula sin errores, escribe cada paso con unidades, expresa los resultados con cifras razonables, comprueba la conservación de la masa y la razonabilidad del resultado.	Procedimiento correcto con fallos aislados de unidades, cifras o redondeos.	Procedimiento incompleto: omite pasos o unidades, o falla en el reactivo limitante.	No hay estrategia válida o los cálculos carecen de unidades.
Investigación	Predice antes de medir, controla las variables (volumen y concentración del vinagre, método de pesada), representa la gráfica con la tendencia y la desviación, y contrasta con el rendimiento calculado.	Controla la mayoría de variables y contrasta los datos con la predicción con alguna explicación poco justificada.	Anota datos sin comparar con la predicción o sin controlar variables.	No distingue dato medido de dato teórico.
Seguridad y lenguaje	Cumple las normas de la práctica (gafas, no tapar el vaso, residuos), escribe ecuaciones, fórmulas y unidades con rigor y usa el vocabulario de la estequiometría con precisión.	Cumple las normas con algún recordatorio; lenguaje correcto con fallos menores.	Necesita avisos frecuentes; mezcla fórmulas y nombres o unidades.	Incumple normas o escribe ecuaciones y unidades sin sentido químico.
Revisión y cooperación	Cumple su rol, revisa el cuaderno de otro equipo con propuestas concretas sobre cálculos y unidades e incorpora las mejoras recibidas.	Cumple su rol y su revisión incluye alguna propuesta útil.	Participa de forma irregular; revisión superficial.	No asume su rol ni revisa.

Materiales y seguridad

Materiales y recursos

- Por equipo (práctica de la Ficha 4): balanza con resolución de 0,01 g (una por cada dos equipos), vaso de plástico de 250 mL, probeta de 50 mL, cucharilla, 6 trozos de papel de cocina para pesar, rotulador y reloj.
- Sustancias de uso doméstico (por equipo): 12 g de bicarbonato sódico, 150 mL de vinagre de vino blanco de 5° de acidez (5 g de ácido acético por 100 mL) y agua del grifo para enjuagar.
- Material de consulta: Dossier (Anexo 2), tabla periódica, calculadora científica y plantilla del cuaderno (Anexo 4); hoja de cálculo opcional para la gráfica.

Seguridad y residuos

Práctica de bajo riesgo con productos de cocina: gafas, vaso de 250 mL, bicarbonato añadido poco a poco y vaso siempre destapado (el CO_2 debe escapar). Residuos: disoluciones al desagüe con agua abundante y papeles a la basura. Combustión del butano y antiácido con HCl: solo en papel.

Atención a la diversidad (DUA), refuerzo y ampliación

Representación

Esquemas, modelos, ejemplos resueltos, tablas, gráficas y glosario de símbolos/unidades.

Acción y expresión

Informe, cálculo comentado, representación, exposición o producto visual manteniendo el criterio científico.

Apoyo

Anexo 8

Mapa de conversiones (F2) y ejemplos resueltos (F4 y F6) a mano, masas molares ya calculadas en F3, datos ya medidos del equipo de prueba (F8) para quien no pueda hacer la práctica y problemas de un solo paso en el Anexo 8.

Ampliación

Anexo 9

Anexo 9: comparar la producción de CO_2 por gramo de bicarbonato con ácido y al calentarlo, y explicar el regusto a jabón del bizcocho de Lucía.

ANEXO 1

Ficha de lanzamiento del reto

SdA 5 · Química con cantidades

ALUMNADO

En el concurso de repostería del instituto el bizcocho de Lucía sale plano y con regusto a jabón, y el de Hugo sube de maravilla. La receta lleva bicarbonato y un ácido, pero nadie sabe cuánto de cada cosa hace falta. Vosotros sois el laboratorio de calidad: aprenderéis a contar partículas con el mol, a ajustar ecuaciones y a predecir con números cuánto CO_2 se libera y qué ingrediente sobra. Lo comprobaréis pesando, con vinagre y bicarbonato, y reuniréis método y datos en un cuaderno que sirva para cualquier otra reacción, del bizcocho a la bombona de butano.

¿Cómo conectamos moles, masas y ecuaciones para predecir cantidades reales?

Vuestro reto

Predecir con la estequiometría cuánto CO_2 libera el bicarbonato al reaccionar con vinagre, comprobarlo pesando y reunir el método y los resultados en un cuaderno de cantidad de materia que permita calcular cantidades reales en otras reacciones.

Lo que vais a producir

Cuaderno de cantidad de materia y estequiometría.

Seguridad. Práctica de bajo riesgo con productos de cocina: gafas, vaso de 250 mL, bicarbonato añadido poco a poco y vaso siempre destapado (el CO_2 debe escapar).

Hoja de ruta · 7 sesiones

1. Conocemos el caso del bizcocho, hacemos el diagnóstico y predecimos cómo será la gráfica de CO_2.
2. Definimos el mol y la masa molar y convertimos entre gramos, moles y partículas.
3. Ajustamos ecuaciones y resolvemos problemas masa-masa con las proporciones de la ecuación.
4. Hacemos el cálculo previo y medimos la pérdida de masa del CO_2 con bicarbonato y vinagre.
5. Representamos los datos, hallamos el reactivo limitante y calculamos el rendimiento.
6. Calculamos la receta del bizcocho, redactamos el cuaderno y otro equipo lo revisa.
7. Presentamos el cuaderno y resolvemos, de forma individual, el caso del antiácido.

Al terminar seré capaz de...

- Calcular masas molares y pasar de masa a moles y partículas, o a moles de un gas o de una disolución.
- Ajustar ecuaciones y leerlas en partículas, moles y masas, comprobando la conservación de la masa.
- Resolver problemas masa-masa y de reactivo limitante con planteamiento y unidades.
- Predecir, medir y representar la pérdida de masa por CO_2 e interpretar el cambio de pendiente como reactivo limitante.
- Calcular el rendimiento, explicar las diferencias con lo predicho y aplicar el método a un caso nuevo.

¿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 de fuentes y materiales base

SdA 5 · Química con cantidades

ALUMNADO

Todo lo necesario para calcular cantidades: el caso del bizcocho, el mapa de conversiones, las masas molares, ejemplos resueltos de mol y de estequiometría, el modelo de partículas del ajuste, el protocolo de pérdida de masa, los datos de un equipo de prueba con su gráfica y el caso de la combustión del butano.

F1 El bizcocho que no sube (y el que sabe a jabón)

ESTUDIO DE CASO

El jurado del concurso dejó estas notas:

- **Bizcocho de Hugo:** altura de 6 cm, miga esponjosa y sabor neutro. Usó 5,0 g de bicarbonato y 120 g de yogur natural.
- **Bizcocho de Lucía:** altura de 3 cm, miga densa y regusto a jabón. Echó «una cucharada generosa» de bicarbonato y poco ácido.

El bicarbonato sódico, $NaHCO_3$, reacciona con los ácidos y libera dióxido de carbono, un gas que forma burbujas dentro de la masa y la hace subir. Cuando **sobra bicarbonato**, al hornear se transforma en carbonato de sodio, que sabe a jabón y amarga la masa. Cuando **sobra ácido**, la masa queda ácida, pero sube lo mismo.

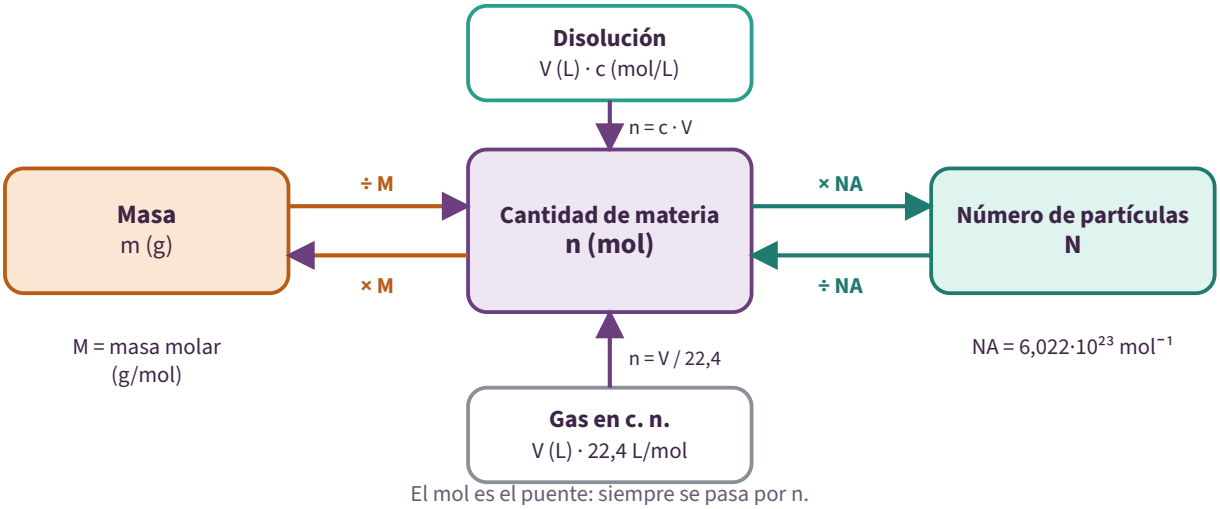
Para saber cuánto bicarbonato conviene, no basta con medir «a ojo»: hay que saber **cuántas partículas** de cada reactivo hay en una cantidad de masa, y eso es lo que mide el **mol**.

Fuente: Caso ficticio creado para el aula; la química del bicarbonato con un ácido y las proporciones son reales.

Según el texto, ¿qué reactivo estaba en exceso en el bizcocho de Lucía? ¿Qué reactivo limita la cantidad de CO_2 que se libera?

F2 Mapa de conversiones: el mol como puente

ESQUEMA



Fuente: Esquema de elaboración propia. «c. n.»: condiciones normales (0 °C y 1 atm), en las que 1 mol de gas ideal ocupa 22,4 L.

Para pasar de gramos a número de partículas, ¿cuántos pasos necesitas y por dónde pasa el camino?

F3 Masas atómicas y masas molares de las sustancias del dossier

DATOS

Sustancia	Fórmula	Cálculo de la masa molar	Masa molar (g/mol)
Agua	H_2O	2·1,0 + 16,0	18,0
Dióxido de carbono	CO_2	12,0 + 2·16,0	44,0
Hidrogenocarbonato de sodio (bicarbonato)	$NaHCO_3$	23,0 + 1,0 + 12,0 + 3·16,0	84,0
Ácido acético (etanoico)	CH_3COOH	2·12,0 + 4·1,0 + 2·16,0	60,0
Acetato de sodio (etanoato)	CH_3COONa	2·12,0 + 3·1,0 + 2·16,0 + 23,0	82,0
Carbonato de calcio	$CaCO_3$	40,1 + 12,0 + 3·16,0	100,1
Cloruro de hidrógeno	HCl	1,0 + 35,5	36,5
Cloruro de calcio	$CaCl_2$	40,1 + 2·35,5	111,1
Cloruro de sodio	NaCl	23,0 + 35,5	58,5
Metano	CH_4	12,0 + 4·1,0	16,0
Butano	C_4H_{10}	4·12,0 + 10·1,0	58,0
Dioxígeno	O_2	2·16,0	32,0
Dinitrógeno	N_2	2·14,0	28,0
Dihidrógeno	H_2	2·1,0	2,0
Amoniaco	NH_3	14,0 + 3·1,0	17,0

Masas atómicas (u): H 1,0 · C 12,0 · N 14,0 · O 16,0 · Na 23,0 · Cl 35,5 · Ca 40,1. La **masa molar** (g/mol) coincide numéricamente con la masa de una molécula o unidad fórmula en u. **Número de Avogadro:** $N_A = 6{,}022 \cdot 10^{23}\ \text{mol}^{-1}$.

Fuente: Masas atómicas IUPAC redondeadas (una cifra decimal); las masas molares son la suma de las masas atómicas según la fórmula.

La masa molar del agua es 18,0 g/mol. ¿Cuántas moléculas hay en 18,0 g de agua? ¿Y en 36,0 g?

F4 Ejemplos resueltos: moles, partículas, disoluciones y gases

ESTUDIO DE CASO

Ejemplo 1 (masa → moles → partículas). ¿Cuántos moles y cuántas unidades fórmula hay en 10,0 g de $\mathrm{NaHCO_3}$?

1. Masa molar: $M = 84{,}0\ \mathrm{g/mol}$.
2. Moles: $n = \frac{m}{M} = \frac{10{,}0\ \mathrm{g}}{84{,}0\ \mathrm{g/mol}} = 0{,}119\ \mathrm{mol}$.
3. Partículas: $N = n \cdot N_A = 0{,}119 \cdot 6{,}022 \cdot 10^{23} = 7{,}17 \cdot 10^{22}$ unidades fórmula.

Ejemplo 2 (moles → masa). ¿Qué masa tienen 0,250 mol de $\mathrm{CO_2}$? $m = n \cdot M = 0{,}250\ \mathrm{mol} \cdot 44{,}0\ \mathrm{g/mol} = 11{,}0\ \mathrm{g}$.

Ejemplo 3 (disolución). Se preparan 250 mL de disolución de NaCl 0,40 mol/L. Moles: $n = c \cdot V = 0{,}40\ \mathrm{mol/L} \cdot 0{,}250\ \mathrm{L} = 0{,}100\ \mathrm{mol}$. Masa de sal: $0{,}100 \cdot 58{,}5 = 5{,}85\ \mathrm{g}$.

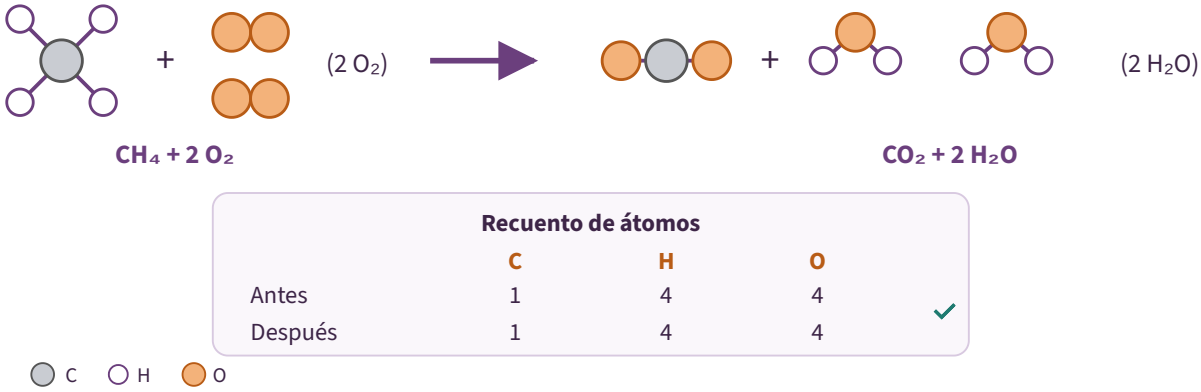
Ejemplo 4 (gas en condiciones normales). 5,6 L de $\mathrm{CO_2}$ en c. n.: $n = \frac{5{,}6\ \mathrm{L}}{22{,}4\ \mathrm{L/mol}} = 0{,}25\ \mathrm{mol}$, que son $0{,}25 \cdot 44{,}0 = 11{,}0\ \mathrm{g}$.

Fuente: Ejemplos de elaboración propia con los datos de F3.

Fíjate en que cada paso conserva las unidades: los gramos se cancelan con los g/mol y quedan moles.

F5 Ajustar una ecuación es contar átomos: la combustión del metano

ESQUEMA



Recuento de átomos

	C	H	O
Antes	1	4	4
Después	1	4	4

Fuente: Esquema de elaboración propia (modelo de bolas y varillas).

Los coeficientes (2 $\mathrm{O_2}$, 2 $\mathrm{H_2O}$) cambian el número de moléculas; los subíndices no se tocan nunca, porque cambiarían la sustancia.

F6 Estequiometría: ecuaciones, masas y reactivo limitante

ESTUDIO DE CASO

La ecuación de la práctica (ajustada): $\mathrm{NaHCO_3 + CH_3COOH \rightarrow CH_3COONa + H_2O + CO_2}$. Los coeficientes son todos 1: **1 mol de bicarbonato reacciona con 1 mol de ácido acético y produce 1 mol de CO_2.**

Ejemplo 1 (masa-masa). ¿Cuánto CO_2 se libera con 4,20 g de $\mathrm{NaHCO_3}$ y exceso de vinagre?

1. $n(\mathrm{NaHCO_3}) = \frac{4{,}20}{84{,}0} = 0{,}0500\ \mathrm{mol}$.
2. Proporción 1:1, luego $n(\mathrm{CO_2}) = 0{,}0500\ \mathrm{mol}$.
3. $m(\mathrm{CO_2}) = 0{,}0500 \cdot 44{,}0 = 2{,}20\ \mathrm{g}$.

Ejemplo 2 (reactivo limitante). Se mezclan 3,00 g de $\mathrm{NaHCO_3}$ con 25,0 mL de vinagre de 5° (1,25 g de ácido acético).

1. $n(\mathrm{NaHCO_3}) = \frac{3{,}00}{84{,}0} = 0{,}0357\ \mathrm{mol}$; $n(\mathrm{CH_3COOH}) = \frac{1{,}25}{60{,}0} = 0{,}0208\ \mathrm{mol}$.
2. Como la proporción es 1:1, se acaba antes el que tiene menos moles: el **ácido acético es el limitante**.
3. $n(\mathrm{CO_2}) = 0{,}0208\ \mathrm{mol}$, es decir, $m(\mathrm{CO_2}) = 0{,}0208 \cdot 44{,}0 = 0{,}917\ \mathrm{g}$.
4. Sobra bicarbonato: $0{,}0357 - 0{,}0208 = 0{,}0149\ \mathrm{mol}$, o sea $0{,}0149 \cdot 84{,}0 = 1{,}25\ \mathrm{g}$.

Conservación de la masa: la masa total de reactivos es igual a la de productos (en un vaso cerrado). En la práctica, el vaso está abierto y el CO_2 escapa: por eso la balanza marca **menos**.

Rendimiento: $\eta = \frac{\text{cantidad obtenida}}{\text{cantidad teórica}} \cdot 100$.

Fuente: Ejemplos de elaboración propia. Las masas molares están en F3.

En el ejemplo 2, ¿qué ocurriría con la cantidad de CO_2 si pones 6,00 g de bicarbonato en lugar de 3,00 g?

F7 Protocolo: pérdida de masa de CO_2 al mezclar bicarbonato y vinagre

PROTOCOLO

Material y cantidades (por equipo): balanza de 0,01 g; vaso de plástico de 250 mL; probeta de 50 mL; cucharilla; 6 trozos de papel de cocina; 12 g de bicarbonato sódico; vinagre de vino blanco de 5° (150 mL en total, 25,0 mL por ensayo).

Equipo de protección y riesgos: gafas de protección. Riesgos: espuma que rebosa y salpicaduras de vinagre en los ojos. Precauciones: vaso de 250 mL, bicarbonato añadido poco a poco, **no tapar nunca el vaso**, secar enseguida cualquier derrame.

Variables: independiente, la masa de bicarbonato (0,50; 1,00; 1,50; 2,00; 2,50 y 3,00 g); dependiente, la pérdida de masa (g); controladas, 25,0 mL del mismo vinagre, mismo vaso, misma balanza y mismo método de pesada.

Procedimiento:

1. Pesad en un papel 0,50 g de bicarbonato (anotad la masa real de la balanza).
2. Medid 25,0 mL de vinagre con la probeta y echadlos en el vaso.
3. Poned sobre la balanza el vaso con el vinagre **y** el papel con el bicarbonato al lado. Anotad la **masa inicial** (en g, con dos decimales).
4. Echad el bicarbonato en el vinagre **poco a poco** (unos 20 s) y colocad el papel vacío otra vez sobre la balanza.
5. Removed suavemente con la cucharilla hasta que no salgan burbujas (unos 2 minutos). Anotad la **masa final**.
6. Calculad la **pérdida de masa** = masa inicial − masa final. Enjuagad el vaso y repetid con 1,00; 1,50; 2,00; 2,50 y 3,00 g de bicarbonato y vinagre nuevo cada vez.

Limpieza y residuos: verted las disoluciones (acetato de sodio y vinagre sobrante) por el desagüe con abundante agua; los papeles, a la basura; lavad el material y secad la balanza.

Resultado esperable (verificad con vuestro vinagre): pérdidas de 0,22-0,26 g (0,50 g), 0,44-0,51 g (1,00 g) y 0,67-0,77 g (1,50 g); a partir de unos 1,75 g de bicarbonato la pérdida deja de crecer y queda en una **meseta de 0,7-1,0 g**, cuya altura depende de la acidez real del vinagre (4-6°).

Fuente: Protocolo de elaboración propia para material escolar de bajo riesgo. Las normas del centro prevalecen sobre este documento.

¿Por qué la balanza marca menos masa si la masa se conserva? ¿Qué parte del CO_2 podría quedarse disuelta en el líquido?

F8 Datos de un equipo de prueba (25,0 mL de vinagre de 5°)

DATOS

Masa de $NaHCO_3$ (g)	Masa inicial (g)	Masa final (g)	Pérdida de masa (g)
0,50	118,52	118,28	0,24
1,00	119,03	118,55	0,48
1,50	118,76	118,03	0,73
2,00	119,20	118,35	0,85
2,50	118,88	118,02	0,86
3,00	119,41	118,56	0,85

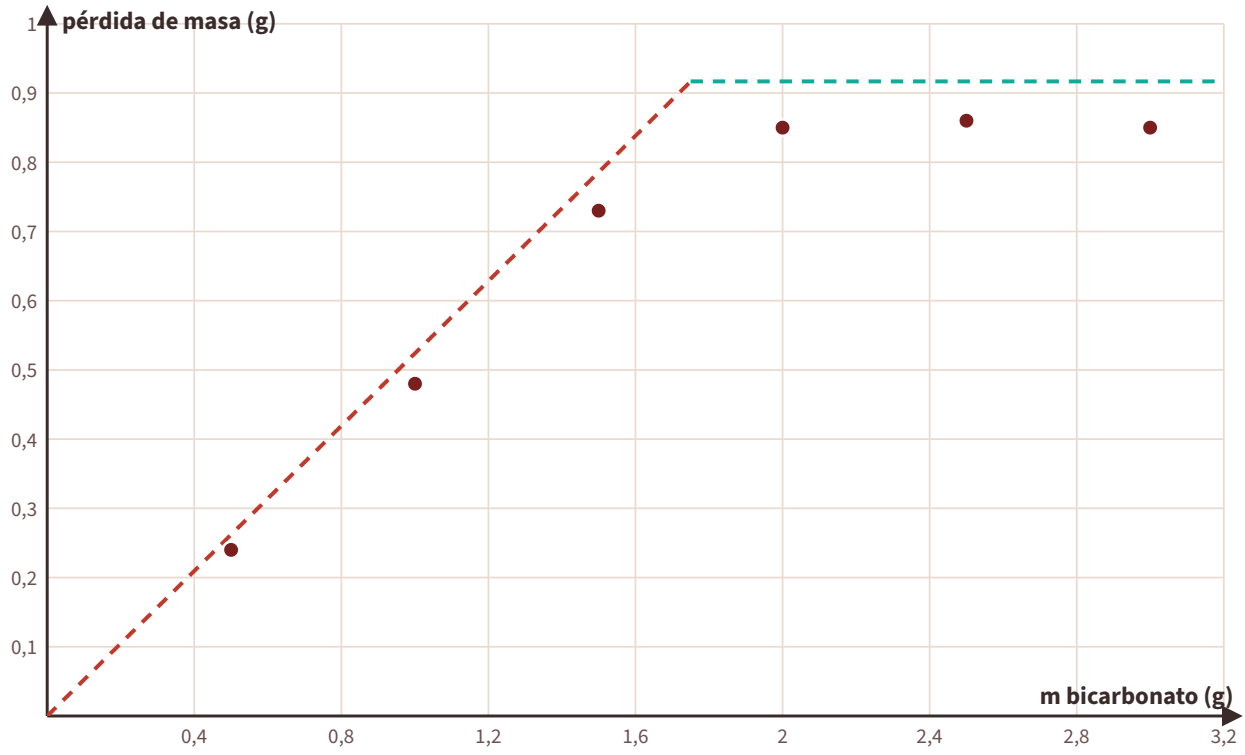
Incertidumbre: la balanza aprecia 0,01 g y cada pérdida es una resta de dos pesadas, de modo que cada valor tiene una incertidumbre de unos 0,02 g.

Fuente: Datos ilustrativos obtenidos con una balanza de 0,01 g y redondeados; no son medidas de un laboratorio concreto.

¿Dónde deja de crecer la pérdida de masa? ¿Qué reactivo se ha acabado a partir de ahí?

F9 Pérdida de masa frente a masa de bicarbonato: medido y teórico

GRÁFICO



La línea discontinua es lo que **predice** la estequiometría: recta hasta 1,75 g (donde se acaba el vinagre) y meseta después. Los puntos son lo **medido**: siguen la misma forma, algo por debajo (rendimiento del 92-94 %).

Fuente: Gráfica de elaboración propia con los datos de F8 (puntos) y el cálculo teórico (línea): $m(\mathrm{CO_2}) = \frac{m(\mathrm{NaHCO_3})}{84{,}0} \cdot 44{,}0$ hasta 1,75 g y 0,917 g después.

¿Qué significa físicamente el punto donde la recta se corta con la meseta?

F10 Química y medio ambiente: el CO_2 de una bombona de butano

ESTUDIO DE CASO

El butano, C_4H_{10}, arde con el oxígeno del aire. La ecuación ajustada es:

$$2\,C_4H_{10} + 13\,O_2 \rightarrow 8\,CO_2 + 10\,H_2O$$

Cálculo para una bombona de 12,5 kg (12 500 g):

1. $n(C_4H_{10}) = \frac{12\,500\ \text{g}}{58{,}0\ \text{g/mol}} = 215{,}5\ \text{mol}$.
2. Proporción 2 : 8, es decir, 1 : 4: $n(CO_2) = 4 \cdot 215{,}5 = 862\ \text{mol}$.
3. $m(CO_2) = 862 \cdot 44{,}0 = 37\,900\ \text{g} \approx 37{,}9\ \text{kg}$.

Comprobación de la masa: se necesitan $215{,}5 \cdot \frac{13}{2} \cdot 32{,}0 = 44\,800$ g de O_2 y se forman $215{,}5 \cdot 5 \cdot 18{,}0 = 19\,400$ g de agua; $12{,}5 + 44{,}8 = 57{,}3$ kg de reactivos y $37{,}9 + 19{,}4 = 57{,}3$ kg de productos.

Idea clave: una bombona de 12,5 kg emite unos 38 kg de CO_2, tres veces su propia masa, porque el carbono se combina con el oxígeno del aire. Por eso el ahorro de energía y los combustibles alternativos tienen un efecto directo sobre las emisiones.

Fuente: Cálculo de elaboración propia. La bombona de butano doméstica estándar en España contiene 12,5 kg de gas.

¿Cuántos kilogramos de CO_2 por kilogramo de combustible se emiten al quemar butano? ¿Y al quemar metano ($CH_4 + 2\,O_2 \rightarrow CO_2 + 2\,H_2O$)?

ANEXO 3

Fichas de actividades del alumnado

SdA 5 · Química con cantidades

ALUMNADO

FICHA 1 El bizcocho que no sube

Sesión 1

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Lee F1. Responde primero al diagnóstico de forma individual.

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

La masa de un mol de moléculas de agua, H_2O, es…

☐ 18 g ☐ 1 g ☐ 6 g

En una ecuación química ajustada se conserva…

☐ el número de moléculas ☐ el número de átomos de cada elemento ☐ el volumen de los gases

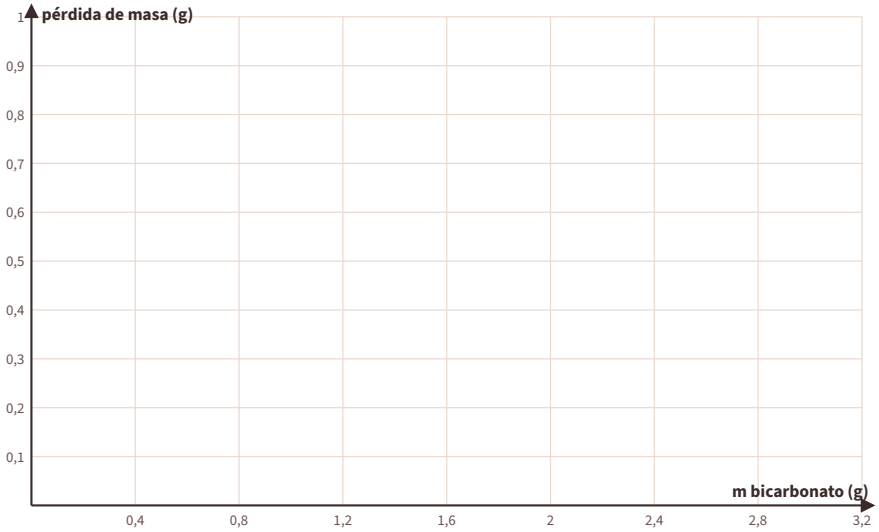
En $2\,H_2 + O_2 \rightarrow 2\,H_2O$, ¿cuántas moléculas de agua se obtienen con 2 moléculas de O_2?

☐ 2 ☐ 4 ☐ 6

Un mol de cualquier sustancia contiene…

☐ $6{,}022 \cdot 10^{23}$ partículas ☐ 1 gramo de sustancia ☐ la misma masa que un mol de otra sustancia

2 **Predice antes de calcular. Se echan 0,50; 1,00; 1,50; 2,00; 2,50 y 3,00 g de bicarbonato a 25 mL de vinagre y se pesa el CO_2 que escapa. Dibuja la gráfica que esperas y explica en dos líneas por qué.**



3 **Ajusta por tanteo estas dos ecuaciones (escribe los coeficientes).**

____ Fe + ____ O_2 → ____ Fe_2O_3

____ N_2 + ____ H_2 → ____ NH_3

FICHA 2 Mol, masa molar y conversiones

Sesión 2

Usa el mapa F2, las masas molares F3 y los ejemplos F4. Escribe cada paso con su unidad.

1 **Calcula la masa molar de cada sustancia con las masas atómicas de F3.**

Sustancia	Cálculo	M (g/mol)
H_2O		
CO_2		
$CaCO_3$		
C_4H_{10}		
$Al_2(SO_4)_3$ (Al 27,0 · S 32,1)		

2 **Convierte entre masa, moles y partículas.**

Dato	Planteamiento	Resultado
36,0 g de H_2O → n (mol)		
22,0 g de CO_2 → n (mol)		
0,250 mol de $NaHCO_3$ → m (g)		
0,500 mol de CO_2 → número de moléculas		
$1{,}204 \cdot 10^{24}$ moléculas de H_2O → m (g)		

3 **Moles en una disolución y en un gas. a) ¿Cuántos moles y gramos de NaCl hay en 500 mL de disolución 0,20 mol/L? b) ¿Cuántos moles y gramos de CO_2 hay en 11,2 L en condiciones normales?**

FICHA 3 Ajustar y calcular con ecuaciones

Sesión 3

Usa F5 (ajuste por átomos), F6 (estequiometría) y F3 (masas molares).

1 **Ajusta las ecuaciones y escribe la ecuación ajustada completa. Comprueba el recuento de átomos de un elemento.**

Ecuación sin ajustar	Ecuación ajustada
$C_4H_{10} + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$	
$C_3H_8 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$	
$CaCO_3 + HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2$	
$Al + HCl \rightarrow AlCl_3 + H_2$	
$NaHCO_3 \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$	
$H_2 + O_2 \rightarrow H_2O$	

2 **Interpreta la ecuación $CH_4 + 2\,O_2 \rightarrow CO_2 + 2\,H_2O$ y comprueba la conservación de la masa para 8,0 g de metano.**

	CH_4	O_2	CO_2	H_2O
Moléculas				
Moles (para 0,50 mol de CH_4)				
Masa (g)				

3 **Síntesis del amoniaco (Haber-Bosch, industria de fertilizantes): $N_2 + 3\,H_2 \rightarrow 2\,NH_3$. Si se parte de 28,0 g de N_2 y hay hidrógeno de sobra, ¿cuántos moles y gramos de NH_3 se obtienen? ¿Y cuántos gramos de H_2 se consumen?**

FICHA 4 Práctica: pesamos el CO_2 que escapa

Sesión 4

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Sigue el protocolo F7. Primero, el cálculo previo; luego, la medida.

1 **Lista de seguridad (marcad antes de empezar).**

- ☐ Todo el equipo lleva gafas de protección
- ☐ Usamos el vaso de 250 mL y nunca lo tapamos
- ☐ El bicarbonato se echa poco a poco
- ☐ La balanza está seca y estable, y sabemos tararla
- ☐ Hay papel de cocina para derrames
- ☐ Sabemos dónde se vierten las disoluciones y se guarda el material

2 **Cálculo previo. Con 25,0 mL de vinagre de 5° (1,25 g de ácido acético), calcula los moles de ácido y la masa de bicarbonato que reacciona exactamente con él.**

3 **Anota las masas de la práctica. Calcula la pérdida de masa.**

m $NaHCO_3$ (g)	Masa inicial (g)	Masa final (g)	Pérdida de masa (g)
0,50			
1,00			
1,50			
2,00			
2,50			
3,00			

FICHA 5 Resultados: gráfica, reactivo limitante y rendimiento

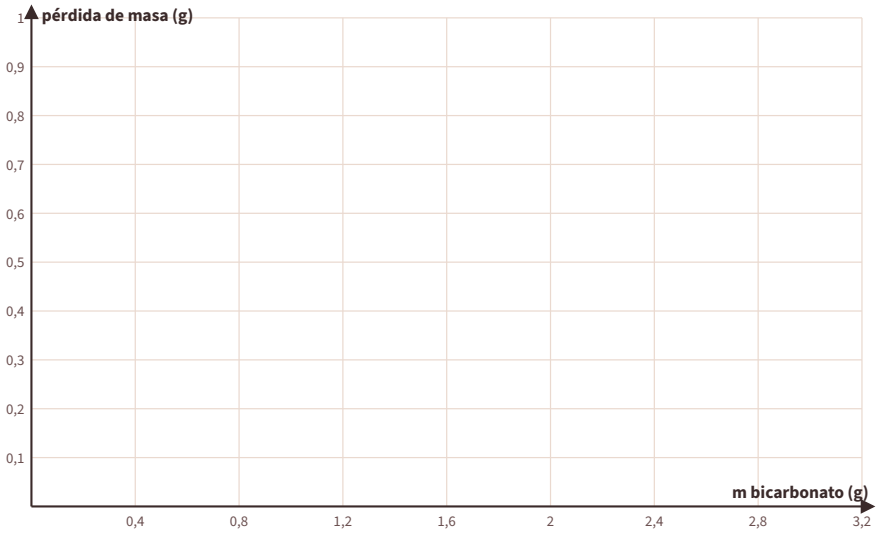
Sesión 5

Usa tus datos de la ficha 4 (o los del equipo de prueba F8), F6 y F10.

1 **Completa la tabla: moles de bicarbonato, CO_2 teórico (recuerda el reactivo limitante), CO_2 medido y rendimiento.**

m $NaHCO_3$ (g)	n $NaHCO_3$ (mol)	n CH_3COOH (mol)	m CO_2 teórico (g)	m CO_2 medido (g)	Rendimiento (%)
0,50					
1,00					
1,50					
2,00					
2,50					
3,00					

2 **Representa en una gráfica la pérdida de masa medida frente a la masa de bicarbonato y traza la línea teórica.**



3 **Explica por qué la gráfica deja de crecer y calcula a partir de qué masa de bicarbonato ocurre. ¿Qué reactivo limita después? ¿Cuánto bicarbonato sobra con 3,00 g?**

4 El rendimiento no es del 100 %. Propón dos causas y una mejora del método.

5 Con F10, calcula cuántos kg de CO_2 emite una bombona de 12,5 kg de butano y compara con la masa de la bombona.

FICHA 6 La receta del bizcocho y el cuaderno

Sesión 6

Redactad el borrador en la plantilla del Anexo 4. Después, intercambiadlo con otro equipo.

1 La receta de Hugo lleva 5,0 g de $NaHCO_3$. Calcula los moles, la masa de ácido acético necesaria y los mL de vinagre de 5° (5 g de ácido por 100 mL) que lo neutralizan exactamente, y los gramos de CO_2 que se liberan.

2 Entrada del cuaderno: resume el método y los resultados de la práctica.

Apartado	Mi entrada
Ecuación ajustada y nombres	
Reactivo limitante y por qué	
Resultado teórico vs medido	
Rendimiento y causas de la diferencia	
Conclusión para la receta	

3 **Revisión cruzada. Comprobad el cuaderno del otro equipo y marcad lo que cumple.**

- [ ] La ecuación está ajustada y los coeficientes se explican
- [ ] Cada cálculo lleva planteamiento y unidades
- [ ] Se identifica el reactivo limitante con moles, no con gramos
- [ ] La gráfica tiene ejes rotulados, puntos y línea teórica
- [ ] Se calcula el rendimiento y se explica su valor
- [ ] Se comprueba la conservación de la masa en algún caso
- [ ] Se podría repetir sin preguntar nada

FICHA 7 Evidencia individual: el antiácido

Sesión 7

Trabajo individual. Un comprimido antiácido contiene 1,00 g de carbonato de calcio y se toma para neutralizar el ácido clorhídrico del estómago. Usa F3.

1 **Escribe y ajusta la ecuación de la reacción del $CaCO_3$ con HCl, que produce cloruro de calcio, agua y dióxido de carbono. Nombra los reactivos y productos.**

2 **Calcula los moles de $CaCO_3$ del comprimido, los moles y la masa de HCl que neutraliza y el volumen de ácido clorhídrico 0,10 mol/L al que equivale.**

3 **Si el estómago contiene 100 mL de HCl 0,10 mol/L, ¿cuál es el reactivo limitante? ¿Cuántos gramos de $CaCO_3$ reaccionan y cuántos sobran? ¿Cuántos gramos de CO_2 se liberan?**

ANEXO 4

Plantilla del producto final

SdA 5 · Química con cantidades

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Cuaderno de cantidad de materia del equipo. Todos los cálculos con planteamiento y unidades; los datos medidos, con su incertidumbre.

Ecuación ajustada y nombres

$NaHCO_3 + CH_3COOH \rightarrow \ldots$, con el nombre de cada sustancia.

Masas molares

Cálculo de la masa molar de cada sustancia (F3).

Cálculo previo

Moles de ácido, masa de bicarbonato exacta y CO_2 máximo.

Tabla de datos

Masa de $NaHCO_3$, masas inicial y final, pérdida y CO_2 teórico.

Gráfica de la pérdida de masa

Ejes con magnitud y unidad; puntos medidos y línea teórica.

Reactivo limitante y rendimiento

Dónde cambia la pendiente; rendimiento medio.

Aplicación a otra reacción

Butano o antiácido: ecuación, moles y masa.

Conclusión para la receta

Cuánto bicarbonato y cuánto vinagre; por qué.

Límites y mejoras

Errores, incertidumbre y mejora del método.

ANEXO 5

Lista de cotejo para el proceso y la entrega

SdA 5 · Química con cantidades

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Antes de entregar **Cuaderno de cantidad de materia y estequiometría**, comprueba cada punto y marca la casilla. Si alguno falla, todavía estás a tiempo de mejorarlo.

Contenido del producto

- [ ] La ecuación de la práctica está ajustada y los reactivos y productos están nombrados.
- [ ] Las masas molares están calculadas con las masas atómicas indicadas y llevan g/mol.
- [ ] El cálculo previo usa moles y la proporción de la ecuación, no reglas de tres sin explicar.
- [ ] La tabla de datos contiene masas iniciales y finales, pérdida de masa y unidades, con dos decimales.
- [ ] La gráfica tiene ejes rotulados con unidad, puntos medidos y la línea teórica, y se marca el cambio de pendiente.
- [ ] Se identifica el reactivo limitante con moles y se calcula cuánto reactivo sobra.
- [ ] Se calcula el rendimiento y se proponen causas razonables de la diferencia.
- [ ] Se comprueba la conservación de la masa en al menos un caso (por ejemplo, la combustión).
- [ ] La aplicación a otra reacción (butano o antiácido) lleva ecuación ajustada, planteamiento y resultado con unidad.
- [ ] Se cumplieron las normas de seguridad y se gestionaron los residuos como indica el protocolo.

Calidad y rigor

- [ ] He usado el vocabulario científico y los símbolos correctos (magnitudes, unidades del SI, fórmulas).
- [ ] He apoyado mis conclusiones con datos, medidas, cálculos o modelos, y he indicado sus límites.
- [ ] He escrito cada resultado con su unidad y he comprobado si su orden de magnitud es razonable.
- [ ] He citado o identificado todas las fuentes de datos utilizadas.
- [ ] He revisado la ortografía, la presentación y el orden del producto, e incorporado las mejoras de la coevaluación.

Lo que más me ha costado

Firma del equipo / fecha de entrega

ANEXO 6

Rúbrica imprimible

SdA 5 · Química con cantidades

ALUMNADO · DOCENTE

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Rúbrica para valorar **Cuaderno de cantidad de materia y estequiometría**. Marca el nivel alcanzado en cada indicador.

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial	Nivel
Comprensión científica	Interpreta la ecuación ajustada como proporción de partículas, de moles y de masas, explica el reactivo limitante y la meseta de la gráfica, y razona por qué el rendimiento no es del 100 %.	Interpreta correctamente la ecuación y el reactivo limitante, con alguna imprecisión al explicar la meseta o el rendimiento.	Aplica las proporciones de la ecuación de forma mecánica, sin explicar su significado.	Confunde moles con gramos o coeficientes con subíndices; no relaciona la gráfica con la reacción.	
Datos y resolución	Ajusta y calcula sin errores, escribe cada paso con unidades, expresa los resultados con cifras razonables, comprueba la conservación de la masa y la razonabilidad del resultado.	Procedimiento correcto con fallos aislados de unidades, cifras o redondeos.	Procedimiento incompleto: omite pasos o unidades, o falla en el reactivo limitante.	No hay estrategia válida o los cálculos carecen de unidades.	
Investigación	Predice antes de medir, controla las variables (volumen y concentración del vinagre, método de pesada), representa la gráfica con la tendencia y la desviación, y contrasta con el rendimiento calculado.	Controla la mayoría de variables y contrasta los datos con la predicción con alguna explicación poco justificada.	Anota datos sin comparar con la predicción o sin controlar variables.	No distingue dato medido de dato teórico.	
Seguridad y lenguaje	Cumple las normas de la práctica (gafas, no tapar el vaso, residuos), escribe ecuaciones, fórmulas y unidades con rigor y usa el vocabulario de la estequiometría con precisión.	Cumple las normas con algún recordatorio; lenguaje correcto con fallos menores.	Necesita avisos frecuentes; mezcla fórmulas y nombres o unidades.	Incumple normas o escribe ecuaciones y unidades sin sentido químico.	
Revisión y cooperación	Cumple su rol, revisa el cuaderno de otro equipo con propuestas concretas sobre cálculos y unidades e incorpora las mejoras recibidas.	Cumple su rol y su revisión incluye alguna propuesta útil.	Participa de forma irregular; revisión superficial.	No asume su rol ni revisa.	

Observaciones del docente

Valoración global

ANEXO 7

Autoevaluación y coevaluación

SdA 5 · Química con cantidades

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Parte 1 · Autoevaluación

Afirmación	Aún no	Con ayuda	Bien	Muy bien
Sé pasar de gramos a moles y a partículas, y de moles a gramos, escribiendo las unidades.	○	○	○	○
Sé ajustar una ecuación y usar sus coeficientes para calcular la masa de un producto y el reactivo limitante.	○	○	○	○
He cumplido mi rol y mis tareas dentro del equipo.	○	○	○	○
He escuchado y tenido en cuenta las ideas de los demás.	○	○	○	○
He usado fuentes y evidencias para justificar mis ideas.	○	○	○	○
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

Material de apoyo y refuerzo

SdA 5 · Química con cantidades

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Material de apoyo: un ejemplo paso a paso con la masa molar ya calculada y problemas de un paso.

Los tres pasos del problema masa-masa

1. **Pasa a moles** el dato: $n = \frac{m}{M}$.
2. **Usa la ecuación:** mira los coeficientes del dato y de lo que buscas; la proporción de moles es la de los coeficientes.
3. **Pasa a gramos** el resultado: $m = n \cdot M$.

Ejemplo: ¿Cuántos gramos de CO_2 se obtienen con 8,40 g de $NaHCO_3$ y exceso de vinagre? $n = \frac{8{,}40}{84{,}0} = 0{,}100$ mol de $NaHCO_3$ → 0,100 mol de CO_2 (proporción 1:1) → $m = 0{,}100 \cdot 44{,}0 = 4{,}40$ g.

Cómo ajustar por tanteo

1. Empieza por el elemento que aparece en **menos** sustancias; deja el oxígeno y el hidrógeno para el final.
2. Cambia solo los **coeficientes**, nunca los subíndices.
3. Cuenta los átomos de cada elemento a ambos lados y comprueba que coinciden.

Ejemplo: $H_2 + O_2 \rightarrow H_2O \rightarrow 2\,H_2 + O_2 \rightarrow 2\,H_2O$ (4 H y 2 O a cada lado).

1 **Completa los pasos del problema: 6,00 g de carbono (C = 12,0 g/mol) se queman para dar CO_2 ($C + O_2 \rightarrow CO_2$).**

n(C) = _____ g : _____ g/mol = _____ mol

n(CO_2) = _____ mol (proporción 1 : 1)

m(CO_2) = _____ mol · _____ g/mol = _____ g

2 **Calcula la masa molar y los moles de 36,0 g de agua, y el número de moléculas.**

3 **Ajusta: ___ Mg + ___ O_2 → ___ MgO y ___ Na + ___ Cl_2 → ___ NaCl.**

4 **Un bizcocho lleva 2,10 g de $NaHCO_3$. ¿Cuántos moles son? ¿Cuántos moles de CO_2 pueden formarse con exceso de ácido?**

ANEXO 9

Actividad de ampliación

SdA 5 · Química con cantidades

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

¿Con qué método rinde más un gramo de bicarbonato?

El bicarbonato libera CO_2 de dos formas: con un ácido (en frío) o por calor en el horno, según $2\,NaHCO_3 \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$. Con la estequiometría vais a comparar los dos caminos y a explicar el regusto a jabón del bizcocho de Lucía.

Pasos

1. Con la masa molar del Na_2CO_3 (106,0 g/mol), calcula cuántos gramos de CO_2 se obtienen por cada gramo de $NaHCO_3$ cuando reacciona con vinagre (1:1) y cuando solo se calienta (2:1).
2. Comprueba con las masas que se conserva la masa en la descomposición térmica de 2 mol de $NaHCO_3$.
3. Explica por qué el bizcocho de Lucía sabe a jabón: ¿qué sustancia queda sin neutralizar al hornear y cuántos gramos se forman por cada gramo de bicarbonato que no encuentra ácido?
4. Propón una receta con 5,0 g de bicarbonato en la que el ácido acético sea el reactivo limitante y calcula cuánto bicarbonato sobra.

Entrega

Una página con las dos ecuaciones ajustadas, los cálculos de CO_2 por gramo, la comprobación de la masa, la explicación del regusto a jabón y la receta propuesta.

ANEXO 10

Guía docente de respuestas y orientaciones

SdA 5 · Química con cantidades

DOCENTE

Ficha 1

1. Diagnóstico: 18 g; el número de átomos de cada elemento; 4 moléculas de agua (2 H_2O por cada O_2, luego 4 con 2 O_2); $6{,}022 \cdot 10^{23}$ partículas.
2. Predicción de la gráfica: lo más razonable es una recta creciente (más bicarbonato, más CO_2) que se aplana; se aceptan rectas sin meseta si se razonan. La explicación experta: hasta que se acaba el ácido, la pérdida es proporcional a la masa; después ya no hay con qué reaccionar. Valorar la coherencia más que el acierto.
3. $4\ Fe + 3\ O_2 \rightarrow 2\ Fe_2O_3$; $N_2 + 3\ H_2 \rightarrow 2\ NH_3$.

Ficha 2

1. $M(H_2O) = 2 \cdot 1{,}0 + 16{,}0 = 18{,}0$; $M(CO_2) = 12{,}0 + 32{,}0 = 44{,}0$; $M(CaCO_3) = 40{,}1 + 12{,}0 + 48{,}0 = 100{,}1$; $M(C_4H_{10}) = 48{,}0 + 10{,}0 = 58{,}0$; $M(Al_2(SO_4)_3) = 54{,}0 + 3 \cdot (32{,}1 + 64{,}0) = 342{,}3$ g/mol.
2. 36,0 g H_2O: $36{,}0 : 18{,}0 = 2{,}00$ mol. 22,0 g CO_2: $22{,}0 : 44{,}0 = 0{,}500$ mol. 0,250 mol $NaHCO_3$: $0{,}250 \cdot 84{,}0 = 21{,}0$ g. 0,500 mol CO_2: $0{,}500 \cdot 6{,}022 \cdot 10^{23} = 3{,}01 \cdot 10^{23}$ moléculas. $1{,}204 \cdot 10^{24}$ moléculas: $1{,}204 \cdot 10^{24} : 6{,}022 \cdot 10^{23} = 2{,}000$ mol; $2{,}000 \cdot 18{,}0 = 36{,}0$ g.
3. a) $n = 0{,}20\ mol/L \cdot 0{,}500\ L = 0{,}100$ mol; $m = 0{,}100 \cdot 58{,}5 = 5{,}85$ g. b) $n = 11{,}2\ L : 22{,}4\ L/mol = 0{,}500$ mol; $m = 0{,}500 \cdot 44{,}0 = 22{,}0$ g.

Ficha 3

1. $2\ C_4H_{10} + 13\ O_2 \rightarrow 8\ CO_2 + 10\ H_2O$; $C_3H_8 + 5\ O_2 \rightarrow 3\ CO_2 + 4\ H_2O$; $CaCO_3 + 2\ HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2$; $2\ Al + 6\ HCl \rightarrow 2\ AlCl_3 + 3\ H_2$; $2\ NaHCO_3 \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$; $2\ H_2 + O_2 \rightarrow 2\ H_2O$.
2. $CH_4 + 2\ O_2 \rightarrow CO_2 + 2\ H_2O$. Moléculas: 1, 2, 1, 2. Moles (0,50 mol CH_4): 0,50; 1,00; 0,50; 1,00. Masas: 8,0 g; 32,0 g; 22,0 g; 18,0 g. Conservación: $8{,}0 + 32{,}0 = 40{,}0\ g = 22{,}0 + 18{,}0$ g.
3. $N_2 + 3\ H_2 \rightarrow 2\ NH_3$: $n(N_2) = 28{,}0 : 28{,}0 = 1{,}00$ mol; $n(NH_3) = 2{,}00$ mol; $m(NH_3) = 2{,}00 \cdot 17{,}0 = 34{,}0$ g; $n(H_2) = 3{,}00$ mol; $m(H_2) = 6{,}0$ g. Comprobación: $28{,}0 + 6{,}0 = 34{,}0$ g.

Ficha 4

1. Lista de seguridad: todas las casillas marcadas antes de empezar.
2. Cálculo previo: $n(CH_3COOH) = 1{,}25 : 60{,}0 = 0{,}0208$ mol; $n(NaHCO_3)$ que reacciona = 0,0208 mol; $m = 0{,}0208 \cdot 84{,}0 = 1{,}75$ g. CO_2 máximo: $0{,}0208 \cdot 44{,}0 = 0{,}917$ g.
3. Rango esperable de pérdida (g): 0,50 g → 0,22-0,26; 1,00 g → 0,44-0,51; 1,50 g → 0,67-0,77; 2,00; 2,50 y 3,00 g → meseta de 0,7-1,0 (según la acidez real del vinagre). Si el vinagre es de 4° la meseta baja a 0,6-0,7 g y el cambio de pendiente se produce hacia 1,4 g; verificadlo con el vinagre del centro.

Ficha 5

1. Tabla (datos de F8): n($NaHCO_3$) = 0,00595; 0,0119; 0,0179; 0,0238; 0,0298; 0,0357 mol; n(CH_3COOH) = 0,0208 mol en todos. CO_2 teórico (g): 0,262; 0,524; 0,786; 0,917; 0,917; 0,917. Medido: 0,24; 0,48; 0,73; 0,85; 0,86; 0,85. Rendimiento: 91,6; 91,6; 92,9; 92,7; 93,8; 92,7 %.
2. Gráfica: puntos que siguen la recta de pendiente 44,0/84,0 = 0,524 g/g hasta 1,75 g y una meseta cercana a 0,85 g; línea teórica un poco por encima de los puntos.
3. Cambio de pendiente a 1,75 g de $NaHCO_3$: ahí los moles de bicarbonato igualan a los del ácido (0,0208 mol). Antes limita el bicarbonato; después, el ácido acético. Con 3,00 g sobran 0,0149 mol = 1,25 g de $NaHCO_3$.
4. Causas del rendimiento < 100 %: parte del CO_2 queda disuelto en el líquido; el CO_2 arrastra algo de vapor de agua y vinagre; pesada con incertidumbre de 0,02 g; la pérdida de masa se mide antes de que termine la reacción. Mejora: esperar más, remover y pesar tras enfriar; repetir y promediar.
5. Butano: n = 12 500 : 58,0 = 215,5 mol; n(CO_2) = 4 · 215,5 = 862 mol; m = 862 · 44,0 = 37,9 kg ≈ 3 veces la masa de la bombona. Por kg de butano: 37,9/12,5 = 3,03 kg de CO_2/kg; metano: 44,0/16,0 = 2,75 kg de CO_2/kg.

Ficha 6

1. Receta: n($NaHCO_3$) = 5,0 : 84,0 = 0,0595 mol; n(CH_3COOH) = 0,0595 mol; m = 0,0595 · 60,0 = 3,57 g de ácido acético; vinagre: 3,57 g : 5 g/100 mL = 71 mL; CO_2: 0,0595 · 44,0 = 2,62 g.
2. Entrada del cuaderno: respuesta abierta; debe incluir la ecuación $NaHCO_3 + CH_3COOH \rightarrow CH_3COONa + H_2O + CO_2$, el reactivo limitante (bicarbonato hasta 1,75 g; ácido después), teórico frente a medido (≈ 92 %), causas del rendimiento y una conclusión (cuánto vinagre por gramo de bicarbonato: unos 14 mL de vinagre de 5° por cada gramo).
3. Revisión cruzada: respuesta abierta; se valora que las propuestas sean concretas (indicar el paso de cálculo sin unidad o la comparación faltante).

Ficha 7

1. $CaCO_3 + 2\ HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2$ (carbonato de calcio + cloruro de hidrógeno/ácido clorhídrico → cloruro de calcio + agua + dióxido de carbono).
2. n($CaCO_3$) = 1,00 : 100,1 = $9{,}99 \cdot 10^{-3}$ mol; n(HCl) = 2 · $9{,}99 \cdot 10^{-3}$ = 0,0200 mol; m(HCl) = 0,0200 · 36,5 = 0,73 g; V = 0,0200 mol : 0,10 mol/L = 0,20 L = 200 mL.
3. En 100 mL hay 0,0100 mol de HCl. Para reaccionar con 0,0100 mol de HCl hacen falta 0,00500 mol de $CaCO_3$. El HCl es el limitante. Reaccionan 0,00500 · 100,1 = 0,50 g de $CaCO_3$ y sobran 0,50 g. CO_2: 0,00500 mol · 44,0 = 0,22 g.

Refuerzo (Anexo 8)

1. n(C) = 6,00 : 12,0 = 0,500 mol; n(CO_2) = 0,500 mol; m(CO_2) = 0,500 · 44,0 = 22,0 g.
2. M(H_2O) = 18,0 g/mol; n = 36,0 : 18,0 = 2,00 mol; moléculas = 2,00 · $6{,}022 \cdot 10^{23}$ = $1{,}20 \cdot 10^{24}$.
3. $2\ Mg + O_2 \rightarrow 2\ MgO$; $2\ Na + Cl_2 \rightarrow 2\ NaCl$.
4. n($NaHCO_3$) = 2,10 : 84,0 = 0,0250 mol; con exceso de ácido se forman 0,0250 mol de CO_2.

Ampliación (Anexo 9)

1. Con ácido: 44,0/84,0 = 0,524 g de CO_2 por gramo de $NaHCO_3$. Calentando: 2 $NaHCO_3$ → 1 CO_2, luego 44,0/(2 · 84,0) = 0,262 g/g, la mitad.
2. 2 · 84,0 = 168,0 g de $NaHCO_3$ → 106,0 g de Na_2CO_3 + 18,0 g de H_2O + 44,0 g de CO_2 = 168,0 g.
3. Sin ácido, el bicarbonato se convierte en Na_2CO_3 al hornear: 106,0/168,0 = 0,631 g de Na_2CO_3 por gramo de bicarbonato; es una base que da sabor jabonoso.
4. Ejemplo: 5,0 g de $NaHCO_3$ son 0,0595 mol; con 2,0 g de ácido acético (0,0333 mol) el limitante es el ácido; sobran 0,0595 − 0,0333 = 0,0262 mol = 2,2 g de $NaHCO_3$.

Errores frecuentes

- Usar gramos en lugar de moles para comparar reactivos y decidir el limitante.
- Cambiar los subíndices al ajustar (H_2O_2 en vez de 2 H_2O) en lugar de poner coeficientes.
- Olvidar que la proporción viene de los coeficientes: usar 1:1 en una ecuación que no lo es (por ejemplo, en la del butano).
- Confundir masa molar (g/mol) con masa atómica (u) o dejar las unidades sin escribir al dividir y multiplicar.
- Calcular el rendimiento al revés (teórico entre medido) o dar rendimientos superiores al 100 % sin cuestionarlo.
- Pensar que la masa no se conserva porque la balanza marca menos: el CO_2 escapa del vaso abierto.

Criterios para valorar respuestas abiertas

- Un resultado correcto sin planteamiento ni unidades no alcanza el nivel máximo; se valora el razonamiento por moles.
- En la práctica se valora el cálculo previo, la gráfica y el rendimiento más que la coincidencia exacta con el valor teórico (rango 85-97 %).
- Seguridad: práctica con productos de cocina; vigilar que no se tape el vaso, el uso de gafas y la gestión de residuos.
- La altura de la meseta depende de la acidez real del vinagre (4-6°): verificadla con el vinagre del centro antes de la sesión.

SITUACIÓN DE APRENDIZAJE

06 Química en acción

PREGUNTA GUÍA

¿Qué podemos predecir sobre una reacción a partir de su tipo y de las condiciones en que ocurre?

CURSO 4.º ESO	SESIONES 7 sesiones	BLOQUES DE SABERES A · E
COMPETENCIAS ESPECÍFICAS CE1, CE2, CE3, CE6	PRODUCTO FINAL Informe comparativo de reacciones de interés	CRITERIOS DE EVALUACIÓN 1.1, 1.3, 2.2, 2.3, 3.1, 3.3, 6.2

Contexto, reto y producto

El consejo de sostenibilidad del instituto tiene sobre la mesa tres problemas muy distintos. La caldera de gas natural del gimnasio consume cada invierno miles de euros y alguien ha preguntado «qué sale por la chimenea». El suelo del huerto escolar tiene un pH de 5,0 y los tomates no prosperan: unos proponen echar cal, otros bicarbonato y otros no tocar nada. Y el nuevo sensor de humedad del huerto necesita una pila; un grupo defiende una «pila de limón» y el resto no lo cree posible. En los tres casos, la química puede **predecir** qué va a pasar y a qué velocidad.

Esta situación convierte al alumnado en **equipo asesor** del consejo. Aprende a describir **combustiones, neutralizaciones y procesos electroquímicos sencillos** con su ecuación ajustada, a explicar la **velocidad** de las reacciones con la **teoría de colisiones** y a **predecir** el efecto de la temperatura, de la superficie de contacto y de la concentración. Cada equipo experto realiza una estación segura de microescala (neutralización con indicador de lombarda, pila de limón o pastilla efervescente), todos comparten los datos y el producto final es un **informe comparativo de reacciones de interés** con una propuesta razonada de mejora, que tiene en cuenta el impacto social y ambiental.

Reto

Elaborar un informe comparativo de tres reacciones de interés (combustión, neutralización y pila) que, con ecuaciones, datos propios y fuentes fiables, prediga su comportamiento y su velocidad y proponga al consejo de sostenibilidad una mejora segura y sostenible.

Producto final

Informe comparativo de reacciones de interés.

Vinculación curricular

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS MOVILIZADAS

CE1

Comprender y explicar los fenómenos fisicoquímicos del entorno con leyes y teorías, y resolver problemas para mejorar la realidad cercana.

CE2 Formular preguntas e hipótesis y comprobarlas mediante la experimentación, la indagación y la búsqueda de evidencias.

CE3

Manejar con soltura las normas de la física y la química: lenguaje IUPAC, lenguaje matemático, unidades, seguridad en el laboratorio y datos en distintos formatos.

CE6 Valorar la ciencia como construcción colectiva, en continuo cambio, en interacción con la sociedad.

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

1.1 Comprender y explicar con rigor los fenómenos fisicoquímicos cotidianos a partir de los principios, teorías y leyes científicas adecuadas, expresándolos de manera argumentada, utilizando diversidad de soportes y medios de comunicación.

1.3 Reconocer y describir situaciones problemáticas reales de índole científica y emprender iniciativas colaborativas en las que la ciencia, y en particular la física y la química, pueden contribuir a su solución, analizando críticamente su impacto en la sociedad y en el medio ambiente.

2.2 Predecir, para las cuestiones planteadas, respuestas que se puedan comprobar con las herramientas y conocimientos adquiridos, tanto de forma experimental como deductiva, aplicando el razonamiento lógico-matemático en su proceso de validación.

2.3 Aplicar las leyes y teorías científicas más importantes para validar hipótesis de manera informada y coherente con el conocimiento científico existente, diseñando los procedimientos experimentales o deductivos necesarios para resolverlas y analizando los resultados críticamente.

3.1 Emplear fuentes variadas fiables y seguras para seleccionar, interpretar, organizar y comunicar información relativa a un proceso fisicoquímico concreto, relacionando entre sí lo que cada una de ellas contiene, extrayendo en cada caso lo más relevante para la resolución de un problema y desechando todo lo que sea irrelevante.

3.3 Aplicar con rigor las normas de uso de los espacios específicos de la ciencia, como el laboratorio de física y química, asegurando la salud propia y colectiva, la conservación sostenible del medio ambiente y el cuidado por las instalaciones.

6.2 Detectar las necesidades tecnológicas, ambientales, económicas y sociales más importantes que demanda la sociedad, entendiendo la capacidad de la ciencia para darles solución sostenible a través de la implicación de la ciudadanía.

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

Código	Saber básico
E2	Descripción cualitativa de reacciones químicas de interés: reacciones de combustión, neutralización y procesos electroquímicos sencillos, valorando las implicaciones que tienen en la tecnología, la sociedad o el medioambiente.
E3	Factores que influyen en la velocidad de las reacciones químicas: comprensión de cómo ocurre la reordenación de los átomos aplicando modelos como la teoría de colisiones y realización de predicciones en los procesos químicos cotidianos más importantes.
A1	Trabajo experimental y proyectos de investigación: estrategias en la resolución de problemas y el tratamiento del error mediante la indagación, la deducción, la búsqueda de evidencias y el razonamiento lógico-matemático, haciendo inferencias válidas de las observaciones y obteniendo conclusiones que vayan más allá de las condiciones experimentales para aplicarlas a nuevos escenarios.
A2	Diversos entornos y recursos de aprendizaje científico como el laboratorio o los entornos virtuales: materiales, sustancias y herramientas tecnológicas.
A3	Normas de uso de cada espacio, asegurando y protegiendo así la salud propia y comunitaria, la seguridad en las redes y el respeto hacia el medio ambiente.

Concreción didáctica en esta situación

- Combustión: reactivos y productos, ajuste, combustión incompleta y monóxido de carbono, energía desprendida y CO_2 por unidad de energía (metano, propano, butano, gasolina).
- Neutralización: ácido + base → sal + agua, ajuste, indicador de lombarda, escala de pH y aplicaciones (antiácidos, encalado del suelo, lluvia ácida).
- Electroquímica sencilla: oxidación y reducción como pérdida y ganancia de electrones; pila cinc-cobre y pila de limón; sentido de los electrones y de la corriente convencional.
- Teoría de colisiones y factores de velocidad: temperatura, superficie de contacto, concentración y catalizadores; energía de activación.
- Predicción, medida y valoración del impacto social y ambiental: calefacción, suelos, baterías y energía.

Objetivos didácticos

- ✓ Describir, ajustar y clasificar combustiones, neutralizaciones y procesos redox sencillos.
- ✓ Explicar con colisiones y energía de activación los factores que modifican la velocidad.
- ✓ Predecir, controlar variables y contrastar con datos propios de una estación segura.
- ✓ Comparar reacciones y combustibles por energía, CO_2 y riesgos, y valorar su impacto.
- ✓ Redactar un informe comparativo con una propuesta segura y sostenible para el consejo.

Metodología

Indagación
Predicción, contraste y conclusión.

Modelización
Conectar observaciones con modelos, leyes y representaciones.

Resolución de problemas
Planteamiento, unidades, cálculo, comprobación e interpretación.

Trabajo experimental
Variables, datos, seguridad y residuos.

Cooperación
Roles rotatorios y responsabilidad compartida.

Secuencia de sesiones y actividades

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

1

SESIÓN 1

Lanzamiento de los tres problemas del consejo (caldera, huerto y sensor), diagnóstico inicial e hipótesis para cada estación

Evidencia: Ficha 1: test de diagnóstico, clasificación de procesos y hipótesis razonadas. **Ficha:** Anexo 3 · ficha 1

2

SESIÓN 2

Tipos de reacción: combustión, neutralización y procesos electroquímicos sencillos; ecuaciones y modelos

Evidencia: Ficha 2: ecuaciones ajustadas, nombres de las sales y oxidación-reducción (F2, F5 y F6).

Ficha: Anexo 3 · ficha 2

3

SESIÓN 3

Velocidad de reacción y teoría de colisiones; energía y CO_2 de las combustiones; vídeo de combustión

Evidencia: Ficha 3: factores de velocidad con colisiones y cálculo de energía y CO_2 con F3 y F4.

Ficha: Anexo 3 · ficha 3

4

SESIÓN 4

Estaciones experimentales por equipos expertos: neutralización con lombarda, pila de limón o pastilla efervescente

Evidencia: Ficha 4: lista de seguridad y tabla de datos de la estación propia, con las otras dos completadas desde F10.

Ficha: Anexo 3 · ficha 4

5

SESIÓN 5

Puesta en común y tratamiento de resultados: desviación, gráfica y contraste con las hipótesis

Evidencia: Ficha 5: cálculos de cada estación, gráfica tiempo-temperatura y valoración de las hipótesis (F10).

Ficha: Anexo 3 · ficha 5

6

SESIÓN 6

Borrador del informe comparativo, propuesta al consejo y revisión entre equipos

Evidencia: Ficha 6: tabla comparativa, propuesta fundamentada y revisión cruzada.

Ficha: Anexo 3 · ficha 6

7

SESIÓN 7

Presentación del informe y evidencia individual con un caso nuevo del huerto de otro colegio

Evidencia: Informe final (Anexo 4) y Ficha 7: clasificación, cálculo de la cal y colisiones en un caso nuevo.

Ficha: Anexo 3 · ficha 7

Evaluación

Se combinan diagnóstico, observación, fichas/cuaderno, producto final, evidencia individual y autoevaluación. El resultado numérico se valora junto con el planteamiento, la unidad, la comprobación y la interpretación.

Criterios, evidencias e instrumentos

Criterio	Evidencia principal	Instrumento
1.1	Explicación con ecuación ajustada, modelo de partículas y vocabulario correcto de la combustión, la neutralización y la pila de limón (oxidación, reducción, sentido de los electrones), y de la velocidad con la teoría de colisiones (F2, F4, F6).	Fichas 2 y 3 e informe (Anexo 4) / rúbrica
1.3	Análisis de las tres situaciones reales del consejo (caldera, huerto y sensor) con datos, y puesta en común colaborativa de las tres estaciones para una propuesta conjunta con su impacto en la sociedad y el medio ambiente.	Fichas 1, 5 y 6 e informe / lista de cotejo y coevaluación
2.2	Hipótesis razonadas antes de medir para cada estación (volumen de neutralización, voltaje de cada par de metales y efecto de temperatura y trituración) y comprobación con los datos.	Fichas 1, 4 y 5 / rúbrica
2.3	Contraste de las hipótesis con las leyes (proporción estequiométrica del neutralizante, colisiones, escala de reactividad), control de variables y análisis crítico de la desviación (≈ 5 %) y de los límites de cada estación.	Fichas 4 y 5 e informe / rúbrica y guía docente
3.1	Selección y organización de los datos relevantes de F3, F5 y F10 (poder calorífico, pH, voltaje y tiempos) en una tabla comparativa, desechando lo irrelevante e indicando la fuente.	Fichas 3, 5 y 6 / lista de cotejo
3.3	Cumplimiento de las normas de las estaciones (gafas, 40 °C como máximo, sin llama, residuos) y análisis de las precauciones de la combustión (CO, ventilación, calderas).	Ficha 4, informe y observación / lista de cotejo
6.2	Propuesta al consejo de sostenibilidad que atiende necesidades ambientales y sociales (energía, suelo, residuos de pilas) con datos de CO_2 por MJ, coste de seguridad y alternativas.	Fichas 6 y 7 e informe / rúbrica

Rúbrica del producto final

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial
Comprensión científica	Explica con ecuaciones, modelos y teoría de colisiones los tres tipos de reacción y la influencia de temperatura, superficie y catalizador, y señala los límites de cada modelo.	Explica correctamente los tipos de reacción y la velocidad con alguna imprecisión (por ejemplo, en el sentido de la corriente o en el papel de la energía de activación).	Describe las reacciones sin justificar con el modelo de partículas.	Confunde tipos de reacción o atribuye la velocidad a «la fuerza» de la reacción.
Datos y resolución	Ajusta las ecuaciones, calcula el volumen teórico de neutralizante y el CO_2 por MJ con unidades, calcula la desviación y representa la gráfica con la tendencia.	Cálculos correctos con fallos aislados de unidades o redondeo; gráfica con pequeños fallos.	Cálculos incompletos o gráfica sin tendencia ni unidades.	No hay estrategia válida o falta el ajuste.
Investigación	Hipótesis razonadas antes de medir, control claro de variables en la estación, contraste con la teoría y los datos de otros equipos, y conclusión proporcionada con límites.	Controla la mayoría de variables y contrasta con algún dato externo.	Anota datos sin contrastar con la hipótesis ni controlar variables.	No distingue dato, hipótesis y conclusión.

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial
Seguridad y lenguaje	Cumple con autonomía las normas de la estación y razona las precauciones de la combustión; usa fórmulas, nombres y unidades con rigor y cita las fuentes.	Cumple las normas con algún recordatorio; lenguaje correcto con fallos menores.	Necesita avisos frecuentes; mezcla fórmulas, nombres o unidades.	Incumple normas o comunica sin sentido químico.
Revisión y cooperación	Cumple su rol en la estación, comparte los datos con rigor, revisa el informe de otro equipo con propuestas concretas e incorpora las mejoras recibidas.	Cumple su rol y su revisión incluye alguna propuesta útil.	Participa de forma irregular; revisión superficial.	No asume su rol ni revisa.

Materiales y seguridad

Materiales y recursos

- Estación A (neutralización), por equipo: 5 mL de vinagre de 5°, 50 mL de disolución de bicarbonato (4,0 g por 100 mL), 20 mL de zumo de lombarda ya preparado por el docente, 2 jeringas de 10 mL, vaso transparente de 100 mL y papel blanco.
- Estación B (pila), por equipo: 3 limones, 3 clavos galvanizados (cinc), 3 trozos de alambre de cobre, 3 clips de acero, cables con pinzas de cocodrilo, multímetro (voltímetro) y un LED rojo.
- Estación C (velocidad), por equipo: 5 pastillas efervescentes iguales (vitamina C o antiácido), 4 vasos de 150 mL, probeta de 100 mL, termómetro, agua fría con hielo, agua del grifo y agua templada a unos 40 °C preparada por el docente, cronómetro y una bolsita para triturar.
- Material común: gafas de protección, Dossier (Anexo 2), plantilla del informe (Anexo 4) y, para la combustión, el vídeo o la demostración docente descrita en F3.

Seguridad y residuos

Microescala con productos domésticos: gafas, sin llama del alumnado y agua a 40 °C como máximo (la templada la prepara el docente). No se prueban las muestras. La combustión, solo en vídeo o demostración docente. Residuos: disoluciones al desagüe y limones al orgánico.

Atención a la diversidad (DUA), refuerzo y ampliación

Representación

Esquemas, modelos, ejemplos resueltos, tablas, gráficas y glosario de símbolos/unidades.

Acción y expresión

Informe, cálculo comentado, representación, exposición o producto visual manteniendo el criterio científico.

Apoyo

Anexo 8

Ecuaciones con parte de los coeficientes ya escritos, plantilla de la tabla comparativa con las columnas rellenas, datos de las estaciones ya medidos (F10) para quien no pueda experimentar y problemas de un solo paso en el Anexo 8.

Ampliación

Anexo 9

Anexo 9: comparar combustibles (etanol, hidrógeno) por CO_2 y energía, y calcular cuántos limones en serie harían falta para un LED.

ANEXO 1

Ficha de lanzamiento del reto

SdA 6 · Química en acción

ALUMNADO

El consejo de sostenibilidad os pide asesoramiento en tres frentes: la caldera de gas del gimnasio, el suelo ácido del huerto escolar y el sensor de humedad que alguien quiere alimentar con pilas de limón. Combustión, neutralización y pila: tres tipos de reacción y una misma pregunta, ¿qué podemos predecir? Cada equipo experto probará una estación segura, todos compartiréis los datos y escribiréis un informe comparativo con una propuesta razonada. Nada de llamas ni productos peligrosos: solo vinagre, bicarbonato, lombarda, limones y pastillas efervescentes.

> *¿Qué podemos predecir sobre una reacción a partir de su tipo y de las condiciones en que ocurre?*

Vuestro reto

Elaborar un informe comparativo de tres reacciones de interés (combustión, neutralización y pila) que, con ecuaciones, datos propios y fuentes fiables, prediga su comportamiento y su velocidad y proponga al consejo de sostenibilidad una mejora segura y sostenible.

Lo que vais a producir

Informe comparativo de reacciones de interés.

Seguridad. Microescala con productos domésticos: gafas, sin llama del alumnado y agua a 40 °C como máximo (la templada la prepara el docente). No se prueban las muestras.

Hoja de ruta · 7 sesiones

1. Conocemos los tres problemas del consejo, hacemos el diagnóstico y planteamos hipótesis.
2. Describimos y ajustamos combustiones, neutralizaciones y reacciones de oxidación-reducción.
3. Explicamos la velocidad con la teoría de colisiones y calculamos energía y CO_2 de las combustiones.
4. Cada equipo realiza su estación segura y registra sus datos.
5. Compartimos los datos, calculamos desviaciones, dibujamos la gráfica y contrastamos las hipótesis.
6. Redactamos el informe comparativo con la propuesta y otro equipo lo revisa.
7. Presentamos el informe y resolvemos, de forma individual, un caso nuevo del huerto de otro colegio.

Al terminar seré capaz de...

- Describir, ajustar y clasificar combustiones, neutralizaciones y procesos redox sencillos.
- Explicar con colisiones y energía de activación los factores que modifican la velocidad.
- Predecir, controlar variables y contrastar con datos propios de una estación segura.
- Comparar reacciones y combustibles por energía, CO_2 y riesgos, y valorar su impacto.
- Redactar un informe comparativo con una propuesta segura y sostenible para el consejo.

¿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 de fuentes y materiales base

SdA 6 · Química en acción

ALUMNADO

Todo lo necesario para asesorar al consejo: el caso, una tabla comparativa de tipos de reacción, datos de combustibles, el modelo de colisiones y la energía de activación, la escala de pH con el indicador de lombarda, el esquema de la pila de limón, los protocolos de las tres estaciones y los datos de un equipo de prueba.

F1 El consejo de sostenibilidad y sus tres problemas

ESTUDIO DE CASO

El consejo ha dejado estas notas en el tablón:

- **Problema A, la caldera.** «El gimnasio se calienta con una caldera de gas natural. ¿Qué se forma al quemar el gas? ¿Es mejor el gas natural que el butano de las estufas? ¿Qué pasa si la caldera no tiene suficiente aire?»
- **Problema B, el huerto.** «El pH del suelo es 5,0 y los tomates prefieren entre 6 y 7. Alguien propone echar cal; otro, bicarbonato; otro dice que no se puede cambiar el pH. ¿Qué reacción tiene lugar y cuánto neutralizante hace falta?»
- **Problema C, el sensor.** «El sensor de humedad del huerto necesita energía. ¿Se puede hacer una pila con limones? ¿Qué metales conviene usar? ¿Cuánto voltaje se obtiene?»

Además, el delegado de Educación Física pregunta por qué una **pastilla efervescente** se disuelve más deprisa en agua caliente, y quiere saber si eso tiene que ver con el funcionamiento de las pilas en invierno.

Vuestro trabajo: cada equipo hace una estación experimental (A, B o C), todos compartís los datos y entre todos preparáis un **informe comparativo** que responda al consejo.

Fuente: Caso ficticio creado para el aula; los datos (pH del suelo, consumo y funcionamiento de las pilas) son realistas.

Clasifica cada problema como combustión, neutralización o proceso electroquímico. ¿Qué dato necesitarías para responder a cada uno?

F2 Tres tipos de reacción de interés: comparación

DATOS

	Combustión	Neutralización	Proceso electroquímico (redox)
Qué ocurre	Una sustancia reacciona con oxígeno y desprende energía.	Un ácido y una base reaccionan y se neutralizan.	Se transfieren electrones: uno se oxida y otro se reduce.
Reactivos	Combustible (hidrocarburo, madera) y O_2	Ácido (HCl, CH_3COOH) y base (NaOH, $Ca(OH)_2$)	Un metal y una disolución con iones (ácido, sal)
Productos	CO_2 y H_2O (completa); CO y hollín (incompleta)	Sal y agua	Iones del metal y un gas o un metal depositado
Energía	Calor y luz (exotérmica)	Se calienta ligeramente (exotérmica)	Energía eléctrica en una pila
Ejemplo	$CH_4 + 2\,O_2 \rightarrow CO_2 + 2\,H_2O$	$HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$	$Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2\,e^-$ (oxidación)
Aplicación	Calefacción, motores, cocina	Antiácidos, encalado del suelo, depuración	Pilas, baterías, protección contra la corrosión
Riesgo	Fuego, CO, ventilación	Ácidos y bases fuertes: quemaduras	Cortocircuito y residuos de pilas

Oxidación: pérdida de electrones. **Reducción:** ganancia de electrones. Siempre ocurren a la vez. **Sales:** el nombre sale del ácido y la base: HCl + NaOH da cloruro de sodio; H_2SO_4 + $Ca(OH)_2$ da sulfato de calcio.

Fuente: Elaboración propia a partir del currículo de 4.º ESO (RD 217/2022) y de manuales de Química general.

¿Qué tienen en común y en qué se diferencian la combustión y la neutralización? ¿Cuál de las tres sirve para producir electricidad?

F3 Combustibles: energía y CO_2 emitido

DATOS

Combustible	Ecuación ajustada	Poder calorífico (MJ/kg)	CO_2 por kg de combustible (kg)	CO_2 por energía (g/MJ)
Metano (gas natural)	$CH_4 + 2\,O_2 \rightarrow CO_2 + 2\,H_2O$	50,0	2,75	55,0
Propano	$C_3H_8 + 5\,O_2 \rightarrow 3\,CO_2 + 4\,H_2O$	46,4	3,00	64,7
Butano	$2\,C_4H_{10} + 13\,O_2 \rightarrow 8\,CO_2 + 10\,H_2O$	45,7	3,03	66,4
Octano (gasolina)	$2\,C_8H_{18} + 25\,O_2 \rightarrow 16\,CO_2 + 18\,H_2O$	44,4	3,09	69,5
Hidrógeno	$2\,H_2 + O_2 \rightarrow 2\,H_2O$	120	0	0

Combustión incompleta (poco aire): $2\,CH_4 + 3\,O_2 \rightarrow 2\,CO + 4\,H_2O$. El monóxido de carbono, CO, es incoloro e inodoro y muy tóxico; por eso las calderas se revisan y las estancias se ventilan.

Demostración docente descrita (o vídeo): se quema una vela bajo una campana de vidrio. La llama se apaga cuando baja el oxígeno, aparece vapor de agua en las paredes y, con agua de cal (hidróxido de calcio disuelto, diluida), se detecta el CO_2: $CO_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$ (el carbonato de calcio enturbia el agua).

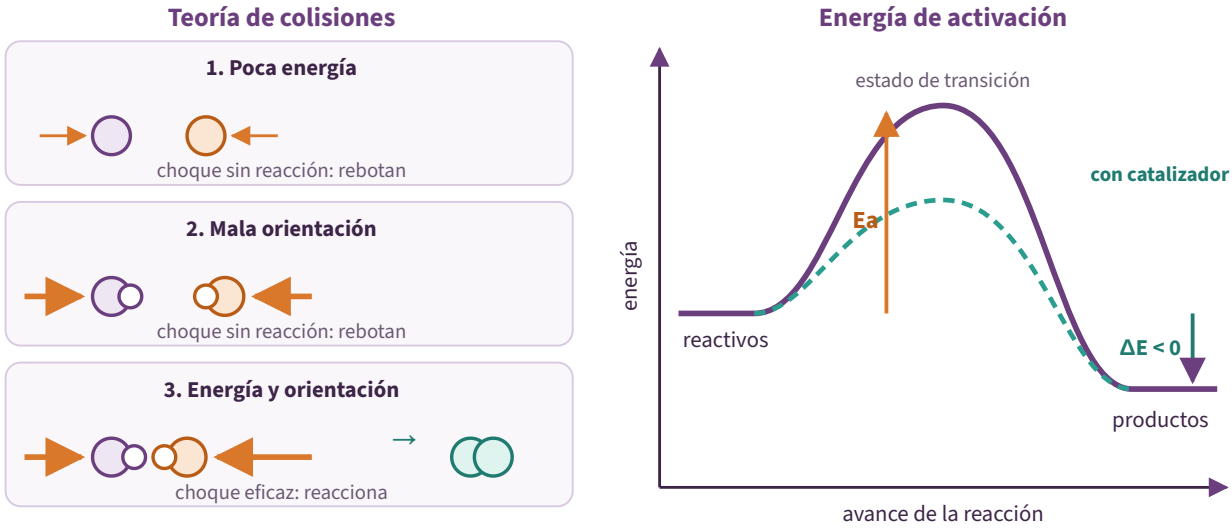
Ejemplo resuelto: una bombona de 12,5 kg de butano libera $12{,}5 \cdot 45{,}7 = 571$ MJ y emite $12{,}5 \cdot 3{,}03 = 37{,}9$ kg de CO_2.

Fuente: Poderes caloríficos inferiores aproximados de referencia (tablas de combustibles de uso común); el CO_2 por kilogramo se calcula con la estequiometría y las masas atómicas redondeadas; el hidrógeno no emite CO_2 al quemarse.

¿Qué combustible emite menos CO_2 por cada megajulio de energía? ¿Y cuál no emite CO_2 al quemarse?

F4 Teoría de colisiones y energía de activación

ESQUEMA



Idea clave: para que dos partículas reaccionen deben chocar, con **energía suficiente** (la energía de activación, E_a) y con la **orientación adecuada**. Más temperatura: más choques con energía suficiente. Más superficie de contacto o más concentración: más choques por segundo. Un catalizador ofrece un camino con menor E_a y no se consume.

Fuente: Esquema de elaboración propia (modelo cualitativo; no está a escala).

Una pastilla entera y una pastilla triturada tienen la misma masa. ¿Cuál reacciona antes con el agua y por qué?

F5 Escala de pH y colores del indicador de lombarda

DATOS

pH	Color de la lombarda	Medio	Sustancia de ejemplo
1-2	rojo	muy ácido	zumo de limón (≈ 2)
3-4	rosa	ácido	vinagre (≈ 2,5-3), refresco de cola
5-6	rosa-morado	ligeramente ácido	suelo del huerto (5,0), lluvia ácida (< 5,6)
7	violeta	neutro	agua pura
8	azul	ligeramente básico	bicarbonato disuelto (≈ 8,3)
9-10	azul-verde	básico	leche de magnesia (≈ 10,5)
11-12	verde	muy básico	amoníaco doméstico (≈ 11,5)
13	amarillo	extremadamente básico	lejía fuerte, NaOH (≈ 13)

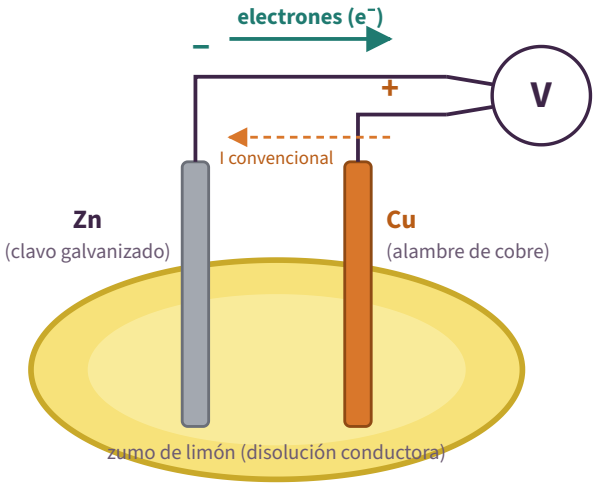
Neutralización cuantitativa: la ecuación $NaHCO_3 + CH_3COOH \rightarrow CH_3COONa + H_2O + CO_2$ indica que 1 mol de bicarbonato neutraliza 1 mol de ácido acético. Masas molares (g/mol): CH_3COOH 60,0; $NaHCO_3$ 84,0; $Ca(OH)_2$ 74,1; $Mg(OH)_2$ 58,3.

Fuente: Valores aproximados de referencia (pH a 25 °C); los colores del zumo de lombarda varían algo según la variedad y la concentración.

Si un suelo tiene pH 5,0, ¿qué color daría la lombarda? ¿Qué tipo de sustancia (ácida o básica) hay que añadir para llevarlo a 6,5?

F6 La pila de limón: electrones y polos

ESQUEMA



Polo negativo (Zn): oxidación

$Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2\,e^-$

Polo positivo (Cu): reducción

$2\,H^+ + 2\,e^- \rightarrow H_2$

Los e^- van del Zn al Cu por el cable; la corriente convencional va al revés.

El **cinc** se oxida con más facilidad que el cobre, así que cede electrones y es el polo negativo. Cuanto más distinta es la facilidad de oxidación de los dos metales, mayor es el voltaje. Dos metales iguales (cobre y cobre) no producen diferencia de potencial apreciable.

Fuente: Esquema de elaboración propia (modelo simplificado de la pila de limón).

¿Por dónde van los electrones, por el cable o por el limón? ¿Qué sentido tiene la corriente convencional?

F7 Estación A: neutralización del vinagre con bicarbonato e indicador de lombarda

PROTOCOLO

Material y cantidades (por equipo): 5,0 mL de vinagre de 5° (0,25 g de ácido acético); 50 mL de disolución de bicarbonato (4,0 g por 100 mL, 0,476 mol/L); 20 mL de zumo de lombarda ya preparado y frío; 2 jeringas de 10 mL; vaso transparente de 100 mL; cucharilla; papel blanco de fondo.

Equipo de protección y riesgos: gafas de protección. Riesgos: salpicaduras de vinagre en los ojos y espuma de CO_2. Precauciones: no tapar el vaso, añadir el bicarbonato poco a poco y no probar nada.

Variables: independiente, el volumen de disolución de bicarbonato añadido; dependiente, el color del indicador; controladas, 5,0 mL de vinagre, 10 mL de agua, 2 mL de lombarda.

Procedimiento:

1. Poned en el vaso 5,0 mL de vinagre, 10 mL de agua y 2 mL de zumo de lombarda. Anotad el color inicial (debe ser rojo-rosa).
2. Antes de añadir nada, calculad el volumen teórico de bicarbonato que neutraliza el vinagre (Ficha 4).
3. Añadid la disolución de bicarbonato de 1 mL en 1 mL, removiendo y anotando el color y las burbujas.
4. Parad cuando el color sea **violeta o azul-violeta** y se mantenga 20 s. Anotad el volumen total.
5. Repetid dos veces con vinagre nuevo y calculad la media.

Limpieza y residuos: las disoluciones, ya neutras, se vierten al desagüe con agua; lavad el material.

Resultado esperable (verificad con vuestro vinagre): el volumen necesario está entre **8 y 11 mL** (teórico 8,75 mL); el color pasa de rojo-rosa a rosa-morado, violeta y azul, con burbujas de CO_2 cada vez menos intensas.

Fuente: Protocolo de elaboración propia para material escolar de bajo riesgo. Las normas del centro prevalecen sobre este documento.

¿Por qué sigue habiendo burbujas al principio, pero no al final? ¿Qué sustancia hay en el vaso cuando el color es violeta?

F8 Estación B: pila de limón

PROTOCOLO

Material y cantidades (por equipo): 3 limones; 3 clavos galvanizados (cinc); 3 trozos de alambre de cobre de 10 cm; 3 clips de acero; 4 cables con pinzas de cocodrilo; multímetro en voltios; LED rojo; tijeras.

Equipo de protección y riesgos: gafas de protección. Riesgos: pinchazos con clavos y alambres, salpicaduras de zumo. Precauciones: manipular los clavos con cuidado y no comer los limones.

Variables: independiente, el par de metales (Zn–Cu, Fe–Cu o Cu–Cu); dependiente, el voltaje (V); controladas, el mismo limón, 3 cm de separación y 2 cm de profundidad.

Procedimiento:

1. Ablandad el limón rodándolo sobre la mesa. Clavad el clavo galvanizado y el alambre de cobre a 3 cm entre sí.
2. Conectad el multímetro y anotad el voltaje (el polo negativo es el cinc). Medid con 3 limones distintos.
3. Sustituid el clavo por un clip de acero (Fe–Cu) y después el clavo por otro alambre de cobre (Cu–Cu); anotad cada voltaje.
4. Conectad 3 limones Zn–Cu **en serie** (cinc de uno con el cobre del siguiente) y medid el voltaje total. Conectad el LED y observad.

Limpieza y residuos: limpiad y secad los metales; los limones, al contenedor orgánico.

Resultado esperable (verificad con vuestro material): Zn–Cu entre **0,8 y 1,0 V**; Fe–Cu menor (0,3-0,7 V); Cu–Cu inferior a 0,1 V; 3 limones en serie, 2,4-2,9 V; el LED rojo se enciende apenas o no se aprecia, porque la corriente es muy pequeña.

Fuente: Protocolo de elaboración propia para material escolar de bajo riesgo. Las normas del centro prevalecen sobre este documento.

¿Por qué sumamos voltajes al conectar los limones en serie? ¿Por qué el LED brilla tan poco aunque haya casi 3 V?

F9 Estación C: velocidad de una pastilla efervescente

PROTOCOLO

Material y cantidades (por equipo): 5 pastillas efervescentes iguales; 4 vasos de 150 mL; probeta de 100 mL; termómetro; agua fría con hielo (≈ 10 °C), agua del grifo (≈ 20 °C) y agua templada (≈ 40 °C, preparada por el docente); cronómetro; bolsita y cucharilla para triturar una pastilla.

Equipo de protección y riesgos: gafas de protección. Riesgos: salpicaduras y espuma. Precauciones: **agua a 40 °C como máximo**; no beber ni probar las muestras.

Variables: independiente, la temperatura del agua (10, 20 y 40 °C) y el estado de la pastilla (entera o triturada); dependiente, el tiempo hasta que cesa el burbujeo (s); controladas, 100 mL de agua, mismo tipo de pastilla y mismo vaso.

Procedimiento:

1. Medid 100 mL de agua en cada vaso y comprobad su temperatura con el termómetro.
2. Echad una pastilla entera en el agua de 20 °C y poned el cronómetro en marcha al soltarla. Parad cuando cesa el burbujeo y anotad el tiempo.
3. Repetid con agua de 10 °C y con agua de 40 °C (una pastilla entera cada vez).
4. Triturad una pastilla en la bolsita y echad el polvo en agua de 20 °C. Anotad el tiempo.
5. Calculad la velocidad relativa $v = 1/t$ (en s^{-1}) de cada prueba.

Limpieza y residuos: las disoluciones, al desagüe con agua abundante; secad el material.

Resultado esperable (verificad con vuestra marca): a 20 °C la pastilla entera tarda entre 60 y 120 s. A 10 °C tarda 1,5-2 veces más; a 40 °C, entre 0,3 y 0,5 veces el tiempo a 20 °C; triturada, entre 0,2 y 0,4 veces.

Fuente: Protocolo de elaboración propia para material escolar de bajo riesgo. Las normas del centro prevalecen sobre este documento.

¿Qué prueba cambia solo una variable respecto a la de 20 °C con pastilla entera? ¿Por qué la pastilla triturada reacciona antes?

F10 Datos de un equipo de prueba para las tres estaciones

DATOS

Estación	Condición	Dato medido	Observación
A. Neutralización	Equipo 1: volumen de bicarbonato (4,0 g/100 mL)	9,0 mL	color final violeta
A. Neutralización	Equipo 2: volumen de bicarbonato	8,5 mL	color final violeta
A. Neutralización	Equipo 3: volumen de bicarbonato	10,0 mL	color final azul-violeta
B. Pila de limón	Zn–Cu, limón 1	0,92 V	polo negativo: Zn
B. Pila de limón	Zn–Cu, limón 2	0,88 V	
B. Pila de limón	Zn–Cu, limón 3	0,95 V	
B. Pila de limón	Fe (clip)–Cu	0,52 V	menor que con Zn
B. Pila de limón	Cu–Cu	0,02 V	prácticamente nulo
B. Pila de limón	3 limones Zn–Cu en serie	2,68 V	LED rojo apenas se ve
C. Velocidad	Entera, 10 °C	140 s	burbujeo lento
C. Velocidad	Entera, 20 °C	85 s	referencia
C. Velocidad	Entera, 40 °C	32 s	burbujeo vivo
C. Velocidad	Triturada, 20 °C	25 s	mucha espuma al inicio

Incertidumbre: el volumen se mide con jeringa de 10 mL (±0,5 mL); el voltaje, con el multímetro (±0,01 V); el tiempo, con cronómetro (±2 s por reacción humana).

Fuente: Datos ilustrativos, redondeados y coherentes con los rangos esperables; no son medidas de un laboratorio concreto.

Calcula la media de cada estación y detecta qué dato se aleja más de lo esperable.

ANEXO 3

Fichas de actividades del alumnado

SdA 6 · Química en acción

ALUMNADO

FICHA 1 Los tres problemas del consejo

Sesión 1

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Lee F1. Responde primero al diagnóstico de forma individual.

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

En una combustión completa de un hidrocarburo se forman…

☐ CO_2 y H_2O ☐ solo CO ☐ hidrógeno y carbono

Al mezclar un ácido con una base en las proporciones adecuadas se obtiene…

☐ una sal y agua ☐ un metal ☐ solo un gas

En una pila, los electrones circulan por el cable…

☐ del polo negativo al positivo ☐ del polo positivo al negativo ☐ en los dos sentidos a la vez

Una reacción suele ir más deprisa si…

☐ aumenta la temperatura ☐ se enfría el sistema ☐ se reduce la superficie de contacto

2 **Clasifica cada proceso como combustión (C), neutralización (N), proceso electroquímico (E) u otro (O).**

Proceso	C, N, E u O	Por qué
La caldera de gas del gimnasio		
Añadir cal al suelo ácido del huerto		
La pila que alimenta el sensor		
El hierro de una verja que se oxida		
Una tableta antiácido en el estómago		

3 **Formula una hipótesis razonada para cada estación antes de medir.**

Estación	Mi hipótesis	Por qué lo creo
A. ¿Cuánto bicarbonato neutraliza 5 mL de vinagre?		
B. ¿Qué par de metales da más voltaje: Zn–Cu o Cu–Cu?		
C. ¿Qué pasa con el tiempo si caliento el agua o trituro la pastilla?		

FICHA 2 Combustión, neutralización y redox

Sesión 2

Usa F2 (comparación), F3 (combustibles), F5 (pH) y F6 (pila).

1 **Ajusta cada combustión (escribe la ecuación ajustada completa) y di si es completa o incompleta.**

Ecuación sin ajustar	Ecuación ajustada	¿Completa o incompleta?
$C_3H_8 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$		
$C_8H_{18} + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$		
$CH_4 + O_2 \rightarrow CO + H_2O$		

2 **Ajusta cada neutralización y nombra la sal que se forma.**

Ecuación sin ajustar	Ecuación ajustada	Sal (nombre)
$HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$		
$H_2SO_4 + NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + H_2O$		
$HCl + Mg(OH)_2 \rightarrow MgCl_2 + H_2O$		
$H_2SO_4 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaSO_4 + H_2O$		

3 **En la pila de limón (F6), indica qué metal se oxida, qué ocurre con los electrones y cuál es el polo positivo. Escribe la semirreacción del cinc.**

FICHA 3 Velocidad y colisiones; energía y CO_2

Sesión 3

Usa F4 (colisiones) y F3 (combustibles). Calcula siempre con unidades.

1 **Relaciona cada situación con el factor de velocidad que explica el cambio.**

1. Un trozo de pan seco arde antes si está desmenuzado ●
2. La comida dura más tiempo en la nevera ●
3. Un catalizador acelera una reacción sin gastarse ●
4. Un ácido más concentrado ataca antes un clavo ●

● **a** Mayor superficie de contacto

● **b** Menos choques con energía suficiente (temperatura baja)

● **c** Menor energía de activación

● **d** Más partículas por volumen: más choques por segundo

2 **Dibuja el perfil de energía de una reacción exotérmica con y sin catalizador, y rotula la energía de activación en cada caso.**



3 **Con F3, calcula la energía y el CO_2 emitido al quemar 1,0 kg de metano y 1,0 kg de gasolina (octano), y compáralos por MJ.**

Combustible	Energía (MJ)	CO_2 emitido (kg)	CO_2 por energía (g/MJ)
Metano (1,0 kg)			
Octano (1,0 kg)			

4 **Una caldera funciona con poco aire y produce CO. Escribe la ecuación ajustada de la combustión incompleta del metano y explica por qué es peligrosa.**

FICHA 4 Estaciones experimentales

Sesión 4

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Haced la estación que os asigne el docente (A, B o C) siguiendo su protocolo. Completad las otras dos con los datos de F10.

1 **Lista de seguridad (marcad antes de empezar).**

- ☐ Todo el equipo lleva gafas de protección
- ☐ No hay llamas, y el agua más caliente del alumnado es de 40 °C
- ☐ No se prueban ni se huelen las muestras
- ☐ Se conoce el reparto de roles (medidor, secretario, cronometrista y seguridad)
- ☐ Hay papel de cocina y sabemos dónde se vierten las disoluciones
- ☐ Los limones y los clavos se limpian y se guardan al terminar

2 **Estación A. Calcula antes el volumen teórico de bicarbonato (4,0 g/100 mL) que neutraliza 5,0 mL de vinagre (0,25 g de ácido acético) y anota después tus medidas.**

Medida	Volumen de bicarbonato (mL)	Color final
1		
2		
Media		

3 **Estación B. Anota el voltaje de cada par.**

Par de metales	Voltaje (V)	Polo negativo
Zn–Cu, limón 1		
Zn–Cu, limón 2		
Zn–Cu, limón 3		
Fe (clip)–Cu		
Cu–Cu		
3 limones en serie		

4 **Estación C. Anota los tiempos y calcula la velocidad relativa $v = 1/t$.**

Prueba	Tiempo (s)	v = 1/t (s^{-1})
Entera, 10 °C		
Entera, 20 °C		
Entera, 40 °C		
Triturada, 20 °C		

FICHA 5 Datos, desviaciones y gráficas

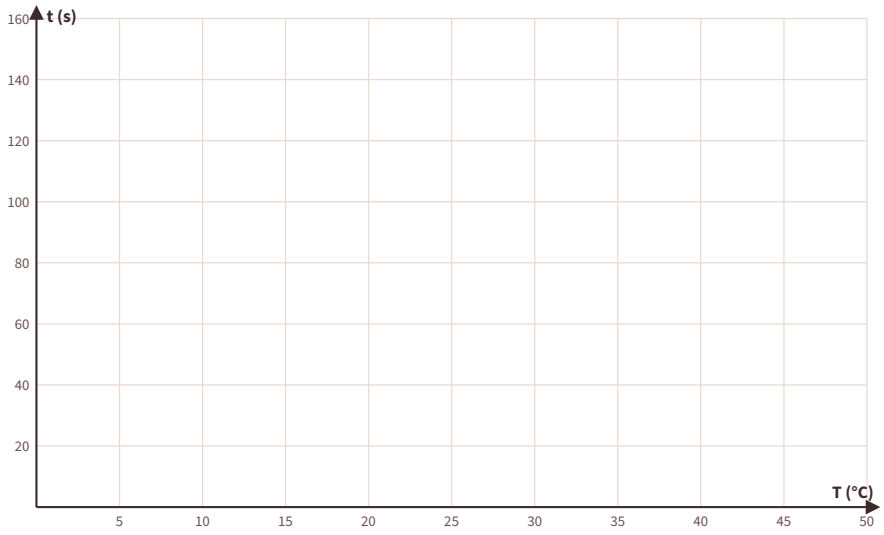
Sesión 5

Trabaja con los datos de tu estación y con los de F10. Contrasta cada hipótesis de la ficha 1.

1 **Neutralización: calcula la media de los tres volúmenes de F10, la desviación respecto al valor teórico de 8,75 mL y propón dos causas de la diferencia.**

2 **Pila de limón: calcula el voltaje medio del par Zn–Cu y explica con F6 por qué Zn–Cu da más voltaje que Fe–Cu y Cu–Cu casi cero.**

3 **Velocidad: representa el tiempo frente a la temperatura de las tres pruebas con pastilla entera y explica con la teoría de colisiones por qué el tiempo disminuye al aumentar la temperatura.**



4 **Contrasta tus hipótesis de la ficha 1: ¿cuáles se confirman y cuáles hay que corregir?**

Estación	Hipótesis	Dato que la apoya o refuta	¿Confirmada?
A			
B			
C			

FICHA 6 Informe comparativo y propuesta al consejo

Sesión 6

Redactad el borrador en la plantilla del Anexo 4. Después, intercambiadlo con otro equipo.

1 **Tabla comparativa de las tres reacciones con datos de F2, F3, F5 y F10 (cita la fuente de cada dato).**

	Combustión	Neutralización	Pila
Ecuación ajustada			
Energía o dato clave			
Velocidad y factores			
Riesgos y precauciones			
Impacto ambiental o social			
Fuente de los datos			

2 **Propuesta para el consejo de sostenibilidad. Para cada problema, da una recomendación con datos y una precaución.**

Problema	Recomendación con datos	Precaución o límite
A. Caldera		
B. Huerto		
C. Sensor		

3 **Revisión cruzada. Comprobad el borrador del otro equipo y marcad lo que cumple.**

- ☐ Las ecuaciones están ajustadas y con nombres
- ☐ Los datos llevan unidad y fuente
- ☐ La tabla compara las tres reacciones con los mismos criterios
- ☐ La gráfica de la velocidad tiene ejes rotulados
- ☐ Se explica la velocidad con colisiones
- ☐ La propuesta es concreta y atiende a la seguridad y al medio ambiente
- ☐ Se podría presentar al consejo sin hacer preguntas

FICHA 7 Evidencia individual: el huerto de otro colegio

Sesión 7

Trabajo individual. Otro colegio tiene un huerto con suelo ácido (pH 4,5), una estufa de butano y relojes con pila de botón.

1 **Clasifica cada proceso (combustión, neutralización o electroquímico) y escribe, si procede, la ecuación ajustada: a) quemar butano en la estufa; b) añadir cal apagada, $\mathrm{Ca(OH)_2}$, al suelo ácido con HCl (representa el ácido); c) una pila cinc-cobre.**

2 **Para neutralizar 2,00 mol de iones $\mathrm{H^+}$ con cal apagada ($\mathrm{2\,H^+ + Ca(OH)_2 \rightarrow Ca^{2+} + 2\,H_2O}$), calcula los moles y los gramos de $\mathrm{Ca(OH)_2}$ (M = 74,1 g/mol).**

3 **Un reloj de pulsera con pila se retrasa en una excursión a la nieve y vuelve a funcionar con normalidad al volver a la clase. Explica con la teoría de colisiones por qué. Redacta además una recomendación de dos líneas para que ese colegio use la estufa de forma segura.**

ANEXO 4

Plantilla del producto final

SdA 6 · Química en acción

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Informe comparativo de reacciones de interés para el consejo de sostenibilidad. Con ecuaciones ajustadas y datos con unidad y fuente.

Problemas y reacciones elegidas

Caldera, huerto y sensor; tipo de reacción en cada caso.

Ecuaciones ajustadas

Combustión, neutralización y semirreacciones.

Tabla comparativa

Energía, velocidad, riesgos e impacto de las tres reacciones.

Datos de nuestra estación

Hipótesis, tabla de medidas con unidades y desviación.

Gráfica

Con ejes rotulados y tendencia o línea teórica.

Velocidad y colisiones

Factores que la modifican y explicación con partículas.

Seguridad y residuos

Precauciones de las estaciones y de la combustión.

Propuesta al consejo

Recomendación razonada con datos para los tres problemas.

Fuentes, límites y mejoras

Fuentes del dossier utilizadas, errores y mejoras.

ANEXO 5

Lista de cotejo para el proceso y la entrega

SdA 6 · Química en acción

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Antes de entregar **Informe comparativo de reacciones de interés**, comprueba cada punto y marca la casilla. Si alguno falla, todavía estás a tiempo de mejorarlo.

Contenido del producto

- [ ] Cada reacción del informe tiene su ecuación ajustada y su tipo (combustión, neutralización o redox).
- [ ] La tabla comparativa usa los mismos criterios para las tres reacciones y cita la fuente de cada dato.
- [ ] Los datos de la estación propia llevan unidades, repeticiones, media y desviación respecto al valor esperado.
- [ ] La gráfica tiene los ejes rotulados, escala adecuada y tendencia.
- [ ] La velocidad se explica con la teoría de colisiones y se citan los factores (temperatura, superficie, concentración, catalizador).
- [ ] Se explica el sentido de los electrones y de la corriente convencional en la pila.
- [ ] Se calcula el CO_2 por energía de un combustible y se compara con otro.
- [ ] La propuesta para el consejo es concreta, usa datos y atiende a la seguridad, los residuos y el medio ambiente.
- [ ] No se usó llama, se respetó el límite de 40 °C y los residuos se gestionaron según el protocolo.
- [ ] El informe es claro y se podría entregar al consejo sin explicaciones adicionales.

Calidad y rigor

- [ ] He usado el vocabulario científico y los símbolos correctos (magnitudes, unidades del SI, fórmulas).
- [ ] He apoyado mis conclusiones con datos, medidas, cálculos o modelos, y he indicado sus límites.
- [ ] He escrito cada resultado con su unidad y he comprobado si su orden de magnitud es razonable.
- [ ] He citado o identificado todas las fuentes de datos utilizadas.
- [ ] He revisado la ortografía, la presentación y el orden del producto, e incorporado las mejoras de la coevaluación.

Lo que más me ha costado

Firma del equipo / fecha de entrega

ANEXO 6

Rúbrica imprimible

SdA 6 · Química en acción

ALUMNADO · DOCENTE

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Rúbrica para valorar **Informe comparativo de reacciones de interés**. Marca el nivel alcanzado en cada indicador.

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial	Nivel
Comprensión científica	Explica con ecuaciones, modelos y teoría de colisiones los tres tipos de reacción y la influencia de temperatura, superficie y catalizador, y señala los límites de cada modelo.	Explica correctamente los tipos de reacción y la velocidad con alguna imprecisión (por ejemplo, en el sentido de la corriente o en el papel de la energía de activación).	Describe las reacciones sin justificar con el modelo de partículas.	Confunde tipos de reacción o atribuye la velocidad a «la fuerza» de la reacción.	
Datos y resolución	Ajusta las ecuaciones, calcula el volumen teórico de neutralizante y el CO_2 por MJ con unidades, calcula la desviación y representa la gráfica con la tendencia.	Cálculos correctos con fallos aislados de unidades o redondeo; gráfica con pequeños fallos.	Cálculos incompletos o gráfica sin tendencia ni unidades.	No hay estrategia válida o falta el ajuste.	
Investigación	Hipótesis razonadas antes de medir, control claro de variables en la estación, contraste con la teoría y los datos de otros equipos, y conclusión proporcionada con límites.	Controla la mayoría de variables y contrasta con algún dato externo.	Anota datos sin contrastar con la hipótesis ni controlar variables.	No distingue dato, hipótesis y conclusión.	
Seguridad y lenguaje	Cumple con autonomía las normas de la estación y razona las precauciones de la combustión; usa fórmulas, nombres y unidades con rigor y cita las fuentes.	Cumple las normas con algún recordatorio; lenguaje correcto con fallos menores.	Necesita avisos frecuentes; mezcla fórmulas, nombres o unidades.	Incumple normas o comunica sin sentido químico.	
Revisión y cooperación	Cumple su rol en la estación, comparte los datos con rigor, revisa el informe de otro equipo con propuestas concretas e incorpora las mejoras recibidas.	Cumple su rol y su revisión incluye alguna propuesta útil.	Participa de forma irregular; revisión superficial.	No asume su rol ni revisa.	

Observaciones del docente

Valoración global

ANEXO 7

Autoevaluación y coevaluación

SdA 6 · Química en acción

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Parte 1 · Autoevaluación

Afirmación	Aún no	Con ayuda	Bien	Muy bien
Sé ajustar una combustión y una neutralización y explicar qué se oxida y qué se reduce en una pila.	○	○	○	○
Sé explicar con colisiones por qué una reacción va más deprisa al calentar o triturar, y razonar una propuesta 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 fuentes y evidencias para justificar mis ideas.	○	○	○	○
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

Material de apoyo y refuerzo

SdA 6 · Química en acción

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Material de apoyo: ecuaciones con parte de los coeficientes ya escritos y un resumen de los factores de velocidad.

Cómo ajustar una combustión

1. Ajusta primero el **C** (un CO_2 por cada C) y después el **H** (un H_2O por cada 2 H).
2. Cuenta los **O** del lado derecho y pon el coeficiente del O_2 (si es fraccionario, multiplica todo por 2).
3. Comprueba el recuento de cada elemento.

Ejemplo: $C_3H_8 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O \rightarrow 3\ CO_2$ y $4\ H_2O$; O del lado derecho: 6 + 4 = 10, luego 5 O_2: $C_3H_8 + 5\,O_2 \rightarrow 3\,CO_2 + 4\,H_2O$.

Factores que aumentan la velocidad

- **Más temperatura:** las partículas se mueven más deprisa y más choques superan la energía de activación.
- **Más superficie de contacto** (triturar): más partículas en contacto, más choques por segundo.
- **Más concentración:** más partículas por volumen, más choques por segundo.
- **Catalizador:** menor energía de activación; no se consume.

1 **Completa los coeficientes: ___ CH_4 + ___ O_2 → ___ CO_2 + ___ H_2O y ___ HCl + ___ NaOH → ___ NaCl + ___ H_2O.**

2 **Clasifica cada proceso como combustión, neutralización o electroquímico: la pastilla antiácido en el estómago, la pila de limón y el gas de la cocina ardiendo.**

Proceso	Tipo de reacción
Pastilla antiácido en el estómago	
Pila de limón	
Gas de la cocina ardiendo	

3 **Elige el efecto: si caliento el agua, la pastilla efervescente tarda (más / menos) porque hay (más / menos) choques con energía suficiente.**

4 **Calcula la energía de 2,0 kg de metano con 50,0 MJ/kg y el CO_2 emitido con 2,75 kg de CO_2 por kg de metano.**

ANEXO 9

Actividad de ampliación

SdA 6 · Química en acción

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

¿Qué combustible conviene más? Etanol, hidrógeno y limones

El consejo quiere comparar combustibles más allá de los fósiles. Con la estequiometría y los datos de F3 vais a evaluar el etanol (bioetanol) y el hidrógeno, y a decidir cuántos limones hacen falta para un LED.

Pasos

1. El etanol, C_2H_5OH (M = 46,0 g/mol, poder calorífico 26,8 MJ/kg), arde según $C_2H_5OH + 3\,O_2 \rightarrow 2\,CO_2 + 3\,H_2O$. Calcula el CO_2 por kg y por MJ.
2. Compáralo con el metano y la gasolina de F3. ¿Es menos contaminante por MJ? Explica por qué el CO_2 del etanol procedente de plantas no suma igual al ciclo del carbono que el de un combustible fósil.
3. El hidrógeno no emite CO_2 al arder, pero hay que producirlo. Calcula cuántos kg de agua se forman al quemar 1,0 kg de H_2 ($2\,H_2 + O_2 \rightarrow 2\,H_2O$) y cuánto O_2 se consume.
4. Un LED rojo necesita unos 2,0 V para empezar a lucir. Con pilas de limón de 0,9 V, ¿cuántas en serie hacen falta como mínimo? ¿Por qué aun así luce poco?

Entrega

Una página con los cálculos, una tabla comparativa de CO_2 por MJ de cuatro combustibles, una valoración razonada y la respuesta sobre los limones.

ANEXO 10

Guía docente de respuestas y orientaciones

SdA 6 · Química en acción

DOCENTE

Ficha 1

1. Diagnóstico: CO_2 y H_2O; una sal y agua; del polo negativo al positivo; aumenta la temperatura.
2. Clasificación: caldera → C; cal en el suelo → N; pila del sensor → E; oxidación del hierro → E (proceso redox lento, a veces se considera una oxidación); antiácido → N.
3. Hipótesis: respuesta abierta; esperable: A, unos 9 mL; B, Zn–Cu da más voltaje que Cu–Cu; C, el calor y la trituración acortan el tiempo. Se valora el razonamiento (colisiones, reactividad) más que el acierto.

Ficha 2

1. $C_3H_8 + 5\ O_2 \rightarrow 3\ CO_2 + 4\ H_2O$ (completa); $2\ C_8H_{18} + 25\ O_2 \rightarrow 16\ CO_2 + 18\ H_2O$ (completa); $2\ CH_4 + 3\ O_2 \rightarrow 2\ CO + 4\ H_2O$ (incompleta).
2. $HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$ (cloruro de sodio); $H_2SO_4 + 2\ NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + 2\ H_2O$ (sulfato de sodio); $2\ HCl + Mg(OH)_2 \rightarrow MgCl_2 + 2\ H_2O$ (cloruro de magnesio); $H_2SO_4 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaSO_4 + 2\ H_2O$ (sulfato de calcio).
3. Se oxida el cinc (pierde electrones): $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2\ e^-$; es el polo negativo; los electrones van por el cable del cinc al cobre, donde los iones H^+ del limón se reducen ($2\ H^+ + 2\ e^- \rightarrow H_2$); el cobre es el polo positivo.

Ficha 3

1. Pan desmenuzado → mayor superficie de contacto; nevera → menos choques con energía suficiente (temperatura baja); catalizador → menor energía de activación; ácido más concentrado → más partículas por volumen, más choques por segundo.
2. Perfil: nivel de reactivos por encima de los productos (exotérmica), curva con máximo; con catalizador, curva más baja con Ea menor. Aceptar cualquier esquema que cumpla estas condiciones.
3. Metano: 1,0 kg · 50,0 = 50,0 MJ; CO_2 = 2,75 kg; 2,75 kg/50,0 MJ = 55 g/MJ. Octano: 44,4 MJ; CO_2 = 3,09 kg; 69,5 g/MJ. La gasolina emite un 26 % más por MJ.
4. $2\ CH_4 + 3\ O_2 \rightarrow 2\ CO + 4\ H_2O$. El CO es tóxico, incoloro e inodoro: se une a la hemoglobina e impide transportar oxígeno.

Ficha 4

1. Lista de seguridad: todas las casillas marcadas antes de empezar.
2. Estación A: teórico: $n(CH_3COOH) = 0{,}25\ g : 60{,}0\ g/mol = 4{,}17 \cdot 10^{-3}\ mol$; $V = 4{,}17 \cdot 10^{-3}\ mol : 0{,}476\ mol/L = 8{,}75 \cdot 10^{-3}\ L = 8{,}75\ mL$. Rango de medida 8-11 mL.
3. Estación B: Zn–Cu 0,8-1,0 V; Fe–Cu 0,3-0,7 V; Cu–Cu < 0,1 V; 3 limones en serie 2,4-2,9 V; polo negativo: el cinc.
4. Estación C: tiempos a 20 °C entre 60 y 120 s; 10 °C: 1,5-2 veces más; 40 °C: 0,3-0,5 veces; triturada: 0,2-0,4 veces. Con F10: v = 0,0071; 0,0118; 0,031 y 0,040 s^{-1}.

Ficha 5

1. Neutralización: media = (9,0 + 8,5 + 10,0) : 3 = 9,2 mL; desviación = (9,2 − 8,75)/8,75 · 100 = +5 %. Causas: se para en el primer color violeta estable (algo después del punto de equivalencia), el CO_2 disuelto altera algo el pH, la jeringa mide ±0,5 mL y el vinagre puede no ser exactamente de 5°.
2. Pila: media Zn–Cu = (0,92 + 0,88 + 0,95) : 3 = 0,92 V. El cinc se oxida mucho más fácilmente que el hierro y que el cobre, así que la diferencia de reactividad (y el voltaje) con el cobre es mayor; con Cu–Cu no hay diferencia de reactividad, luego casi no hay voltaje.
3. Velocidad: puntos (10; 140), (20; 85), (40; 32): curva decreciente. A mayor temperatura, más partículas con energía mayor que Ea, más choques eficaces por segundo y menos tiempo. De 20 a 40 °C el tiempo se divide por 2,7.
4. Contraste: respuesta abierta; esperable A (confirmada, ≈ 5 % de desviación), B (Zn–Cu > Fe–Cu > Cu–Cu), C (confirmada: calor y trituración aceleran).

Ficha 6

1. Tabla: combustión (ecuación del metano, 50,0 MJ/kg, 55 g CO_2/MJ, riesgos de CO); neutralización ($NaHCO_3 + CH_3COOH \rightarrow$ ..., 8,75 mL teórico, riesgos de ácidos, residuos al desagüe); pila ($Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2\ e^-$, 0,92 V, residuos de pilas).
2. Propuesta orientativa: A, mantener o pasar a gas natural (55 g CO_2/MJ frente a 66 del butano y 69 de la gasolina), con revisión anual y ventilación por el riesgo de CO; B, encalar con cal o carbonato de calcio por la cantidad calculada, mezclado con la tierra, con guantes y gafas, y medir el pH con lombarda; C, la pila de limón solo es una demostración (0,9 V, corriente muy pequeña); usar pilas recargables y reciclarlas.
3. Revisión cruzada: respuesta abierta; se valora la concreción de las propuestas.

Ficha 7

1. a) Combustión: $2\ C_4H_{10} + 13\ O_2 \rightarrow 8\ CO_2 + 10\ H_2O$. b) Neutralización: $Ca(OH)_2 + 2\ HCl \rightarrow CaCl_2 + 2\ H_2O$. c) Electroquímico: $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2\ e^-$ en el polo negativo.
2. $n(Ca(OH)_2) = 2{,}00\ mol\ H^+ : 2 = 1{,}00\ mol$; $m = 1{,}00\ mol \cdot 74{,}1\ g/mol = 74{,}1\ g$.
3. A baja temperatura las partículas se mueven más despacio y menos choques superan la energía de activación, de modo que la reacción de la pila va más lenta y da menos corriente; al calentarse, recupera la velocidad. Recomendación: revisar la estufa, ventilar la sala por el CO y no usarla con poco aire.

Refuerzo (Anexo 8)

1. $CH_4 + 2\ O_2 \rightarrow CO_2 + 2\ H_2O$; $1\ HCl + 1\ NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$ (coeficientes 1, 2, 1, 2 y 1, 1, 1, 1).
2. Antiácido: neutralización; pila de limón: electroquímico (redox); gas de la cocina: combustión.
3. Si caliento el agua, la pastilla tarda menos porque hay más choques con energía suficiente.
4. Energía = 2,0 kg · 50,0 MJ/kg = 100 MJ; $CO_2 = 2{,}0 \cdot 2{,}75 = 5{,}5$ kg.

Ampliación (Anexo 9)

1. Etanol: CO_2 por kg = 2 · 44,0 / 46,0 = 1,91 kg; por MJ = 1,91/26,8 = 71,4 g/MJ.
2. Por MJ emite más que el metano (55) y que la gasolina (69,5). Pero el CO_2 del bioetanol procede del que las plantas absorbieron al crecer (ciclo corto del carbono), mientras que el fósil devuelve a la atmósfera carbono que llevaba millones de años almacenado.
3. H_2: 2 mol de H_2 (4,0 g) → 2 mol de H_2O (36,0 g) y 1 mol de O_2 (32,0 g); para 1,0 kg: 9,0 kg de agua y 8,0 kg de O_2. La producción del H_2 puede emitir CO_2 (según el método).
4. Para 2,0 V hacen falta al menos 3 limones (2,7 V con 0,9 V cada uno); la corriente es muy pequeña porque la resistencia interna del limón es muy grande.

Errores frecuentes

- Confundir combustión incompleta con completa, o escribir CO_2 como producto en una combustión con poco aire.
- Ajustar cambiando subíndices en lugar de coeficientes, o dejar la neutralización sin ajustar (H_2SO_4 con NaOH necesita 2 NaOH).
- Decir que en una pila circulan «cargas positivas» por el cable o confundir electrones con corriente convencional.
- Pensar que un catalizador se consume o que calentar «da más energía a la reacción» sin hablar de choques.
- Dar el volumen de neutralizante sin comparar con el valor teórico, o tomar la desviación del 5 % como un fallo grave.
- Atribuir el voltaje de la pila a los limones y no a la diferencia entre los dos metales.

Criterios para valorar respuestas abiertas

- En las hipótesis se valora el razonamiento (colisiones, reactividad, estequiometría) más que el acierto.
- En las estaciones, rangos aceptables: neutralización 8-11 mL; Zn–Cu 0,8-1,0 V; tiempos relativos como se indica en F9.
- Seguridad: sin llama; agua máxima de 40 °C para el alumnado; vigilar gafas, residuos y que no se prueben las muestras.
- Verificad con vuestro vinagre, vuestros limones y vuestra marca de pastillas antes de la sesión: los valores varían.

07

SITUACIÓN DE APRENDIZAJE

Carbono: millones de compuestos

PREGUNTA GUÍA

¿Cómo permite el carbono construir tantas sustancias distintas y cómo las nombramos?

CURSO 4.º ESO	SESIONES 7 sesiones	BLOQUES DE SABERES A · B
COMPETENCIAS ESPECÍFICAS CE1, CE3, CE4	PRODUCTO FINAL Catálogo de compuestos orgánicos monofuncionales	CRITERIOS DE EVALUACIÓN 1.1, 1.3, 3.1, 3.2, 4.2

Contexto, reto y producto

Nuria ha decidido ordenar el armario del baño y la despensa de casa y se ha dado cuenta de que las etiquetas hablan idiomas distintos: el gel de manos dice «alcohol etílico», el vinagre, «ácido acético», el quitaesmalte, «acetona» y la bombona de la cocina, «butano». Son nombres comunes, cada uno con su historia, y ninguno dice cómo es la molécula. Todas esas sustancias son **compuestos orgánicos**, es decir, compuestos del **carbono**, un elemento que forma la base de la vida y de millones de materiales conocidos: combustibles, plásticos, medicamentos, aromas y fibras textiles.

Esta situación convierte al alumnado en un **equipo de catalogadores químicos**. Comprende por qué el carbono, con sus **cuatro enlaces**, puede formar **cadenas lineales, ramificadas y cíclicas**, enlaces simples, dobles y triples y **grupos funcionales** (–OH, –CHO, –CO–, –COOH, –COO–, $–NH_2$, $–CONH_2$…) que dan a cada familia sus propiedades. Aprende a **nombrar y formular** compuestos monofuncionales con las normas de la **IUPAC**, a distinguir **isómeros** con modelos de plastilina, a interpretar tablas y gráficas de **puntos de ebullición**, a calcular **masas molares** y a valorar con fuentes fiables los usos y la **sostenibilidad** de lo que cataloga.

Reto

Elaborar un catálogo de ocho compuestos orgánicos monofuncionales (al menos un alcano, un alqueno o alquino, un alcohol, un aldehído o cetona, un ácido, un éster y una amina o amida) con nombre IUPAC verificado, fórmulas, masa molar, punto de ebullición con fuente, uso cotidiano, precauciones y una valoración de su sostenibilidad.

Producto final

Catálogo de compuestos orgánicos monofuncionales.

Vinculación curricular

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS MOVILIZADAS

CE1

Comprender y explicar los fenómenos fisicoquímicos del entorno con leyes y teorías, y resolver problemas para mejorar la realidad cercana.

CE3

Manejar con soltura las normas de la física y la química: lenguaje IUPAC, lenguaje matemático, unidades, seguridad en el laboratorio y datos en distintos formatos.

CE4 Utilizar de forma crítica, eficiente y segura plataformas digitales y recursos variados para aprender, crear y comunicar.

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

1.1 Comprender y explicar con rigor los fenómenos fisicoquímicos cotidianos a partir de los principios, teorías y leyes científicas adecuadas, expresándolos de manera argumentada, utilizando diversidad de soportes y medios de comunicación.

1.3 Reconocer y describir situaciones problemáticas reales de índole científica y emprender iniciativas colaborativas en las que la ciencia, y en particular la física y la química, pueden contribuir a su solución, analizando críticamente su impacto en la sociedad y en el medio ambiente.

3.1 Emplear fuentes variadas fiables y seguras para seleccionar, interpretar, organizar y comunicar información relativa a un proceso fisicoquímico concreto, relacionando entre sí lo que cada una de ellas contiene, extrayendo en cada caso lo más relevante para la resolución de un problema y desechando todo lo que sea irrelevante.

3.2 Utilizar adecuadamente las reglas básicas de la física y la química, incluyendo el uso correcto de varios sistemas de unidades, las herramientas matemáticas necesarias y las reglas de nomenclatura avanzadas, consiguiendo una comunicación efectiva con toda la comunidad científica.

4.2 Trabajar de forma versátil con medios variados, tradicionales y digitales, en la consulta de información y la creación de contenidos, seleccionando y empleando con criterio las fuentes y herramientas más fiables, desechando las menos adecuadas y mejorando el aprendizaje propio y colectivo.

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

Código	Saber básico
B7	Introducción a la nomenclatura orgánica: denominación de compuestos orgánicos monofuncionales a partir de las normas de la IUPAC como base para entender la gran variedad de compuestos del entorno basados en el carbono.
B4	Compuestos químicos: su formación, propiedades físicas y químicas y valoración de su utilidad e importancia en otros campos como la ingeniería o el deporte.
A5	Estrategias de interpretación y producción de información científica en diferentes formatos y a partir de diferentes medios: desarrollo del criterio propio basado en lo que el pensamiento científico aporta a la mejora de la sociedad para hacerla más justa, equitativa e igualitaria.

Concreción didáctica en esta situación

- Cadenas carbonadas: tetravalencia del carbono, enlaces simple, doble y triple, cadenas lineales, ramificadas y cíclicas, fórmulas molecular, semidesarrollada y de modelo de bolas y barras.
- Isomería de cadena y de posición y de función, con ejemplos que el alumnado construye (C_4H_{10}, C_5H_{12}, C_3H_8O).
- Grupos funcionales de las familias monofuncionales de 4.º ESO: hidrocarburos (alcanos, alquenos, alquinos), derivados halogenados sencillos, alcoholes, éteres, aldehídos, cetonas, ácidos carboxílicos, ésteres, aminas y amidas.
- Nomenclatura orgánica según la IUPAC (cadena principal, numeración, localizadores delante de la terminación, ramificaciones en orden alfabético) y paso de nombre a fórmula y de fórmula a nombre; nombres comunes solo como equivalencia.
- Propiedades físicas como consecuencia de la estructura: punto de ebullición frente al número de carbonos y al grupo funcional, a igualdad de masa molar.
- Aplicaciones y sostenibilidad: combustibles, disolventes y compuestos orgánicos volátiles, bioetanol, biodiésel, plásticos (poliésteres y poliamidas) y valoración crítica de fuentes.

Objetivos didácticos

- Representar compuestos orgánicos con fórmula molecular, fórmula semidesarrollada y modelos de bolas y barras, justificando que cada átomo de carbono forma cuatro enlaces.
- Distinguir cadenas lineales, ramificadas y cíclicas y construir los isómeros de C_4H_{10}, C_5H_{12} y C_3H_8O.
- Identificar el grupo funcional y la familia (alcano, alqueno, alquino, alcohol, éter, aldehído, cetona, ácido carboxílico, éster, amina, amida) de un compuesto a partir de su fórmula.
- Nombrar y formular compuestos monofuncionales siguiendo las reglas de la IUPAC, y detectar y corregir errores de nomenclatura.
- Relacionar el grupo funcional y la masa molar con el punto de ebullición mediante una tabla y una gráfica, y valorar usos y sostenibilidad con fuentes contrastadas.

Metodología

Indagación

Predicción, contraste y conclusión.

Modelización

Conectar observaciones con modelos, leyes y representaciones.

Resolución de problemas

Planteamiento, unidades, cálculo, comprobación e interpretación.

Trabajo experimental

Variables, datos, seguridad y residuos.

Cooperación

Roles rotatorios y responsabilidad compartida.

Secuencia de sesiones y actividades

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

1

SESIÓN 1

Lanzamiento del reto de Nuria, diagnóstico sobre el carbono y primeras predicciones con las etiquetas de la despensa

Evidencia: Ficha 1: test de diagnóstico, tabla de productos de F1 y predicción de moléculas de C_4H_{10}.

Ficha: Anexo 3 · ficha 1

2

SESIÓN 2

Cadenas carbonadas, enlaces e isomería; alcanos, alquenos y alquinos y reglas de nomenclatura de hidrocarburos

Evidencia: Ficha 2: nombres de hidrocarburos, fórmulas C_nH_{2n+2} e isómeros de C_5H_{12}.

Ficha: Anexo 3 · ficha 2

3

SESIÓN 3

Grupos funcionales y nomenclatura de compuestos oxigenados y nitrogenados: de la fórmula al nombre y del nombre a la fórmula

Evidencia: Ficha 3: relación grupo-familia, nombres IUPAC y fórmulas semidesarrolladas.

Ficha: Anexo 3 · ficha 3

4

SESIÓN 4

Taller de modelos con plastilina y palillos: valencias, isómeros de C_4H_{10}, C_5H_{12} y C_3H_8O y grupo éster

Evidencia: Ficha 4: lista de seguridad, tabla de isómeros construidos y recuento de enlaces.

Ficha: Anexo 3 · ficha 4

5

SESIÓN 5

Análisis de datos de puntos de ebullición: gráfica, comparación a igualdad de masa molar y detección de errores de nomenclatura

Evidencia: Ficha 5: gráfica Teb-nº de C, tabla de compuestos de masa parecida y nombres corregidos.

Ficha: Anexo 3 · ficha 5

6

SESIÓN 6

Borrador del catálogo, valoración de fuentes y de sostenibilidad y revisión entre equipos

Evidencia: Ficha 6: valoración de las fuentes de F10, revisión cruzada de fichas y propuesta de mejora.

Ficha: Anexo 3 · ficha 6

7

SESIÓN 7

Presentación del catálogo y evidencia individual con aromas de ésteres y compuestos nuevos

Evidencia: Catálogo final (Anexo 4) y Ficha 7: nombres, fórmulas, masas molares y puntos de ebullición de compuestos nuevos.

Ficha: Anexo 3 · ficha 7

Evaluación

Se combinan diagnóstico, observación, fichas/cuaderno, producto final, evidencia individual y autoevaluación. El resultado numérico se valora junto con el planteamiento, la unidad, la comprobación y la interpretación.

Criterios, evidencias e instrumentos

Criterio	Evidencia principal	Instrumento
1.1	Explicación de por qué el carbono forma tantos compuestos (cuatro enlaces, cadenas, isomería) y de cómo el grupo funcional y la masa molar influyen en el punto de ebullición con los datos de F6 y F7.	Fichas 2, 4 y 5 y catálogo (Anexo 4) / rúbrica
1.3	Valoración de usos y sostenibilidad de los compuestos (disolventes y COV, bioetanol, biodiésel, plásticos) y propuesta de una acción concreta de mejora para un compuesto del catálogo.	Ficha 6 y catálogo / rúbrica
3.1	Selección e interpretación de los datos de F4 y F6 (familia, masa molar, punto de ebullición) y de la gráfica F7 para completar cada ficha del catálogo y la gráfica propia.	Fichas 5 y 6 / lista de cotejo
3.2	Nombres IUPAC y fórmulas semidesarrolladas correctos (localizadores, ramificaciones, terminaciones), fórmula molecular y masa molar con unidades, y corrección de los errores de nomenclatura de F5.	Fichas 2, 3, 5 y 7 / rúbrica
4.2	Valoración crítica de los tres textos de F10 con criterios explícitos (autoría, finalidad, datos, contraste) y selección de la fuente de cada dato del catálogo.	Ficha 6 y catálogo / lista de cotejo

Rúbrica del producto final

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial
Comprensión científica	Explica con precisión por qué el carbono forma tantos compuestos (cuatro enlaces, cadenas, isomería), identifica el grupo funcional de cada ficha y relaciona grupo funcional y masa molar con el punto de ebullición, señalando los límites de la comparación.	Explica correctamente cadenas, isomería y grupos funcionales y relaciona el punto de ebullición con el grupo funcional, con alguna imprecisión.	Identifica los grupos funcionales con ayuda, pero la relación con las propiedades es solo descriptiva o parcial.	Confunde grupo funcional con cadena, no distingue isómeros o su explicación contradice los datos.
Datos y resolución	Las ocho fichas tienen nombre IUPAC, fórmula semidesarrollada y fórmula molecular coherentes entre sí, masa molar bien calculada con unidades y una gráfica Teb-nº de C con ejes y escala adecuados.	Nombres y fórmulas correctos salvo uno o dos fallos (localizador, ramificación); masas y gráfica correctas con fallos menores de unidades o escala.	Varios nombres no coinciden con la fórmula, faltan masas molares o la gráfica está incompleta.	Nombres y fórmulas incoherentes, sin cálculos ni gráfica.

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial
Investigación	Compara compuestos de masa molar parecida con la tabla y la gráfica, contrasta las fuentes con criterios explícitos y concluye de forma proporcionada a los datos, sin atribuir causas que no se ven en ellos.	Compara compuestos y usa tabla y gráfica con una conclusión razonable; los criterios de fiabilidad son poco explícitos.	Copia los datos sin compararlos o valora las fuentes de forma superficial.	No distingue dato, explicación y opinión.
Seguridad y lenguaje	Usa siempre terminaciones, localizadores y símbolos correctos (propan-2-ol, ácido etanoico), distingue nombre común y sistemático, indica precauciones correctas de cada compuesto y maneja y recoge los modelos con seguridad.	Lenguaje y nomenclatura correctos con fallos menores; respeta la seguridad.	Mezcla nombres comunes y sistemáticos sin distinguirlos o necesita recordatorios de seguridad.	Inventa nombres o incumple las normas de seguridad.
Revisión y cooperación	Cumple su rol, revisa el catálogo de otro equipo comprobando nombre y fórmula ficha a ficha con propuestas concretas e incorpora las mejoras recibidas.	Cumple su rol y revisa con alguna propuesta útil.	Participa de forma irregular; revisión superficial.	No asume su rol ni revisa.

Materiales y seguridad

Materiales y recursos

- Por equipo (3-4 personas): plastilina de 4 colores (unas 12 bolitas de ≈ 1,5 cm para C, 40 de ≈ 1 cm para H, 4 para O y 2 para N), 60 palillos de dientes o trozos de pajita de 3 cm, una bandeja y un móvil o tableta para fotografiar los modelos.
- Tabla periódica con masas atómicas, copias de las tablas del dossier (F3, F4, F6) y regla para trazar la gráfica.
- Opcional: simulación gratuita «Construye una molécula» (PhET) para repasar la tetravalencia del carbono; hoja de cálculo para la gráfica.
- Fichas del Anexo 3 y plantilla del catálogo (Anexo 4).

Seguridad y residuos

Actividad de modelización y de análisis de datos: no se manipulan sustancias químicas. Los productos de F1 solo se citan como ejemplos; no se traen ni se mezclan productos del hogar. Riesgos: pinchazos con los palillos (apuntar siempre hacia la plastilina, nunca hacia las personas) y llevarse plastilina a la boca; lavarse las manos al terminar. Residuos: la plastilina se separa por colores y se reutiliza; los palillos usados van a la papelera de restos.

Atención a la diversidad (DUA), refuerzo y ampliación

Representación

Esquemas, modelos, ejemplos resueltos, tablas, gráficas y glosario de símbolos/unidades.

Acción y expresión

Informe, cálculo comentado, representación, exposición o producto visual manteniendo el criterio científico.

Apoyo

Anexo 8

Tabla de prefijos y grupos (F3, F4) siempre a la vista, ejemplos resueltos paso a paso (F5), fichas de nombre con la cadena ya numerada y modelos de plastilina para cada fórmula antes de nombrarla.

Ampliación

Anexo 9

Aislar los siete isómeros de $C_4H_{10}O$ (alcoholes y éteres), nombrarlos y comparar sus puntos de ebullición; nombrar compuestos con dos grupos funcionales (prioridad de grupos).

ANEXO 1

Ficha de lanzamiento del reto

SdA 7 · Carbono: millones de compuestos

ALUMNADO

Nuria ha ordenado la despensa y el armario del baño y ha descubierto que el gel de manos, el vinagre, el quitaesmalte y la bombona de la cocina esconden el mismo ingrediente de fondo: el carbono. Sin embargo, cada etiqueta usa un nombre distinto —alcohol, acético, acetona, butano— y ninguno explica cómo es la molécula. Vuestro reto es crear un catálogo de compuestos orgánicos con ocho fichas: nombre IUPAC, fórmulas, punto de ebullición, uso y precauciones. Construiréis modelos con plastilina para descubrir cuántos isómeros tiene una misma fórmula, interpretaréis datos y gráficas y contrastaréis qué fuentes son fiables. Al final sabréis leer un nombre y dibujar la molécula, y también al revés.

¿Cómo permite el carbono construir tantas sustancias distintas y cómo las nombramos?

Vuestro reto

Elaborar un catálogo de ocho compuestos orgánicos monofuncionales (al menos un alcano, un alqueno o alquino, un alcohol, un aldehído o cetona, un ácido, un éster y una amina o amida) con nombre IUPAC verificado, fórmulas, masa molar, punto de ebullición con fuente, uso cotidiano, precauciones y una valoración de su sostenibilidad.

Lo que vais a producir

Catálogo de compuestos orgánicos monofuncionales.

Seguridad. Actividad de modelización y de análisis de datos: no se manipulan sustancias químicas.

Hoja de ruta · 7 sesiones

1. Conocemos la despensa de Nuria, hacemos el diagnóstico y predecimos cuántas moléculas distintas hay con C_4H_{10}.
2. Estudiamos las cadenas de carbono, los isómeros y el nombre de los hidrocarburos.
3. Aprendemos los grupos funcionales y nombramos alcoholes, aldehídos, cetonas, ácidos, ésteres, aminas y amidas.
4. Construimos modelos con plastilina y comprobamos los isómeros con seguridad.
5. Analizamos puntos de ebullición, dibujamos la gráfica y corregimos nombres erróneos.
6. Escribimos el borrador del catálogo, valoramos fuentes y sostenibilidad y otro equipo lo revisa.
7. Presentamos el catálogo y resolvemos, cada uno, una prueba con compuestos nuevos.

Al terminar seré capaz de...

- Representar compuestos orgánicos con fórmula molecular, fórmula semidesarrollada y modelos de bolas y barras, justificando que cada átomo de carbono forma cuatro enlaces.
- Distinguir cadenas lineales, ramificadas y cíclicas y construir los isómeros de C_4H_{10}, C_5H_{12} y C_3H_8O.
- Identificar el grupo funcional y la familia (alcano, alqueno, alquino, alcohol, éter, aldehído, cetona, ácido carboxílico, éster, amina, amida) de un compuesto a partir de su fórmula.
- Nombrar y formular compuestos monofuncionales siguiendo las reglas de la IUPAC, y detectar y corregir errores de nomenclatura.
- Relacionar el grupo funcional y la masa molar con el punto de ebullición mediante una tabla y una gráfica, y valorar usos y sostenibilidad con fuentes contrastadas.

¿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 de fuentes y materiales base

SdA 7 · Carbono: millones de compuestos

ALUMNADO

Todo lo necesario para catalogar sin búsquedas improvisadas: el caso de la despensa, un esquema del carbono y sus cadenas, la tabla de prefijos, la tabla de grupos funcionales, las reglas de nomenclatura con ejemplos resueltos, datos y gráfica de puntos de ebullición, el protocolo de modelos, una ficha de catálogo modelo y un texto sobre sostenibilidad con tres fuentes por valorar.

F1 La despensa de Nuria: muchos nombres, un mismo elemento

ESTUDIO DE CASO

Nuria ordena el armario del baño y la despensa y copia en una libreta lo que dicen las etiquetas. Cada producto contiene un compuesto orgánico principal que la libreta recoge con su nombre común y con su **nombre sistemático (IUPAC)**:

- **Gel hidroalcohólico:** «alcohol etílico», es decir, **etanol**, CH_3-CH_2-OH. Se usa con una concentración alta de etanol (entre el 60 % y el 80 % en volumen).
- **Vinagre:** «ácido acético», es decir, **ácido etanoico**, CH_3-COOH, en una proporción próxima al 5 % en agua.
- **Quitaesmalte clásico:** «acetona», es decir, **propan-2-ona**, $CH_3-CO-CH_3$.
- **Bombona de la cocina: butano**, $CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$, junto con algo de propano.
- **Caramelo con sabor a plátano:** el aroma es el **etanoato de 3-metilbutilo** (acetato de isoamilo), $CH_3-COO-CH_2-CH_2-CH(CH_3)-CH_3$.
- **Picadura de hormiga:** las hormigas inyectan **ácido metanoico** (ácido fórmico), $H-COOH$.
- **Resaca:** el hígado transforma el etanol en **etanal**, CH_3-CHO, un aldehído tóxico que contribuye al malestar.
- **Pescado en mal estado:** su olor se debe en parte a **aminas** volátiles, como la trimetilamina.

Nuria se pregunta por qué una misma sustancia tiene varios nombres, qué tienen en común todas estas fórmulas y cómo podría ordenar su libreta. Su profesora le propone crear un **catálogo** con una ficha por compuesto, usando solo el nombre sistemático y sus fórmulas.

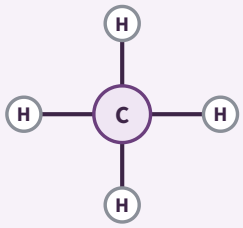
Fuente: Caso ficticio creado para el aula con productos y sustancias reales. Composiciones aproximadas; consulta siempre la etiqueta de cada producto.

En las fórmulas de F1, ¿qué elemento aparece siempre? ¿Qué otros átomos distintos de C y H aparecen en cada una? ¿Por qué conviene un nombre sistemático además del nombre común?

F2 El carbono y sus cadenas

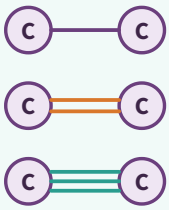
ESQUEMA

Carbono: 4 enlaces



metano, CH_4

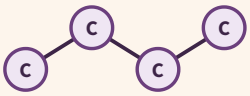
Enlace sencillo, doble y triple entre carbonos



$CH_3–CH_3$	etano	alcano · C–C
$CH_2=CH_2$	eteno	alqueno · C=C
$CH{\equiv}CH$	etino	alquino · C≡C

Las cadenas de carbono pueden ser lineales, ramificadas o cíclicas

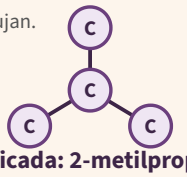
Cada círculo es un átomo de C; los H no se dibujan.



lineal: butano

$CH_3–CH_2–CH_2–CH_3$

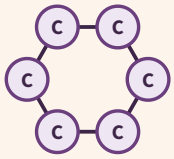
C_4H_{10}



ramificada: 2-metilpropano

$CH_3–CH(CH_3)–CH_3$

C_4H_{10} (isómero del butano)



cíclica: ciclohexano

C_6H_{12}

El carbono forma **cuatro enlaces** (en el metano, cuatro con átomos de H). Entre dos carbonos puede haber enlace **sencillo** (C–C), **doble** (C=C) o **triple** (C≡C). El butano y el 2-metilpropano tienen la misma fórmula molecular, C_4H_{10}, pero distinta estructura: son **isómeros**.

Fuente: Esquema de elaboración propia. Cada círculo es un átomo de carbono; los hidrógenos no se dibujan en las cadenas.

Cuenta los enlaces de cada carbono del esquema. ¿Siempre suman cuatro? (Los H que faltan en las cadenas dibujadas completan los cuatro enlaces.)

F3 Prefijos de cadena y alcanos

DATOS

Nº de C	Prefijo	Alcano	Fórmula molecular	Semidesarrollada	Grupo alquilo (ramificación)
1	met-	metano	CH_4	CH_4	metil
2	et-	etano	C_2H_6	$CH_3–CH_3$	etil
3	prop-	propano	C_3H_8	$CH_3–CH_2–CH_3$	propil
4	but-	butano	C_4H_{10}	$CH_3–CH_2–CH_2–CH_3$	butil
5	pent-	pentano	C_5H_{12}	$CH_3–(CH_2)_3–CH_3$	pentil
6	hex-	hexano	C_6H_{14}	$CH_3–(CH_2)_4–CH_3$	hexil
7	hept-	heptano	C_7H_{16}	$CH_3–(CH_2)_5–CH_3$	heptil
8	oct-	octano	C_8H_{18}	$CH_3–(CH_2)_6–CH_3$	octil
9	non-	nonano	C_9H_{20}	$CH_3–(CH_2)_7–CH_3$	nonil
10	dec-	decano	$C_{10}H_{22}$	$CH_3–(CH_2)_8–CH_3$	decil

Regla de los hidrógenos con n átomos de carbono: alcano (solo enlaces sencillos) C_nH_{2n+2}; alqueno (un doble enlace) C_nH_{2n}; alquino (un triple enlace) C_nH_{2n-2}; cicloalcano C_nH_{2n}. Un **grupo alquilo** es lo que queda al quitar un H al alcano (metano → metil) y se usa como ramificación.

Fuente: Elaboración propia a partir de las Recomendaciones de la IUPAC de 2013 (Nomenclatura de química orgánica, «Libro Azul»).

F4 Grupos funcionales y familias monofuncionales

DATOS

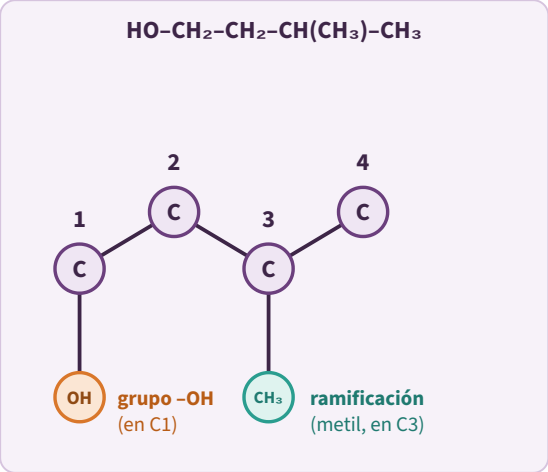
Familia	Grupo funcional	Se nombra con…	Ejemplo (semidesarrollada)	Nombre IUPAC (nombre común)
Alcano	solo enlaces C–C sencillos	terminación -ano	$CH_3-CH_2-CH_3$	propano
Alqueno	$C=C$	terminación -eno	$CH_3-CH=CH-CH_3$	but-2-eno
Alquino	$C\equiv C$	terminación -ino	$CH\equiv C-CH_3$	propino
Derivado halogenado	–X (F, Cl, Br, I)	prefijo cloro-, bromo-…	CH_3-CH_2-Cl	cloroetano
Alcohol	$-OH$ (hidroxilo)	terminación -ol	CH_3-CH_2-OH	etanol (alcohol etílico)
Éter	$-O-$	prefijo alcoxi- + alcano	$CH_3-O-CH_2-CH_3$	metoxietano (etil metil éter)
Aldehído	$-CHO$ (siempre en un extremo)	terminación -al	CH_3-CHO	etanal (acetaldehído)
Cetona	$-CO-$ (nunca en un extremo)	terminación -ona	$CH_3-CO-CH_3$	propan-2-ona (acetona)
Ácido carboxílico	$-COOH$	ácido …-oico	CH_3-COOH	ácido etanoico (ácido acético)
Éster	$-COO-$	…-oato de …-ilo	$CH_3-COO-CH_2-CH_3$	etanoato de etilo (acetato de etilo)
Amina	$-NH_2$	terminación -amina	$CH_3-CH_2-NH_2$	etanamina (etilamina)
Amida	$-CONH_2$	terminación -amida	CH_3-CONH_2	etanamida (acetamida)

El **grupo funcional** es el átomo o grupo de átomos que da a la molécula sus propiedades características; en un compuesto **monofuncional** solo hay uno. El **localizador** (número del carbono) va **delante de la terminación**: propan-2-ol, but-1-eno. En libros más antiguos verás 2-propanol o 1-buteno: es la forma anterior de escribir lo mismo. Se numera la cadena para dar **el número más bajo al grupo funcional** (y, si no hay, al doble o triple enlace; y después a las ramificaciones).

Fuente: Elaboración propia a partir del Libro Azul de la IUPAC (2013). Entre paréntesis, el nombre común, todavía muy usado.

F5 Cómo se nombra un compuesto: reglas y ejemplos resueltos

ESQUEMA



1. **Cadena principal**
   la más larga que contiene el grupo funcional: 4 C → but-
2. **Numerar**
   desde el extremo que da el número más bajo al grupo funcional: OH en C1
3. **Ramificaciones**
   nombre y número de cada una (orden alfabético): metil en C3
4. **Unir**
   ramificaciones + cadena + número del grupo + terminación

3-metilbutan-1-ol

Ejemplo A (de fórmula a nombre): $CH_3-CH_2-CH(CH_3)-CH_2-OH$

1. Grupo funcional: –OH, es un **alcohol** (terminación -ol).
2. Cadena más larga que contiene el carbono del OH: $HO-CH_2-CH(CH_3)-CH_2-CH_3$ → 4 C → **butano**.
3. Numeración desde el extremo del OH: el OH queda en C1 (desde el otro extremo sería C4).
4. Ramificación: un **metil** en C2.
5. Nombre: **2-metilbutan-1-ol**. Fórmula molecular $C_5H_{12}O$.

Ejemplo B (de nombre a fórmula): ácido 3-metilbutanoico.

1. «ácido …-oico»: el grupo $-COOH$ está en el carbono 1. «but-»: cadena de 4 C.
2. Escribe la cadena C1–C4: $HOOC-CH_2-CH-CH_3$, y coloca el metil en C3.
3. Completa con H hasta cuatro enlaces por carbono: $CH_3-CH(CH_3)-CH_2-COOH$. Fórmula molecular $C_5H_{10}O_2$.

Ejemplo C (éster): propanoato de metilo = parte del ácido propanoico (CH_3-CH_2-COO-) + grupo metilo ($-CH_3$): $CH_3-CH_2-COO-CH_3$, $C_4H_8O_2$.

Fuente: Esquema y ejemplos de elaboración propia, según las reglas de la IUPAC (2013).

En el ejemplo A, ¿por qué no se llama «3-metilbutan-4-ol»? ¿Y por qué el nombre no empieza por «pentan-»?

F6 Puntos de ebullición de compuestos orgánicos (a 1 atm)

DATOS

Familia	Compuesto	Semidesarrollada	Nº de C	M (g/mol)	Teb (°C)
Alcano	metano	CH_4	1	16	−162
Alcano	etano	CH_3-CH_3	2	30	−89
Alcano	propano	$CH_3-CH_2-CH_3$	3	44	−42
Alcano	butano	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$	4	58	−1
Alcano	pentano	$CH_3-(CH_2)_3-CH_3$	5	72	36
Alcano	hexano	$CH_3-(CH_2)_4-CH_3$	6	86	69
Alcohol	metanol	CH_3-OH	1	32	65
Alcohol	etanol	CH_3-CH_2-OH	2	46	78
Alcohol	propan-1-ol	$CH_3-CH_2-CH_2-OH$	3	60	97
Alcohol	butan-1-ol	$CH_3-(CH_2)_2-CH_2-OH$	4	74	118
Alcohol	pentan-1-ol	$CH_3-(CH_2)_3-CH_2-OH$	5	88	138
Alcohol	hexan-1-ol	$CH_3-(CH_2)_4-CH_2-OH$	6	102	157
Ácido	ácido metanoico	$H-COOH$	1	46	101
Ácido	ácido etanoico	CH_3-COOH	2	60	118
Ácido	ácido propanoico	CH_3-CH_2-COOH	3	74	141
Ácido	ácido butanoico	$CH_3-CH_2-CH_2-COOH$	4	88	164
Aldehído	propanal	CH_3-CH_2-CHO	3	58	48
Cetona	propan-2-ona	$CH_3-CO-CH_3$	3	58	56
Amina	propan-1-amina	$CH_3-CH_2-CH_2-NH_2$	3	59	48
Amida	etanamida	CH_3-CONH_2	2	59	221
Éter	etoxietano	$CH_3-CH_2-O-CH_2-CH_3$	4	74	35
Éster	etanoato de etilo	$CH_3-COO-CH_2-CH_3$	4	88	77

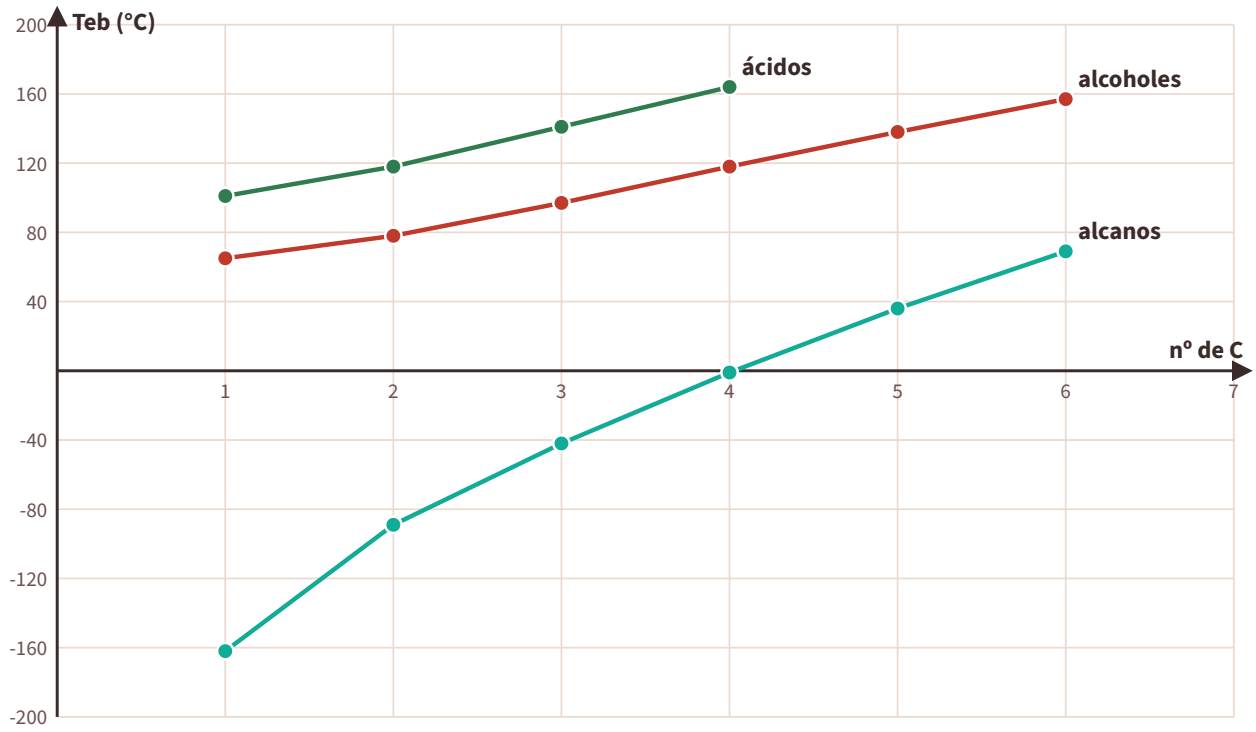
Cómo se calcula la masa molar: suma de las masas atómicas de todos los átomos. Ejemplo, etanol C_2H_6O: $2 \cdot 12 + 6 \cdot 1 + 1 \cdot 16 = 46\ \text{g/mol}$. La **etanamida** es sólida a temperatura ambiente (funde a unos 81 °C): su punto de ebullición es el del líquido a 1 atm.

Fuente: Valores redondeados a 1 °C de tablas de referencia (CRC Handbook of Chemistry and Physics; NIST Chemistry WebBook); pueden variar 1-2 °C según la fuente. Masas molares calculadas con C = 12, H = 1, O = 16, N = 14.

Mira las filas con M entre 58 y 60 g/mol (butano, propanal, propan-2-ona, propan-1-amina, etanamida, propan-1-ol, ácido etanoico). ¿Qué observas en sus puntos de ebullición?

F7 Punto de ebullición frente al número de carbonos (datos de F6)

GRÁFICO



En las tres series el punto de ebullición **aumenta** con el número de carbonos (y con la masa molar). Con el mismo número de carbonos, el orden es **alcano < alcohol < ácido**: el grupo funcional importa tanto como el tamaño de la cadena.

Fuente: Gráfica de elaboración propia con los datos de F6. Cada serie va rotulada: alcanos, alcoholes y ácidos carboxílicos.

¿Cuántos grados separan el metano del metanol? ¿Y el hexano del hexan-1-ol? ¿La diferencia entre alcohol y alcano crece o disminuye con la cadena?

F8 Protocolo: taller de modelos moleculares con plastilina y palillos

PROTOCOLO

Material y cantidades (por equipo de 3-4 personas): plastilina de 4 colores (gris = C: 12 bolitas de unos 1,5 cm; blanco = H: 40 bolitas de unos 1 cm; rojo = O: 4; azul = N: 2); 60 palillos de dientes o trozos de pajita de 3 cm; bandeja; móvil para fotografiar cada modelo.

Equipo de protección y riesgos: no hacen falta gafas ni guantes y no se usa ninguna sustancia química. Riesgos: pinchazos con los palillos y llevarse plastilina a la boca. Precauciones: clavar siempre los palillos hacia la plastilina, nunca hacia otra persona; no comer ni beber durante la práctica; lavarse las manos al terminar.

Roles: constructor, verificador de valencias, secretario (fórmulas y nombres) y portavoz. Rotan en cada molécula.

Reglas de valencia: cada C tiene 4 palillos; cada N, 3; cada O, 2; cada H, 1. Un enlace doble se hace con 2 palillos entre los mismos átomos.

Procedimiento:

1. Practicad con el metano $\mathrm{CH_4}$ y el etano $\mathrm{C_2H_6}$: comprobad que cada C tiene 4 palillos y que cada palillo une dos bolitas.
2. Construid el **butano** $\mathrm{CH_3-CH_2-CH_2-CH_3}$. Contad C, H y palillos y anotadlos en la ficha 4.
3. Sin deshacer el anterior, construid otra molécula con la misma fórmula $\mathrm{C_4H_{10}}$ y distinta estructura (el **2-metilpropano**). Comprobad que no se puede superponer con el butano girándolo.
4. Buscad **todos** los isómeros de $\mathrm{C_5H_{12}}$ (cadena lineal, con un metil y con dos metilos en el mismo carbono). Nombradlos con F3 y F5.
5. Con $\mathrm{C_3H_8O}$ construid todos los isómeros posibles con un O (recordad: el O forma 2 enlaces). Clasificadlos en alcohol o éter.
6. Construid el **ácido etanoico** $\mathrm{CH_3-COOH}$ y el **etanoato de etilo** $\mathrm{CH_3-COO-CH_2-CH_3}$. Señalad el grupo funcional con una etiqueta y comprobad que el C del grupo carbonilo tiene el doble enlace con el O.
7. Fotografiad cada modelo para el catálogo y desmontadlo.

Limpieza y residuos: separad las bolitas por colores y guardadlas en una bolsa para reutilizarlas; los palillos usados van a la papelera de restos; lavaos las manos. No se generan residuos peligrosos.

Resultado esperable: $\mathrm{C_4H_{10}}$ tiene **2** isómeros; $\mathrm{C_5H_{12}}$, **3**; $\mathrm{C_3H_8O}$, **3** (dos alcoholes y un éter). Un alcano de n carbonos necesita $3n + 1$ palillos (butano 13, pentano 16). Si encontráis más isómeros de los esperados, seguramente habéis girado un mismo modelo: comprobad si se pueden superponer.

Fuente: Protocolo de elaboración propia para material escolar de bajo riesgo. Las normas del centro prevalecen sobre este documento.

¿Por qué no es posible construir un carbono con cinco palillos? ¿Qué pasaría con un H con dos?

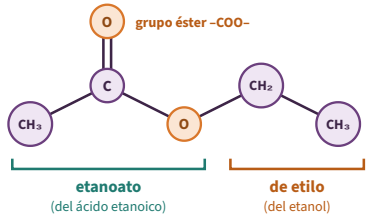
F9 Ficha de catálogo modelo: etanoato de etilo

ESQUEMA

FICHA DE CATÁLOGO · Ejemplo — Familia: éster

Etanoato de etilo

(acetato de etilo, nombre común)



Fórmula molecular	$C_4H_8O_2$
Semidesarrollada	$CH_3–COO–CH_2–CH_3$
Masa molar	88 g/mol
Punto de ebullición	77 °C
Uso cotidiano	disolvente de esmaltes y pegamentos; aroma afrutado
Precaución	inflamable: lejos de llamas; usar ventilado
Fuente de datos	tablas de referencia (CRC); ficha de seguridad

Una ficha completa lleva nombre IUPAC, fórmulas, familia, masa molar, **punto de ebullición** con fuente, uso y precaución. Masa molar: $4 \cdot 12 + 8 \cdot 1 + 2 \cdot 16 = 88\ \mathrm{g/mol}$.

Fuente: Ficha de elaboración propia. Datos: masa molar calculada y punto de ebullición redondeado de tablas de referencia (CRC).

¿Qué parte del nombre indica el ácido de origen y cuál el alcohol? ¿Cuántos C, H y O tiene la molécula?

F10 Química orgánica y sostenibilidad: tres textos para contrastar

TEXTO

Qué sabemos. Los combustibles fósiles (gas natural, butano y propano, gasolina) son mezclas de **hidrocarburos**; al quemarlos se emite CO_2. El **bioetanol** es etanol obtenido por fermentación de azúcares o almidón de cultivos y se mezcla con la gasolina en pequeña proporción; reduce el uso de petróleo, pero compite con el suelo agrícola, de modo que su balance depende de cómo se cultive. El **biodiésel** es una mezcla de **ésteres** obtenida de aceites vegetales o aceites de cocina usados. El **PET** de las botellas es un **poliéster** (muchos grupos éster) y el **nailon**, una **poliamida** (muchos grupos amida): son plásticos que tardan siglos en degradarse si se abandonan, por lo que importa reducirlos, reutilizarlos y reciclarlos. Disolventes como la acetona, el etanol o el etanoato de etilo son **compuestos orgánicos volátiles (COV)**: se evaporan con facilidad, son inflamables y se usan en lugares ventilados; en el exterior, algunos COV contribuyen a formar ozono a ras de suelo.

Un mismo producto, tres textos (vinagre de limpieza, con ácido etanoico):

Texto A (ficha técnica de un fabricante): «Vinagre de limpieza. Contiene un 5 % de ácido etanoico en agua. Sirve para eliminar cal y como desengrasante suave. No mezclar con lejía ni con otros productos de limpieza. Lote 24-317, fecha de caducidad en el envase.»

Texto B (publicación viral de una cuenta de trucos): «¡El vinagre desinfecta TODO y mata el 100 % de virus y bacterias! Tira todos tus productos de limpieza: la química es veneno y el vinagre es natural. ¡Comparte antes de que lo borren!»

Texto C (nota de una oficina municipal de consumo): «El vinagre es útil contra la cal y como desengrasante suave, pero no está autorizado como desinfectante: para desinfectar deben usarse productos registrados como tales. No se debe mezclar con lejía, porque se puede desprender cloro, un gas irritante. Fecha: octubre de 2026.»

Fuente: Texto de elaboración propia a partir de información divulgativa general. Los textos A, B y C son ficticios, redactados para el aula e inspirados en mensajes reales sobre productos de limpieza.

Valora cada texto: ¿quién lo escribe y para qué?, ¿da datos concretos?, ¿se puede comprobar en otra fuente?, ¿exagera? ¿Cuál usarías en tu catálogo?

ANEXO 3

Fichas de actividades del alumnado

SdA 7 · Carbono: millones de compuestos

ALUMNADO

FICHA 1 La despensa de Nuria: ¿qué sabemos del carbono?

Sesión 1

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Lee F1 y mira el esquema F2. Primero responde al diagnóstico de forma individual.

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

Un átomo de carbono forma en sus compuestos…

☐ 2 enlaces ☐ 4 enlaces ☐ 6 enlaces

La fórmula del propano es…

☐ C_3H_6 ☐ C_3H_8 ☐ C_3H_{10}

El grupo –OH caracteriza a…

☐ los alcoholes ☐ los ácidos carboxílicos ☐ las aminas

El prefijo «but-» indica una cadena de…

☐ 2 carbonos ☐ 4 carbonos ☐ 6 carbonos

Dos compuestos con la misma fórmula molecular y distinta estructura se llaman…

☐ isótopos ☐ isómeros ☐ iones

2 **Con F1, completa la tabla para cinco productos de la despensa.**

Producto (F1)	Compuesto principal (nombre IUPAC)	Átomos distintos de C y H en su fórmula
Gel hidroalcohólico		
Vinagre		
Quitaesmalte		
Bombona de la cocina		
Caramelo de plátano		

3 **Predicción. Dibuja o escribe todas las moléculas distintas que se te ocurran con fórmula C_4H_{10} (cada C con 4 enlaces).**

4 **Primera respuesta a la pregunta guía: ¿cómo permite el carbono construir tantas sustancias distintas? Escribe dos ideas.**

FICHA 2 Cadenas, enlaces e isómeros

Sesión 2

Usa las tablas F3 y F4, el esquema F2 y las reglas de F5.

1 **Escribe la fórmula molecular y el nombre IUPAC de cada hidrocarburo.**

Fórmula semidesarrollada	Fórmula molecular	Nombre IUPAC
$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$		
$CH_3-CH(CH_3)-CH_2-CH_3$		
$CH_3-C(CH_3)_2-CH_3$		
$CH_3-CH_2-CH(CH_3)-CH_2-CH_3$		
$CH_2=CH-CH_2-CH_3$		
$CH_3-C\equiv C-CH_3$		

2 **Con la regla de F3, escribe la fórmula molecular de un alcano, un alqueno y un alquino de 7 carbonos.**

3 **Escribe las fórmulas semidesarrolladas y los nombres de los tres isómeros de C_5H_{12}.**

Fórmula semidesarrollada	Nombre IUPAC

4 **Explica con tus palabras tres razones por las que el carbono forma tantos compuestos distintos.**

FICHA 3 Grupos funcionales y nombres

Sesión 3

Trabaja con F4 y los ejemplos resueltos de F5. Escribe siempre el localizador delante de la terminación.

1 Relaciona cada grupo funcional con su familia.

1 $-OH$ ●	● a éster
2 $-CHO$ ●	● b alcohol
3 $-CO-$ entre dos carbonos ●	● c amina
4 $-COOH$ ●	● d ácido carboxílico
5 $-COO-$ ●	● e aldehído
6 $-NH_2$ ●	● f cetona

2 Escribe la familia y el nombre IUPAC de cada compuesto.

Fórmula semidesarrollada	Familia	Nombre IUPAC
$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH$		
$CH_3-CH_2-CH(OH)-CH_3$		
$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CHO$		
$CH_3-CH_2-CO-CH_2-CH_3$		
$CH_3-CH_2-CH_2-COOH$		
$CH_3-CH_2-COO-CH_3$		
$CH_3-CH_2-NH_2$		
$CH_3-CH(CH_3)-COOH$		

3 **Escribe la fórmula semidesarrollada y la fórmula molecular de cada compuesto.**

Nombre IUPAC	Fórmula semidesarrollada	Fórmula molecular
propan-2-ol		
butanal		
pentan-2-ona		
ácido propanoico		
metanoato de metilo		
propan-1-amina		
propanamida		
2-metilpropan-1-ol		

FICHA 4 Taller de modelos: isómeros y enlaces

Sesión 4

Sigue el protocolo F8 paso a paso. Antes de empezar, el verificador de valencias revisa la lista.

1 **Lista de seguridad (marcad antes de construir).**

- ☐ Los palillos se clavan siempre hacia la plastilina, nunca hacia otra persona
- ☐ No hay comida ni bebida sobre la mesa y la plastilina no se lleva a la boca
- ☐ Cada persona conoce su rol y las reglas de valencia
- ☐ Sabemos cómo se recoge el material y dónde se tiran los palillos usados

2 Anota los isómeros que habéis construido, con su fórmula semidesarrollada y su nombre IUPAC.

Fórmula molecular	Fórmula semidesarrollada	Nombre IUPAC	Familia
C_4H_{10}			
C_4H_{10}			
C_5H_{12}			
C_5H_{12}			
C_5H_{12}			
C_3H_8O			
C_3H_8O			
C_3H_8O			

3 Cuenta los átomos y los palillos de cada alcano que construyas y completa la tabla.

Alcano	Nº de C (n)	Nº de H	Nº de palillos
metano	1		
etano	2		
propano	3		
butano	4		
pentano	5		

4 Escribe una expresión para el número de palillos de un alcano de n carbonos y úsala para el heptano (C_7H_{16}).

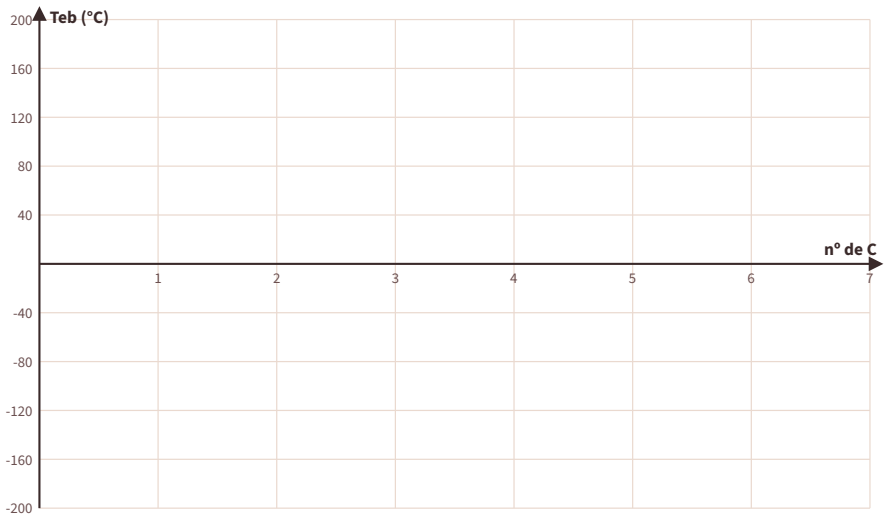
5 Fotografía o dibuja el modelo del etanoato de etilo y rodea el grupo éster.

FICHA 5 Datos, gráficas y errores de nomenclatura

Sesión 5

Trabaja con los datos de F6 y la gráfica F7.

1 **Con F6, representa el punto de ebullición frente al número de carbonos de los alcanos (●) y de los alcoholes (▲). Une los puntos de cada serie.**



2 **Compuestos de masa molar parecida (58-60 g/mol): completa la tabla con F6 y ordénalos de menor a mayor punto de ebullición.**

Compuesto	Familia	Grupo funcional	M (g/mol)	Teb (°C)
butano				
propanal				
propan-2-ona				
propan-1-amina				
propan-1-ol				
ácido etanoico				
etanamida				

3 **Conclusión: a igualdad de masa molar, ¿qué familias tienen los puntos de ebullición más altos? Relaciónalo con los grupos $-\mathrm{OH}$, $-\mathrm{COOH}$ y $-\mathrm{CONH_2}$, que pueden formar enlaces entre moléculas.**

4 **Detecta el error. Cada nombre del catálogo de un compañero está mal escrito: explica el fallo y escribe el nombre correcto.**

Nombre dado	Fórmula	Error	Nombre correcto
«butan-3-ol»	$CH_3-CH_2-CH(OH)-CH_3$		
«3-metilbutano»	$CH_3-CH(CH_3)-CH_2-CH_3$		
«ácido propanal»	CH_3-CH_2-COOH		
«metiletano»	$CH_3-CH_2-CH_3$		
«etanoato de metil»	$CH_3-COO-CH_3$		

FICHA 6 Borrador del catálogo, fuentes y sostenibilidad

Sesión 6

Escribid el borrador en la plantilla del Anexo 4 (ocho fichas como la modelo F9). Después intercambiadlo con otro equipo.

1 **Valora los tres textos de F10 sobre el vinagre de limpieza. Marca cuál usarías en tu catálogo.**

Criterio	Texto A	Texto B	Texto C
¿Quién lo escribe y con qué finalidad?			
¿Da datos concretos y comprobables?			
¿Se puede contrastar con otra fuente?			
¿Exagera o generaliza?			
¿Lo usarías en el catálogo? (sí, no o con reservas)			

2 **Revisión cruzada de las fichas del otro equipo. Marcad lo que cumple.**

- ☐ El nombre IUPAC lleva el localizador delante de la terminación y la numeración da el número más bajo al grupo funcional
- ☐ La fórmula semidesarrollada coincide con el nombre (cadena, ramificaciones y grupo)
- ☐ Cada carbono dibujado tiene cuatro enlaces
- ☐ La fórmula molecular está bien contada y la masa molar bien calculada, con unidad
- ☐ El punto de ebullición lleva unidad (°C) y fuente
- ☐ Hay al menos un alcano, un alqueno o alquino, un alcohol, un aldehído o cetona, un ácido, un éster y una amina o amida
- ☐ El uso y la precaución de cada compuesto son correctos

3 **Escribid dos propuestas de mejora concretas para el catálogo del otro equipo (una de nomenclatura y otra de contenido).**

4 **Sostenibilidad. Elige un compuesto de tu catálogo y propón una acción para reducir su impacto (reducir, sustituir, ventilar, reciclar…). Justifícala con F10.**

FICHA 7 Evidencia individual: aromas de ésteres y compuestos nuevos

Sesión 7

Trabajo individual. Aplica todo lo aprendido a compuestos que no has visto.

1 **Una empresa de golosinas usa ésteres como aromas. Escribe la fórmula semidesarrollada, la fórmula molecular y la masa molar de cada uno (C = 12, H = 1, O = 16).**

Aroma	Nombre IUPAC	Semidesarrollada	Fórmula molecular	M (g/mol)
plátano	etanoato de 3-metilbutilo			
piña	butanoato de etilo			
manzana	butanoato de metilo			

2 **Nombra estos compuestos con el nombre IUPAC y di su familia.**

Fórmula semidesarrollada	Familia	Nombre IUPAC
$CH_3-CH(OH)-CH_2-CH_2-CH_3$		
$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-NH_2$		
$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-COOH$		
$CH_3-CH_2-CH_2-CH=CH_2$		

3 **Sin consultar datos, ordena de menor a mayor punto de ebullición el pentano, el pentan-1-ol y el ácido pentanoico y justifica el orden con lo aprendido en F6 y F7.**

4 **Un blog afirma: «Los aromas artificiales son veneno y los naturales siempre son seguros». Valora la frase con tres argumentos (fórmula, fuente, dosis).**

ANEXO 4

Plantilla del producto final

SdA 7 · Carbono: millones de compuestos

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Catálogo de compuestos orgánicos del equipo. Todas las fórmulas con átomos de C de cuatro enlaces, nombres IUPAC con localizadores y unidades en las medidas.

Equipo y pregunta guía

Nombre del catálogo, roles y respuesta en dos líneas.

Del carbono a las familias

Esquema: cadenas, enlaces y grupos funcionales.

Fichas de catálogo (8 compuestos)

Una fila por compuesto: nombre IUPAC (común) · fórmula molecular · semidesarrollada · familia · M (g/mol) · Teb (°C) y fuente · uso y precaución.

Isómeros destacados

Un ejemplo con fórmulas y nombres.

Grupo funcional y punto de ebullición

Conclusión con datos de F6 y F7.

Usos y sostenibilidad

Una acción de mejora.

Fuentes y su fiabilidad

Fuentes citadas y un criterio.

Conclusión

¿Cómo permite el carbono tantas sustancias y cómo las nombramos?

ANEXO 5

Lista de cotejo para el proceso y la entrega

SdA 7 · Carbono: millones de compuestos

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Antes de entregar **Catálogo de compuestos orgánicos monofuncionales**, comprueba cada punto y marca la casilla. Si alguno falla, todavía estás a tiempo de mejorarlo.

Contenido del producto

- [ ] Cada ficha lleva nombre IUPAC con el localizador delante de la terminación (propan-2-ol, but-1-eno) y el nombre común solo entre paréntesis.
- [ ] La fórmula semidesarrollada coincide con el nombre: cadena principal, numeración y ramificaciones comprobadas; cada carbono tiene cuatro enlaces.
- [ ] La fórmula molecular está bien contada y la masa molar calculada con unidades (g/mol) y con las masas atómicas dadas; cada punto de ebullición lleva unidad (°C) y fuente.
- [ ] El catálogo incluye un alcano, un alqueno o alquino, un alcohol, un aldehído o cetona, un ácido, un éster y una amina o amida.
- [ ] Se explica con la tabla y la gráfica cómo influyen el grupo funcional y la masa molar en el punto de ebullición.
- [ ] Los usos y las precauciones (inflamable, vapores, no mezclar productos) son correctos y no se han manipulado sustancias reales.
- [ ] Se valoran las fuentes con un criterio explícito y se propone una acción de sostenibilidad.
- [ ] Los modelos de plastilina se han recogido y los palillos usados se han tirado a la papelera de restos.

Calidad y rigor

- [ ] He usado el vocabulario científico y los símbolos correctos (magnitudes, unidades del SI, fórmulas).
- [ ] He apoyado mis conclusiones con datos, medidas, cálculos o modelos, y he indicado sus límites.
- [ ] He escrito cada resultado con su unidad y he comprobado si su orden de magnitud es razonable.
- [ ] He citado o identificado todas las fuentes de datos utilizadas.
- [ ] He revisado la ortografía, la presentación y el orden del producto, e incorporado las mejoras de la coevaluación.

Lo que más me ha costado

Firma del equipo / fecha de entrega

ANEXO 6

Rúbrica imprimible

SdA 7 · Carbono: millones de compuestos

ALUMNADO · DOCENTE

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Rúbrica para valorar **Catálogo de compuestos orgánicos monofuncionales**. Marca el nivel alcanzado en cada indicador.

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial	Nivel
Comprensión científica	Explica con precisión por qué el carbono forma tantos compuestos (cuatro enlaces, cadenas, isomería), identifica el grupo funcional de cada ficha y relaciona grupo funcional y masa molar con el punto de ebullición, señalando los límites de la comparación.	Explica correctamente cadenas, isomería y grupos funcionales y relaciona el punto de ebullición con el grupo funcional, con alguna imprecisión.	Identifica los grupos funcionales con ayuda, pero la relación con las propiedades es solo descriptiva o parcial.	Confunde grupo funcional con cadena, no distingue isómeros o su explicación contradice los datos.	
Datos y resolución	Las ocho fichas tienen nombre IUPAC, fórmula semidesarrollada y fórmula molecular coherentes entre sí, masa molar bien calculada con unidades y una gráfica Teb-nº de C con ejes y escala adecuados.	Nombres y fórmulas correctos salvo uno o dos fallos (localizador, ramificación); masas y gráfica correctas con fallos menores de unidades o escala.	Varios nombres no coinciden con la fórmula, faltan masas molares o la gráfica está incompleta.	Nombres y fórmulas incoherentes, sin cálculos ni gráfica.	
Investigación	Compara compuestos de masa molar parecida con la tabla y la gráfica, contrasta las fuentes con criterios explícitos y concluye de forma proporcionada a los datos, sin atribuir causas que no se ven en ellos.	Compara compuestos y usa tabla y gráfica con una conclusión razonable; los criterios de fiabilidad son poco explícitos.	Copia los datos sin compararlos o valora las fuentes de forma superficial.	No distingue dato, explicación y opinión.	
Seguridad y lenguaje	Usa siempre terminaciones, localizadores y símbolos correctos (propan-2-ol, ácido etanoico), distingue nombre común y sistemático, indica precauciones correctas de cada compuesto y maneja y recoge los modelos con seguridad.	Lenguaje y nomenclatura correctos con fallos menores; respeta la seguridad.	Mezcla nombres comunes y sistemáticos sin distinguirlos o necesita recordatorios de seguridad.	Inventa nombres o incumple las normas de seguridad.	
Revisión y cooperación	Cumple su rol, revisa el catálogo de otro equipo comprobando nombre y fórmula ficha a ficha con propuestas concretas e incorpora las mejoras recibidas.	Cumple su rol y revisa con alguna propuesta útil.	Participa de forma irregular; revisión superficial.	No asume su rol ni revisa.	

Observaciones del docente

Valoración global

ANEXO 7

Autoevaluación y coevaluación

SdA 7 · Carbono: millones de compuestos

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Parte 1 · Autoevaluación

Afirmación	Aún no	Con ayuda	Bien	Muy bien
Sé nombrar un compuesto monofuncional a partir de su fórmula semidesarrollada y dibujar la fórmula a partir de su nombre.	○	○	○	○
Sé explicar qué es un isómero y cómo el grupo funcional influye en el punto de ebullición.	○	○	○	○
He cumplido mi rol y mis tareas dentro del equipo.	○	○	○	○
He escuchado y tenido en cuenta las ideas de los demás.	○	○	○	○
He usado fuentes y evidencias para justificar mis ideas.	○	○	○	○
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

Material de apoyo y refuerzo

SdA 7 · Carbono: millones de compuestos

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Material de apoyo para quien necesite más andamiaje: un ejemplo modelado paso a paso, la regla de los prefijos y fórmulas de un solo paso.

Nombrar en cuatro pasos

Compuesto: $CH_3-CH(OH)-CH_2-CH_3$

1. **Grupo funcional:** –OH → alcohol → terminación **-ol**.
2. **Cadena más larga con el C del OH:** 4 C → **butano** → «butanol».
3. **Numerar** para que el OH tenga el número más bajo: desde la izquierda, el OH está en el C2 (desde la derecha estaría en el C3). Localizador **2**.
4. **Nombre: butan-2-ol**.

De nombre a fórmula en tres pasos

Nombre: pentan-2-ona

1. «pent-»: 5 C en cadena: C–C–C–C–C. «-ona»: grupo $C=O$ en el C2.
2. Escribe la cadena: $CH_3-CO-CH_2-CH_2-CH_3$.
3. Comprueba que cada C tiene 4 enlaces. Fórmula molecular: $C_5H_{10}O$.

1 **Completa los prefijos con ayuda de F3.**

1 C = _____ ; 2 C = _____ ; 3 C = _____ ; 4 C = _____ ; 5 C = _____ ; 6 C = _____

2 **Nombra estos compuestos de tres carbonos (usa los cuatro pasos).**

Fórmula semidesarrollada	Familia	Nombre IUPAC
$CH_3-CH_2-CH_2-OH$		
CH_3-CH_2-CHO		
$CH_3-CO-CH_3$		
CH_3-CH_2-COOH		

3 **Escribe la fórmula semidesarrollada de cada compuesto.**

Nombre IUPAC	Fórmula semidesarrollada
etanol	
butano	
ácido metanoico	
etanal	

4 **Usando la regla de F3, escribe la fórmula molecular de un alcano de 4 C y de un alcano de 6 C.**

ANEXO 9

Actividad de ampliación

SdA 7 · Carbono: millones de compuestos

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Los siete isómeros de $C_4H_{10}O$: alcoholes y éteres

Con la misma fórmula molecular, $C_4H_{10}O$, existen **siete** compuestos distintos: cuatro alcoholes y tres éteres. Vas a dibujarlos, nombrarlos y comprobar qué ocurre con su punto de ebullición.

A1 Puntos de ebullición de los isómeros de $C_4H_{10}O$ (M = 74 g/mol)

DATOS

Compuesto	Familia	Teb (°C)
butan-1-ol	alcohol	118
butan-2-ol	alcohol	100
2-metilpropan-1-ol	alcohol	108
2-metilpropan-2-ol	alcohol	82
metoxipropano	éter	39
2-metoxipropano	éter	31
etoxietano	éter	35

Fuente: Valores redondeados de tablas de referencia (CRC Handbook of Chemistry and Physics); pueden variar 1-2 °C según la fuente.

Pasos

1. Dibuja la fórmula semidesarrollada de los cuatro alcoholes de cuatro carbonos (dos con cadena lineal y dos con cadena ramificada) y comprueba sus nombres en A1.
2. Dibuja los tres éteres de A1: el oxígeno entre dos grupos alquilo (por ejemplo, etoxietano).
3. Ordena los siete isómeros de menor a mayor punto de ebullición y compara la media de los alcoholes con la media de los éteres.
4. Explica por qué, con la misma fórmula molecular y la misma masa molar, los alcoholes hierven mucho más que los éteres. ¿Qué cambia entre los alcoholes lineales y los ramificados?

1 **Dibuja y nombra los siete isómeros.**

Isómero (nombre)	Fórmula semidesarrollada
butan-1-ol	
butan-2-ol	
2-metilpropan-1-ol	
2-metilpropan-2-ol	
metoxipropano	
2-metoxipropano	
etoxietano	

Entrega

Una página con los siete isómeros (fórmula y nombre), la media de Teb de cada familia y una explicación de la diferencia entre alcoholes y éteres.

ANEXO 10

Guía docente de respuestas y orientaciones

SdA 7 · Carbono: millones de compuestos

DOCENTE

Ficha 1

1. Diagnóstico: 4 enlaces; C_3H_8; los alcoholes; 4 carbonos; isómeros.
2. Tabla de F1: gel hidroalcohólico → etanol, O; vinagre → ácido etanoico, O (2 átomos); quitaesmalte → propan-2-ona, O; bombona → butano, ninguno (solo C y H); caramelo de plátano → etanoato de 3-metilbutilo, O (2 átomos).
3. Predicción de C_4H_{10}: lo esperable es que escriban una o dos (butano y 2-metilpropano); no hay más. Se acepta cualquier intento si cada C tiene 4 enlaces; el modelo de la sesión 4 lo comprobará.
4. Pregunta guía (respuesta abierta): el carbono forma cuatro enlaces, puede unirse a otros carbonos formando cadenas y a otros átomos (O, N, H…); la misma fórmula puede tener estructuras distintas.

Ficha 2

1. Tabla: pentano, C_5H_{12}; 2-metilbutano, C_5H_{12}; 2,2-dimetilpropano, C_5H_{12}; 3-metilpentano, C_6H_{14}; but-1-eno, C_4H_8; but-2-ino, C_4H_6.
2. Con 7 C: alcano C_7H_{16} ($2 \cdot 7 + 2 = 16$); alqueno C_7H_{14} ($2 \cdot 7 = 14$); alquino C_7H_{12} ($2 \cdot 7 - 2 = 12$).
3. Isómeros de C_5H_{12}: pentano $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$; 2-metilbutano $CH_3-CH(CH_3)-CH_2-CH_3$; 2,2-dimetilpropano $CH_3-C(CH_3)_2-CH_3$.
4. Razones: el carbono forma cuatro enlaces; se une a otros carbonos formando cadenas lineales, ramificadas o cíclicas; admite enlaces simples, dobles y triples; la misma fórmula puede dar isómeros y se une a otros átomos (O, N…) formando grupos funcionales.

Ficha 3

1. Relaciona: 1–b (–OH alcohol); 2–e (–CHO aldehído); 3–f (–CO– cetona); 4–d (–COOH ácido carboxílico); 5–a (–COO– éster); 6–c (–NH_2 amina).
2. Nombres: butan-1-ol (alcohol); butan-2-ol (alcohol); pentanal (aldehído); pentan-3-ona (cetona); ácido butanoico (ácido carboxílico); propanoato de metilo (éster); etanamina (amina); ácido 2-metilpropanoico (ácido carboxílico).
3. Fórmulas: propan-2-ol $CH_3-CH(OH)-CH_3$, C_3H_8O; butanal $CH_3-CH_2-CH_2-CHO$, C_4H_8O; pentan-2-ona $CH_3-CO-CH_2-CH_2-CH_3$, $C_5H_{10}O$; ácido propanoico CH_3-CH_2-COOH, $C_3H_6O_2$; metanoato de metilo $H-COO-CH_3$, $C_2H_4O_2$; propan-1-amina $CH_3-CH_2-CH_2-NH_2$, C_3H_9N; propanamida $CH_3-CH_2-CONH_2$, C_3H_7NO; 2-metilpropan-1-ol $CH_2OH-CH(CH_3)-CH_3$, $C_4H_{10}O$.

Ficha 4

1. Lista de seguridad: deben marcarse todas las casillas antes de empezar; el verificador de valencias puede firmarla.
2. Isómeros: C_4H_{10}: butano $CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$ y 2-metilpropano $CH_3-CH(CH_3)-CH_3$ (alcanos). C_5H_{12}: pentano, 2-metilbutano y 2,2-dimetilpropano (alcanos). C_3H_8O: propan-1-ol $CH_3-CH_2-CH_2-OH$, propan-2-ol $CH_3-CH(OH)-CH_3$ (alcoholes) y metoxietano $CH_3-O-CH_2-CH_3$ (éter).
3. Recuento: metano 4 H, 4 palillos; etano 6 H, 7; propano 8 H, 10; butano 10 H, 13; pentano 12 H, 16. Palillos = (n − 1) enlaces C–C + (2n + 2) enlaces C–H = $3n + 1$; heptano: $3 \cdot 7 + 1 = 22$ palillos (7 C, 16 H).
4. Etanoato de etilo: grupo éster $-COO-$ formado por el C del carbonilo (C=O, dos palillos), el O de enlace y el grupo etilo; 14 palillos en total (4 C, 8 H, 2 O).

Ficha 5

1. Gráfica: dos curvas crecientes. Alcanos: (1; −162), (2; −89), (3; −42), (4; −1), (5; 36), (6; 69). Alcoholes: (1; 65), (2; 78), (3; 97), (4; 118), (5; 138), (6; 157). Los alcoholes quedan por encima de los alcanos en todos los puntos.
2. Tabla de masa parecida, de menor a mayor Teb: butano (alcano, solo C–C y C–H, 58 g/mol, −1 °C); propanal (aldehído, –CHO, 58, 48 °C); propan-1-amina (amina, $–NH_2$, 59, 48 °C); propan-2-ona (cetona, –CO–, 58, 56 °C); propan-1-ol (alcohol, –OH, 60, 97 °C); ácido etanoico (ácido, –COOH, 60, 118 °C); etanamida (amida, $–CONH_2$, 59, 221 °C). Propanal y propan-1-amina empatan (48 °C).
3. Conclusión: a igualdad de masa molar, el punto de ebullición sube con la polaridad del grupo y con la capacidad de formar enlaces (puentes de hidrógeno) entre moléculas: $-\mathrm{OH}$, $-\mathrm{COOH}$ y $-\mathrm{CONH_2}$ elevan mucho el Teb frente al hidrocarburo (butano, −1 °C). La diferencia alcohol − alcano con el mismo número de C baja de 227 °C (1 C) a 88 °C (6 C): cuanto más larga es la cadena, menos pesa el grupo.
4. Errores: butan-3-ol → numeración incorrecta (el OH debe llevar el número más bajo), butan-2-ol; 3-metilbutano → localizador mal elegido (la ramificación debe llevar el menor), 2-metilbutano; ácido propanal → mezcla de «ácido» con la terminación de aldehído, ácido propanoico; metiletano → la cadena más larga tiene 3 C, propano; etanoato de metil → falta la terminación -ilo, etanoato de metilo.

Ficha 6

1. Valoración de F10 (respuesta modelo): A: fabricante, finalidad comercial pero datos concretos (5 %, lote, caducidad) y compatible con C; fiable para la composición. B: cuenta viral anónima, exagera («100 %», «TODO»), apela al miedo y no da datos ni fuente; no usar. C: organismo público de consumo, fecha, matiza límites y avisa del riesgo de mezclar con lejía; la más fiable para usos y precauciones. En el catálogo: A para composición y C para precauciones.
2. Revisión cruzada: respuesta abierta. Las propuestas deben ser concretas («el localizador debe ir delante de -ol», «falta la fuente del Teb de la ficha 5»), no genéricas.
3. Mejoras propias: corregir un localizador, completar la masa molar, citar la fuente del dato.
4. Sostenibilidad (respuesta abierta). Ejemplos: ventilar y tapar los disolventes (COV) y usarlos en la cantidad mínima; sustituir un disolvente por etanol; reciclar las botellas de PET; reutilizar o reciclar aceites usados para biodiésel.

Ficha 7

1. Plátano: etanoato de 3-metilbutilo $\mathrm{CH_3{-}COO{-}CH_2{-}CH_2{-}CH(CH_3){-}CH_3}$, $\mathrm{C_7H_{14}O_2}$, $7 \cdot 12 + 14 \cdot 1 + 2 \cdot 16 = 130\ \mathrm{g/mol}$. Piña: butanoato de etilo $\mathrm{CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}COO{-}CH_2{-}CH_3}$, $\mathrm{C_6H_{12}O_2}$, $6 \cdot 12 + 12 + 32 = 116\ \mathrm{g/mol}$. Manzana: butanoato de metilo $\mathrm{CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}COO{-}CH_3}$, $\mathrm{C_5H_{10}O_2}$, $5 \cdot 12 + 10 + 32 = 102\ \mathrm{g/mol}$.
2. Nombres: pentan-2-ol (alcohol); pentan-1-amina (amina); ácido pentanoico (ácido carboxílico); pent-1-eno (alqueno).
3. Orden: pentano (≈ 36 °C) < pentan-1-ol (138 °C) < ácido pentanoico (≈ 186 °C). Con 5 C el alcano no tiene grupo funcional polar; el –OH eleva mucho el Teb y el –COOH, aún más (ver las series de F7).
4. Valoración de la frase: es falsa por generalizar. Una misma molécula (por ejemplo, el etanoato de 3-metilbutilo) tiene la misma fórmula y las mismas propiedades sea natural o sintética; lo que determina el riesgo es la sustancia, la dosis y la pureza, y no su origen. Hay sustancias naturales muy tóxicas. Se pide una fuente fiable (ficha de seguridad, autoridad sanitaria).

Refuerzo (Anexo 8)

1. Prefijos: met-, et-, prop-, but-, pent-, hex-.
2. propan-1-ol (alcohol); propanal (aldehído); propan-2-ona (cetona); ácido propanoico (ácido carboxílico).
3. Fórmulas: etanol $\mathrm{CH_3{-}CH_2{-}OH}$; butano $\mathrm{CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3}$; ácido metanoico $\mathrm{H{-}COOH}$; etanal $\mathrm{CH_3{-}CHO}$.
4. Alcano de 4 C: $\mathrm{C_4H_{10}}$ $(2 \cdot 4 + 2)$; de 6 C: $\mathrm{C_6H_{14}}$ $(2 \cdot 6 + 2)$.

Ampliación (Anexo 9)

1. Alcoholes: butan-1-ol $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH$; butan-2-ol $CH_3-CH_2-CH(OH)-CH_3$; 2-metilpropan-1-ol $CH_2OH-CH(CH_3)-CH_3$; 2-metilpropan-2-ol $CH_3-C(OH)(CH_3)-CH_3$. Éteres: metoxipropano $CH_3-O-CH_2-CH_2-CH_3$; 2-metoxipropano $CH_3-O-CH(CH_3)-CH_3$; etoxietano $CH_3-CH_2-O-CH_2-CH_3$. Todos $C_4H_{10}O$.
2. Orden de Teb: 2-metoxipropano (31) < etoxietano (35) < metoxipropano (39) < 2-metilpropan-2-ol (82) < butan-2-ol (100) < 2-metilpropan-1-ol (108) < butan-1-ol (118) °C.
3. Media de los alcoholes: $(118 + 100 + 108 + 82) : 4 = 102{,}0$ °C; media de los éteres: $(39 + 31 + 35) : 3 = 35{,}0$ °C. Diferencia: 67 °C con idéntica masa molar (74 g/mol).
4. Explicación: los alcoholes tienen –OH y sus moléculas se atraen con enlaces de hidrógeno; los éteres no tienen H unido a O. Entre los alcoholes, cuanto más ramificada y compacta es la molécula (2-metilpropan-2-ol), menor es el Teb.

Errores frecuentes

- Numerar la cadena desde el extremo equivocado (butan-3-ol en vez de butan-2-ol): el grupo funcional lleva el número más bajo.
- Escoger como cadena principal la que no contiene el grupo funcional o no es la más larga.
- Confundir fórmula molecular y semidesarrollada, o dibujar carbonos con más de cuatro enlaces o con menos.
- Mezclar terminaciones («ácido propanal») o olvidar el «de … -ilo» del éster.
- Contar como isómeros distintos el mismo modelo girado (butano, por ejemplo).
- Atribuir el punto de ebullición solo al tamaño de la molécula y olvidar el grupo funcional, o escribir las temperaturas sin unidad.

Criterios para valorar respuestas abiertas

- En nomenclatura se acepta tanto 2-propanol como propan-2-ol, pero se pide el nombre IUPAC vigente (localizador delante de la terminación) y que sea coherente en todo el catálogo.
- Cuenta la correspondencia entre nombre y fórmula más que la memorización: pedid al alumno que justifique cadena principal y numeración.
- En las respuestas abiertas (predicción, sostenibilidad, fuentes), se valora que usen datos de F6, F7 y F10 y que distingan hecho de opinión.
- Seguridad: la práctica es de modelización; vigilar que los palillos no se dirijan hacia las personas y que no se lleve la plastilina a la boca.

SITUACIÓN DE APRENDIZAJE

08 Describir el movimiento para predecirlo

PREGUNTA GUÍA

¿Qué magnitudes, ecuaciones y gráficas permiten reconstruir un movimiento?

CURSO	SESIONES	BLOQUES DE SABERES
4.º ESO	7 sesiones	A · D

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS	PRODUCTO FINAL	CRITERIOS DE EVALUACIÓN
CE1, CE2, CE3	Informe de cinemática con vídeo-análisis o datos	1.1, 1.2, 2.1, 2.2, 3.1, 3.2

Contexto, reto y producto

En la carretera que pasa junto al instituto acaban de instalar un **radar de tramo**: dos pórticos con cámara separados 2,4 km y un límite de 90 km/h. Un vecino cuenta indignado que recibió una multa aunque en cada pórtico su velocímetro marcaba menos de 90 km/h: «¡Si en ninguno de los dos iba a más de 90!». En el AMPA nadie se pone de acuerdo: unos dicen que el aparato se equivoca y otros que mide «otra cosa». Para decidirlo hay que saber qué es la **velocidad media**, qué es la **velocidad instantánea** y cómo se relacionan con el tiempo y la distancia.

Esta situación convierte al alumnado en un **equipo de ingeniería de tráfico y laboratorio**. Aprende a describir un movimiento con **posición, desplazamiento, velocidad y aceleración**, a manejar las **ecuaciones del movimiento rectilíneo uniforme (MRU) y uniformemente acelerado (MRUA)**, a leer y construir **gráficas x-t y v-t**, y a **predecir y comprobar** con datos reales: con el móvil grabará un carrito de pilas (MRU) y una canica que baja por una rampa (MRUA), analizará el vídeo fotograma a fotograma, calculará la aceleración y comparará con la predicción teórica. Con el mismo modelo estudiará la **distancia de detención** de un vehículo y redactará un **informe de cinemática** con lenguaje científico, unidades correctas y límites del experimento.

Reto

Elaborar un informe de cinemática que reconstruya, con vídeo-análisis o con datos, el movimiento de un carrito (MRU) y de una canica en una rampa (MRUA) mediante tablas, gráficas x-t y v-t y ecuaciones, que use el modelo para predecir (tiempo y velocidad al final de la rampa, distancia de frenada) y que valore la concordancia entre predicción y resultado.

Producto final

Informe de cinemática con vídeo-análisis o datos.

Vinculación curricular

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS MOVILIZADAS

CE1

Comprender y explicar los fenómenos fisicoquímicos del entorno con leyes y teorías, y resolver problemas para mejorar la realidad cercana.

CE2 Formular preguntas e hipótesis y comprobarlas mediante la experimentación, la indagación y la búsqueda de evidencias.

CE3

Manejar con soltura las normas de la física y la química: lenguaje IUPAC, lenguaje matemático, unidades, seguridad en el laboratorio y datos en distintos formatos.

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

1.1 Comprender y explicar con rigor los fenómenos fisicoquímicos cotidianos a partir de los principios, teorías y leyes científicas adecuadas, expresándolos de manera argumentada, utilizando diversidad de soportes y medios de comunicación.

1.2 Resolver los problemas fisicoquímicos planteados mediante las leyes y teorías científicas adecuadas, razonando los procedimientos utilizados para encontrar las soluciones y expresando los resultados con corrección y precisión.

2.1 Emplear las metodologías propias de la ciencia en la identificación y descripción de fenómenos científicos a partir de situaciones tanto observadas en el mundo natural como planteadas a través de enunciados con información textual, gráfica o numérica.

2.2 Predecir, para las cuestiones planteadas, respuestas que se puedan comprobar con las herramientas y conocimientos adquiridos, tanto de forma experimental como deductiva, aplicando el razonamiento lógico-matemático en su proceso de validación.

3.1 Emplear fuentes variadas fiables y seguras para seleccionar, interpretar, organizar y comunicar información relativa a un proceso fisicoquímico concreto, relacionando entre sí lo que cada una de ellas contiene, extrayendo en cada caso lo más relevante para la resolución de un problema y desechando todo lo que sea irrelevante.

3.2 Utilizar adecuadamente las reglas básicas de la física y la química, incluyendo el uso correcto de varios sistemas de unidades, las herramientas matemáticas necesarias y las reglas de nomenclatura avanzadas, consiguiendo una comunicación efectiva con toda la comunidad científica.

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

Código	Saber básico
D1	Predicción y comprobación, utilizando la experimentación y el razonamiento matemático, de las principales magnitudes, ecuaciones y gráficas que describen el movimiento de un cuerpo, relacionándolo con situaciones cotidianas y con la mejora de la calidad de vida.

Código	Saber básico
A1	Trabajo experimental y proyectos de investigación: estrategias en la resolución de problemas y el tratamiento del error mediante la indagación, la deducción, la búsqueda de evidencias y el razonamiento lógico-matemático, haciendo inferencias válidas de las observaciones y obteniendo conclusiones que vayan más allá de las condiciones experimentales para aplicarlas a nuevos escenarios.
A4	El lenguaje científico: manejo adecuado de distintos sistemas de unidades y sus símbolos. Herramientas matemáticas adecuadas en diferentes escenarios científicos y de aprendizaje.

Concreción didáctica en esta situación

- Posición, desplazamiento y trayectoria en un sistema de referencia con sentido positivo; velocidad media e instantánea; aceleración como variación de la velocidad por unidad de tiempo.
- Ecuaciones del MRU y del MRUA, con signos: la aceleración de frenada es negativa si el sentido positivo es el del movimiento; conversión km/h ↔ m/s (factor 3,6).
- Gráficas x-t (recta en el MRU, parábola en el MRUA) y v-t (horizontal en el MRU, recta inclinada en el MRUA); pendiente y área; paso de una gráfica a otra.
- Predicción y comprobación: tiempo y velocidad de la canica al final de la rampa con $a = 5/7 \cdot g \cdot h/L$, comparación con los datos del vídeo-análisis y error relativo.
- Tratamiento del error: resolución de la lectura (1 cm, 1 fotograma = 1/30 s), perspectiva (paralaje), arranque desde el reposo y rozamiento; límites del modelo ideal.
- Aplicación a la seguridad vial: distancia de reacción (MRU) + distancia de frenada (MRUA) = distancia de detención, y su dependencia de la velocidad y del estado del firme.

Objetivos didácticos

- ✓ Describir un movimiento rectilíneo con un sistema de referencia, la posición, el desplazamiento, la velocidad media y la aceleración, y distinguir distancia recorrida de desplazamiento y velocidad media de instantánea.
- ✓ Aplicar las ecuaciones del MRU y del MRUA ($x = x_0 + v \cdot t$; $v = v_0 + a \cdot t$; $x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$; $v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta x$) con unidades del SI y conversiones entre km/h y m/s.
- ✓ Construir e interpretar gráficas x-t y v-t: reconocer el tipo de movimiento, obtener la velocidad como pendiente de x-t, la aceleración como pendiente de v-t y el desplazamiento como área bajo v-t.
- ✓ Planificar y realizar un vídeo-análisis seguro (o analizar datos), registrar medidas con su resolución, calcular la aceleración y comparar el resultado con la predicción teórica estimando el error.
- ✓ Resolver problemas de distancia de detención de un vehículo y comunicar las conclusiones del informe con lenguaje científico y límites del modelo.

Metodología

Indagación
Predicción, contraste y conclusión.

Modelización
Conectar observaciones con modelos, leyes y representaciones.

Resolución de problemas
Planteamiento, unidades, cálculo, comprobación e interpretación.

Trabajo experimental
Variables, datos, seguridad y residuos.

Cooperación
Roles rotatorios y responsabilidad compartida.

Secuencia de sesiones y actividades

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

1

SESIÓN 1

Lanzamiento del caso del radar de tramo, diagnóstico y primeras predicciones sobre las gráficas y la rampa

Evidencia: Ficha 1: test de diagnóstico, estimación del radar y bocetos de gráficas x-t. **Ficha:** Anexo 3 · ficha 1

2

SESIÓN 2

Sistema de referencia, posición, desplazamiento, velocidad y aceleración; ecuaciones del MRU y del MRUA y conversión de unidades

Evidencia: Ficha 2: conversiones, tabla del radar de tramo y relación de ecuaciones. **Ficha:** Anexo 3 · ficha 2

3

SESIÓN 3

Aplicación guiada: gráficas v-t del tranvía, frenadas y representación de un MRU

Evidencia: Ficha 3: aceleraciones y desplazamientos del tranvía, problema de la moto y gráfica x-t.

Ficha: Anexo 3 · ficha 3

4

SESIÓN 4

Vídeo-análisis seguro del carrito y de la canica en la rampa, o análisis de los datos de F6

Evidencia: Ficha 4: lista de seguridad, tablas de posición frente a tiempo y datos de la rampa.

Ficha: Anexo 3 · ficha 4

5

SESIÓN 5

Tratamiento de resultados: gráficas x-t y v-t, velocidad y aceleración como pendientes, comparación con la predicción y error

Evidencia: Ficha 5: gráficas, v media por intervalos, aceleración, tiempo y velocidad finales y error relativo.

Ficha: Anexo 3 · ficha 5

6

SESIÓN 6

Borrador del informe, análisis de las fuentes de error y revisión entre equipos

Evidencia: Ficha 6: tabla de errores, revisión cruzada y propuestas de mejora.

Ficha: Anexo 3 · ficha 6

7

SESIÓN 7

Presentación del informe y evidencia individual: distancia de detención de una furgoneta y análisis de datos nuevos

Evidencia: Informe final (Anexo 4) y Ficha 7: problema de frenada, gráfica v-t y clasificación de dos movimientos.

Ficha: Anexo 3 · ficha 7

Evaluación

Se combinan diagnóstico, observación, fichas/cuaderno, producto final, evidencia individual y autoevaluación. El resultado numérico se valora junto con el planteamiento, la unidad, la comprobación y la interpretación.

Criterios, evidencias e instrumentos

Criterio	Evidencia principal	Instrumento
1.1	Explicación de qué mide un radar de tramo (velocidad media) frente a la velocidad instantánea y del tipo de movimiento a partir de la gráfica del tranvía (F9), con las magnitudes y unidades adecuadas.	Fichas 1 y 3 / lista de cotejo
1.2	Resolución razonada de problemas de MRU y MRUA (radar de tramo, moto y furgoneta frenando, tranvía) con datos, ecuación elegida, cálculo, unidades y comprobación.	Fichas 2, 3 y 7 / rúbrica
2.1	Descripción del movimiento del carrito y de la canica mediante vídeo-análisis: variables, sistema de referencia, resolución de las medidas y tablas de posición y tiempo.	Fichas 4 y 5 e informe (Anexo 4) / rúbrica
2.2	Predicción del tiempo (2,86 s) y de la velocidad (1,40 m/s) de la canica al final de la rampa con la ecuación del MRUA y comprobación con los datos, con cálculo del error relativo.	Ficha 5 e informe / rúbrica
3.1	Selección e interpretación de los datos de F6, F9 y F10 (tablas y gráficas), extrayendo lo relevante y relacionando tablas, gráficas y ecuaciones.	Fichas 3, 5 y 6 / lista de cotejo
3.2	Uso correcto de magnitudes, símbolos y unidades del SI (m, s, m/s, m/s^2), conversiones km/h ↔ m/s y despejes de las ecuaciones del movimiento.	Fichas 2, 3 y 7 / rúbrica

Rúbrica del producto final

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial
Comprensión científica	Describe el movimiento con posición, velocidad y aceleración, distingue velocidad media e instantánea y distancia y desplazamiento, interpreta pendientes y áreas de las gráficas y señala los límites del modelo ideal.	Describe y relaciona correctamente movimiento, ecuación y gráfica, con alguna imprecisión (signos, media frente a instantánea).	Reconoce el tipo de movimiento con ayuda pero confunde pendiente con posición o la aceleración con la velocidad.	Confunde MRU y MRUA o las gráficas, o sus explicaciones contradicen los datos.
Datos y resolución	Tablas completas con unidades, gráficas x-t y v-t con ejes y escala adecuados, aceleración obtenida como pendiente, predicción calculada y error relativo con comprobación de unidades.	Cálculos y gráficas correctos con fallos menores de unidades, escala o redondeo.	Faltan unidades, el despeje es erróneo o las gráficas están incompletas.	Datos desordenados, sin cálculos ni gráficas válidas.
Investigación	Plantea la predicción antes de medir, controla las condiciones (pendiente, salida desde el reposo, cámara fija), compara predicción y resultado y analiza las fuentes de error con propuestas de mejora.	Diseño y comparación adecuados con alguna fuente de error sin analizar.	Compara sin estimar el error o no controla la salida o la cámara.	No distingue predicción, dato y conclusión.
Seguridad y lenguaje	Cumple siempre las normas del montaje (tope, zona despejada, recogida) y usa símbolos, unidades y vocabulario de cinemática con precisión en el informe.	Cumple las normas con fallos menores; lenguaje correcto con alguna imprecisión.	Necesita recordatorios de seguridad; mezcla km/h y m/s sin convertir.	Incumple normas o comunica sin unidades.
Revisión y cooperación	Cumple su rol (lanzador, cámara, lector de datos, secretario), revisa el informe de otro equipo comprobando cálculos y unidades con propuestas concretas e incorpora las mejoras recibidas.	Cumple su rol y revisa con alguna propuesta útil.	Participa de forma irregular; revisión superficial.	No asume su rol ni revisa.

Materiales y seguridad

Materiales y recursos

- Por equipo (3-4 personas): carrito de juguete de pilas que avance en línea recta (0,2-0,4 m/s), cinta métrica de 1,5 m pegada a la mesa, carril liso de 2,00 m (listón, perfil de aluminio en U o dos reglas de 1 m unidas) y libros hasta una altura h = 0,14 m.
- Una canica maciza de unos 16 mm, un tope y una caja de cartón con un trapo al final del carril, cinta adhesiva de papel y regla de 30 cm.
- Un móvil o tableta con cámara (30 fotogramas/s) y un apoyo fijo o trípode; reproductor de vídeo con avance fotograma a fotograma, o los datos de F6 si no hay material.
- Calculadora y, opcionalmente, hoja de cálculo para las gráficas; fichas del Anexo 3 y plantilla del informe (Anexo 4).

Seguridad y residuos

Objetos ligeros, recorridos cortos y zona despejada de al menos 3 m. Riesgos: tropezar con una canica o un carrito caídos, que los libros se desplacen y pillen los dedos y golpes con el carril. Precauciones: tope y caja de recogida al final del carril, recoger enseguida cualquier canica del suelo, no lanzar nada y mantener las mochilas lejos. No se usan personas, bicicletas ni vehículos reales como móviles experimentales, y no se graba a compañeros. Al terminar se desmonta, se recogen canicas y pilas y se guardan los vídeos solo con el permiso del docente; no se generan residuos.

Atención a la diversidad (DUA), refuerzo y ampliación

Representación

Esquemas, modelos, ejemplos resueltos, tablas, gráficas y glosario de símbolos/unidades.

Acción y expresión

Informe, cálculo comentado, representación, exposición o producto visual manteniendo el criterio científico.

Apoyo

Anexo 8

Pasos de resolución y ejemplos resueltos (F8), datos de F6 ya medidos para no depender del vídeo, tablas con los intervalos ya preparados y ecuaciones en una tarjeta de bolsillo.

Ampliación

Anexo 9

Estudiar cómo cambia la aceleración con la pendiente de la rampa ($a \propto h/L$), contrastar la pendiente de la recta a frente a h con el valor teórico $5g/(7L)$ y predecir tiempos para nuevas alturas.

ANEXO 1

Ficha de lanzamiento del reto

SdA 8 · Describir el movimiento para predecirlo

ALUMNADO

En la carretera del instituto han instalado un radar de tramo y un vecino jura que no superó los 90 km/h en ningún pórtico, pero le han multado. ¿Se equivoca la máquina o la velocidad que importa es otra? Vuestro reto es convertiros en un equipo de ingeniería de tráfico y laboratorio: describiréis movimientos con posición, velocidad y aceleración, grabaréis con el móvil un carrito y una canica en una rampa, analizaréis el vídeo fotograma a fotograma, dibujaréis las gráficas x-t y v-t y compararéis lo medido con lo que predicen las ecuaciones. Al final podréis calcular cuánto tarda en pararse un vehículo y por qué no es lo mismo ir a 90 que a 120 km/h.

¿Qué magnitudes, ecuaciones y gráficas permiten reconstruir un movimiento?

Vuestro reto

Elaborar un informe de cinemática que reconstruya, con vídeo-análisis o con datos, el movimiento de un carrito (MRU) y de una canica en una rampa (MRUA) mediante tablas, gráficas x-t y v-t y ecuaciones, que use el modelo para predecir (tiempo y velocidad al final de la rampa, distancia de frenada) y que valore la concordancia entre predicción y resultado.

Lo que vais a producir

Informe de cinemática con vídeo-análisis o datos.

Seguridad. Objetos ligeros, recorridos cortos y zona despejada de al menos 3 m.

Hoja de ruta · 7 sesiones

1. Conocemos el caso del radar de tramo, hacemos el diagnóstico y predecimos cómo serán las gráficas y la bajada de la canica.
2. Definimos sistema de referencia, posición, velocidad y aceleración y practicamos las ecuaciones y las conversiones.
3. Interpretamos gráficas v-t y x-t del tranvía y resolvemos problemas guiados de frenadas.
4. Grabamos el carrito y la canica con seguridad y anotamos posición y tiempo fotograma a fotograma.
5. Dibujamos las gráficas, calculamos velocidad y aceleración y comparamos con la predicción.
6. Escribimos el informe, analizamos las fuentes de error y otro equipo lo revisa.
7. Presentamos el informe y resolvemos, cada uno, un caso nuevo de frenada y de análisis de datos.

Al terminar seré capaz de...

- Describir un movimiento rectilíneo con un sistema de referencia, la posición, el desplazamiento, la velocidad media y la aceleración, y distinguir distancia recorrida de desplazamiento y velocidad media de instantánea.
- Aplicar las ecuaciones del MRU y del MRUA ($x = x_0 + v \cdot t$; $v = v_0 + a \cdot t$; $x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$; $v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta x$) con unidades del SI y conversiones entre km/h y m/s.
- Construir e interpretar gráficas x-t y v-t: reconocer el tipo de movimiento, obtener la velocidad como pendiente de x-t, la aceleración como pendiente de v-t y el desplazamiento como área bajo v-t.
- Planificar y realizar un vídeo-análisis seguro (o analizar datos), registrar medidas con su resolución, calcular la aceleración y comparar el resultado con la predicción teórica estimando el error.
- Resolver problemas de distancia de detención de un vehículo y comunicar las conclusiones del informe con lenguaje científico y límites del modelo.

¿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 de fuentes y materiales base

SdA 8 · Describir el movimiento para predecirlo

ALUMNADO

Todo lo necesario para reconstruir un movimiento sin buscar nada fuera: el caso del radar de tramo, el sistema de referencia, el formulario con unidades y ecuaciones, el esquema y el protocolo del vídeo-análisis, los datos medidos con sus gráficas, ejemplos resueltos paso a paso, el viaje de un tranvía para interpretar gráficas y una tabla de distancias de detención.

F1 El radar de tramo: ¿velocidad media o instantánea?

ESTUDIO DE CASO

Un **radar de tramo** fotografía la matrícula de cada vehículo en dos pórticos y calcula el tiempo que ha tardado en pasar del primero al segundo. Con la distancia entre ambos obtiene la **velocidad media** del tramo. A diferencia de un radar fijo, que mide la **velocidad instantánea** en un punto, el de tramo vigila toda la distancia.

En la carretera del instituto, los pórticos están separados **2,4 km** y el límite es **90 km/h**. Esta mañana han pasado dos coches:

- **Coche A:** pasa por el primer pórtico a las 8:00:00 y por el segundo a las 8:01:20 (**80 s** de tiempo).
- **Coche B:** pasa por el primer pórtico a las 8:05:00 y por el segundo a las 8:06:40 (**100 s** de tiempo).

El conductor del coche A asegura que «en los dos pórticos mi velocímetro marcaba menos de 90 km/h», y no entiende la multa. En el AMPA hay dudas: ¿hizo mal el cálculo la máquina o la velocidad media dice algo que no se ve en los pórticos? Para responder, el equipo de ingeniería del instituto debe aprender a **describir el movimiento** con magnitudes, ecuaciones y gráficas, y a **comprobar sus predicciones** con un experimento de laboratorio.

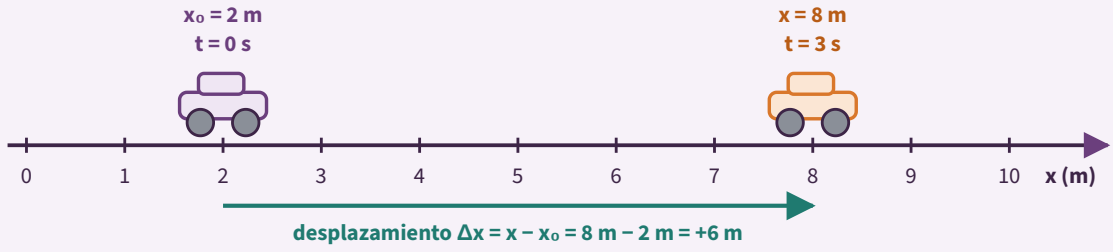
Fuente: Caso ficticio creado para el aula a partir de un sistema real de control de velocidad media; los tiempos de los coches son inventados.

Sin calcular todavía: ¿cuál de los dos coches crees que supera el límite? ¿Qué datos necesitas para saberlo?

F2 Sistema de referencia, desplazamiento, velocidad y aceleración

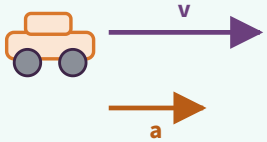
ESQUEMA

Sistema de referencia: origen O, sentido positivo hacia la derecha

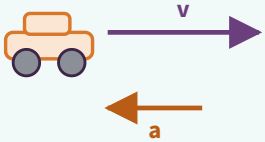


velocidad media: $v = \Delta x / \Delta t = 6\text{ m} / 3\text{ s} = 2\text{ m/s}$ (positiva: va hacia +x)

Velocidad y aceleración son vectores: el signo de a respecto de v decide si la rapidez aumenta o disminuye



a y v con el mismo sentido: la rapidez aumenta (acelera).



a y v con sentidos opuestos: la rapidez disminuye (frena).

Fuente: Esquema de elaboración propia.

Si el coche se moviera de x = 8 m a x = 2 m, ¿qué signo tendría el desplazamiento? ¿Y la velocidad media?

F3 Formulario: magnitudes, unidades y ecuaciones del movimiento

DATOS

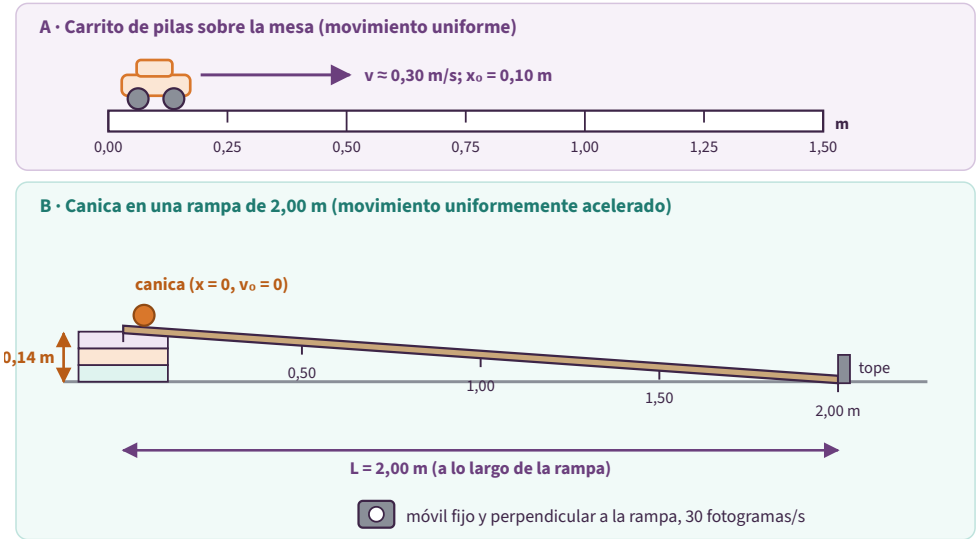
Concepto	Símbolo y unidad (SI)	Ecuación o definición	Cómo se ve en las gráficas
Posición	x (m)	Distancia al origen con signo sobre el eje elegido.	Eje vertical de x-t.
Desplazamiento	Δx (m)	$\Delta x = x - x_0$. Puede ser negativo y no es la distancia recorrida.	Diferencia de alturas en x-t; área bajo v-t.
Velocidad media	v (m/s)	$v = \dfrac{\Delta x}{\Delta t}$	Pendiente de la recta que une dos puntos de x-t.
Aceleración	a (m/s²)	$a = \dfrac{\Delta v}{\Delta t}$ (cuánto cambia la velocidad cada segundo).	Pendiente de v-t.
MRU ($a = 0$)	v constante	$x = x_0 + v \cdot t$	x-t: recta. v-t: recta horizontal.
MRUA (a constante)	$a \neq 0$ constante	$v = v_0 + a \cdot t$; $x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$; $v^2 = v_0^2 + 2a \cdot \Delta x$	x-t: parábola. v-t: recta inclinada.
Cambio de unidades	km/h ↔ m/s	Dividir entre 3,6 (km/h → m/s) o multiplicar por 3,6 (m/s → km/h).	Ejemplo: 90 km/h = 25 m/s.

Signos. Se elige un sentido positivo. Si el móvil va en ese sentido y frena, su aceleración es **negativa**. Una **velocidad media** se calcula con el desplazamiento y el tiempo; la **velocidad instantánea** es la que marca el velocímetro en un instante. Si la velocidad media de un tramo es mayor que el límite, en algún instante del tramo se superó el límite.

Fuente: Elaboración propia. Unidades según el Sistema Internacional (BIPM, 9.ª edición, 2019).

F4 Montaje del vídeo-análisis: carrito sobre la mesa y canica en la rampa

ESQUEMA



Fuente: Esquema de elaboración propia; la proporción h/L = 0,14 m / 2,00 m = 0,07 está dibujada a escala.

¿Por qué el móvil debe estar fijo y perpendicular al carril? ¿Qué se falsea si lo mueves o lo inclinas?

F5 Protocolo: vídeo-análisis del carrito (MRU) y de la canica en la rampa (MRUA) PROTOCOLO

Material y cantidades (por equipo de 3-4 personas): carrito de pilas que avance en línea recta; cinta métrica de 1,5 m pegada a la mesa; carril liso de 2,00 m; libros hasta h = 0,14 m; canica maciza de unos 16 mm; tope y caja de recogida con trapo; cinta de papel; móvil con cámara a 30 fotogramas/s y apoyo fijo; calculadora.

Equipo de protección y riesgos: no se necesitan gafas ni guantes. Riesgos: tropezar con una canica o un carrito caídos, desplazamiento de los libros y golpes con el carril. Precauciones: zona despejada de 3 m, tope y caja al final del carril, recoger enseguida lo que caiga al suelo, no lanzar objetos y no grabar a compañeros. Nunca se usan personas, bicicletas ni vehículos reales como móviles.

Roles: lanzador, cámara, lector de datos (lee las posiciones en el vídeo) y secretario-seguridad. Rotan entre el carrito y la canica.

Procedimiento:

1. **Rampa.** Apoyad un extremo del carril sobre libros hasta que la altura sea **h = 0,14 m** y comprobad que la longitud a lo largo del carril es **L = 2,00 m**. Anotad h/L (debe ser 0,07). Marcad con cinta una señal cada 0,50 m.
2. **Cámara.** Fijad el móvil a unos 1,5 m, perpendicular al carril, de modo que se vea toda la rampa y las marcas. No lo mováis durante la grabación.
3. **Canica.** Soltad la canica desde el reposo en x = 0 sin empujarla (la libera una regla que se retira). Grabad tres descensos y elegid el vídeo más limpio.
4. **Lectura.** Reproducid el vídeo fotograma a fotograma. Con **30 fotogramas/s**, 15 fotogramas son 0,5 s. Anotad la posición x de la canica (en m, con resolución de 1 cm) en los fotogramas 0, 15, 30, 45, 60 y 75, es decir, en t = 0, 0,5, 1,0, 1,5, 2,0 y 2,5 s.
5. **Carrito.** Colocad el carrito en $x_0 \approx 0{,}10$ m sobre la cinta de 1,5 m y grabad un recorrido recto. Anotad x cada 0,5 s (fotogramas 0, 15, 30… hasta 120, es decir, hasta t = 4,0 s). Si vuestro carrito es más rápido, leed cada 0,25 s (cada 7 u 8 fotogramas) y acortad el recorrido.
6. Si el vídeo falla o no hay material, trabajad con los datos de F6.

Limpieza y residuos: desmontad el carril, guardad libros, canicas y pilas, y dejad la mesa despejada. Los vídeos con personas se borran; los demás, solo con permiso del docente. No se generan residuos.

Resultado esperable: el carrito avanza con **velocidad casi constante** (entre 0,2 y 0,4 m/s según el modelo); la canica, con **aceleración constante** de entre **0,3 y 0,6 m/s²** (la predicción ideal es 0,49 m/s²), de modo que en 2,5 s recorre entre 0,9 y 1,9 m y tarda entre 2,6 y 3,7 s en recorrer los 2,00 m. Si obtenéis valores muy distintos, revisad la altura h, el arranque desde el reposo y las unidades.

Fuente: Protocolo de elaboración propia para material escolar de bajo riesgo. Las normas del centro prevalecen sobre este documento.

¿Por qué medimos la posición cada 0,5 s y no solo al final? ¿Qué ventaja tiene leer 6 puntos en vez de 2?

F6 Datos de un equipo de prueba: posición frente a tiempo

DATOS

t (s)	Fotograma	x del carrito (m)	x de la canica (m)
0,0	0	0,10	0,00
0,5	15	0,25	0,06
1,0	30	0,41	0,25
1,5	45	0,55	0,55
2,0	60	0,69	0,98
2,5	75	0,85	1,53
3,0	90	1,01	—
3,5	105	1,14	—
4,0	120	1,30	—

El origen de la canica (x = 0) es el punto de salida y parte del reposo; el del carrito es el extremo de la cinta métrica. La canica llega al tope poco después de t = 2,5 s, por eso no hay más datos.

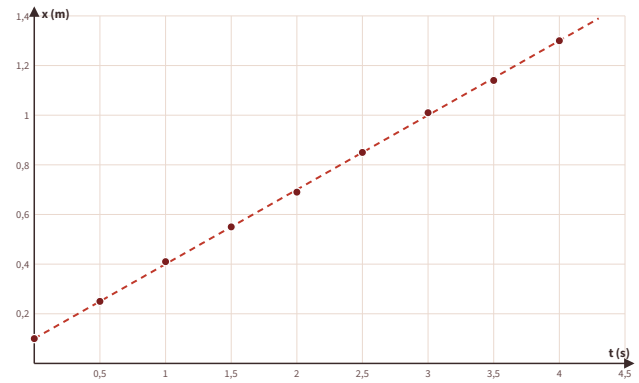
Fuente: Datos ilustrativos, obtenidos por vídeo-análisis con un móvil a 30 fotogramas/s y redondeados al centímetro (resolución de lectura: 0,01 m). Rampa con h = 0,14 m y L = 2,00 m.

¿Cuánto avanza el carrito en cada intervalo de 0,5 s? ¿Y la canica? ¿Qué diferencia observas?

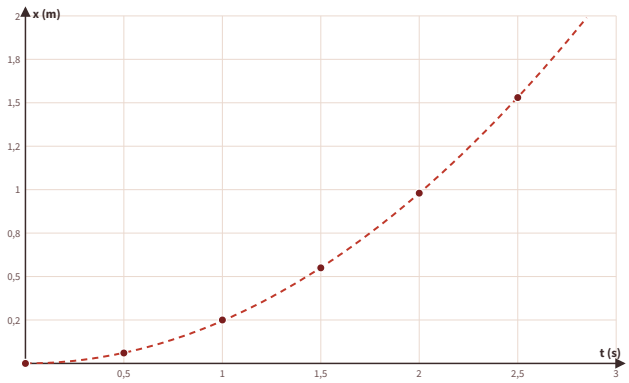
F7 Gráficas x-t del carrito y de la canica (datos de F6)

GRÁFICO

CARRITO: X-T (RECTA)



CANICA: X-T (PARÁBOLA)



En la recta, la **pendiente** es la velocidad: $v = \dfrac{1{,}30 - 0{,}10}{4{,}0 - 0} = 0{,}30\ \mathrm{m/s}$. En la parábola, la pendiente cambia: la canica **va cada vez más deprisa**.

Fuente: Gráficas de elaboración propia con los datos de F6. Los puntos son medidas; la línea discontinua es el ajuste: recta x = 0,10 + 0,30·t para el carrito y parábola x = 0,245·t² para la canica.

¿Por qué la recta del carrito no pasa por el origen? ¿Qué significa el valor 0,10 m?

F8 Ejemplos resueltos paso a paso

TEXTO

Ejemplo A (radar de tramo, coche A). Datos: $\Delta x = 2{,}4\ \text{km} = 2400\ \text{m}$; $\Delta t = 80\ \text{s}$.

1. $v = \dfrac{\Delta x}{\Delta t} = \dfrac{2400\ \text{m}}{80\ \text{s}} = 30\ \text{m/s}$.
2. $30\ \text{m/s} \cdot 3{,}6 = 108\ \text{km/h}$, que es mayor que 90 km/h: la multa es correcta.
3. Tiempo mínimo para no superar el límite: $90\ \text{km/h} = 25\ \text{m/s}$, luego $t = \dfrac{2400\ \text{m}}{25\ \text{m/s}} = 96\ \text{s}$.

Ejemplo B (frenada de un coche, MRU + MRUA). Un coche va a 90 km/h y su conductor tarda 1,0 s en reaccionar; después frena con $a = -5\ \text{m/s}^2$ hasta pararse.

1. $v_0 = 90 : 3{,}6 = 25\ \text{m/s}$.
2. Distancia de reacción (MRU): $x = v \cdot t = 25 \cdot 1{,}0 = 25\ \text{m}$.
3. Tiempo de frenada: $v = v_0 + a \cdot t \Rightarrow 0 = 25 - 5\,t \Rightarrow t = 5\ \text{s}$.
4. Distancia de frenada: $v^2 = v_0^2 + 2a\Delta x \Rightarrow 0 = 625 - 10\,\Delta x \Rightarrow \Delta x = 62{,}5\ \text{m}$. Comprobación: $v_0 t + \frac{1}{2}at^2 = 25 \cdot 5 - 2{,}5 \cdot 25 = 62{,}5\ \text{m}$.
5. Distancia de detención: $25 + 62{,}5 = 87{,}5\ \text{m}$.

Ejemplo C (predicción para la canica). Para una canica maciza que rueda sin deslizar por una rampa de longitud L y altura h, la aceleración es $a = \frac{5}{7}\,g\,\frac{h}{L}$ (el factor 5/7 aparece porque parte de la energía se invierte en hacerla girar; sin giro sería $g\,h/L$).

1. $a = \frac{5}{7} \cdot 9{,}8 \cdot \dfrac{0{,}14}{2{,}00} = 0{,}49\ \text{m/s}^2$.
2. Tiempo en recorrer $L = 2{,}00\ \text{m}$ desde el reposo: $x = \frac{1}{2}at^2 \Rightarrow t = \sqrt{\dfrac{2 \cdot 2{,}00}{0{,}49}} = 2{,}86\ \text{s}$.
3. Velocidad final: $v = a \cdot t = 0{,}49 \cdot 2{,}86 = 1{,}40\ \text{m/s}$. Comprobación: $v = \sqrt{2a\Delta x} = \sqrt{2 \cdot 0{,}49 \cdot 2{,}00} = 1{,}40\ \text{m/s}$.

Ejemplo D (de x-t a v-t con datos de F6). La velocidad media de cada intervalo es $\Delta x/\Delta t$ y se asigna al instante central: entre 0 y 0,5 s, $v = \dfrac{0{,}06 - 0{,}00}{0{,}5} = 0{,}12\ \text{m/s}$ (en $t = 0{,}25\ \text{s}$); entre 0,5 y 1,0 s, $v = \dfrac{0{,}25 - 0{,}06}{0{,}5} = 0{,}38\ \text{m/s}$ (en $t = 0{,}75\ \text{s}$).

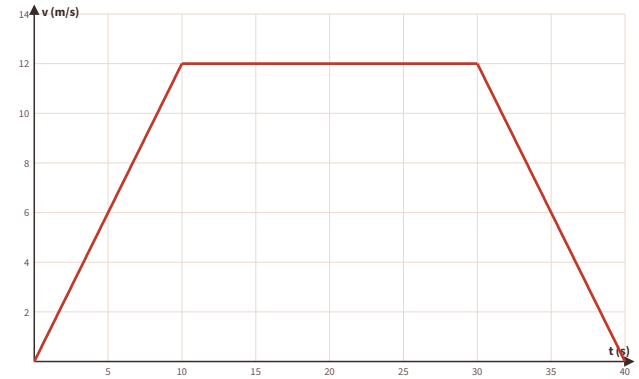
Fuente: Ejemplos de elaboración propia. g = 9,8 m/s².

En el ejemplo B, ¿qué distancia es mayor, la de reacción o la de frenada? ¿Qué pasaría con la de frenada si la velocidad fuese el doble?

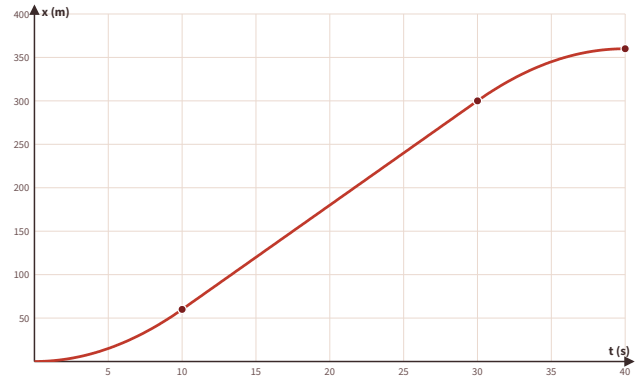
F9 El viaje de un tranvía: gráficas v-t y x-t

GRÁFICO

VELOCIDAD FRENTE A TIEMPO



POSICIÓN FRENTE A TIEMPO



Un tranvía sale de una parada en $t = 0$ (con $x_0 = 0$), acelera uniformemente durante 10 s hasta 12 m/s, avanza a esa velocidad durante 20 s y frena uniformemente durante 10 s hasta detenerse en la siguiente parada.

Fuente: Gráficas de elaboración propia a partir de un movimiento ideal (aceleración y frenada constantes de 1,2 m/s²); datos ilustrativos.

Relaciona cada tramo de la gráfica v-t con la forma que tiene en x-t. ¿Qué indica el área bajo la v-t?

F10 Distancia de detención de un coche según su velocidad

DATOS

v (km/h)	v (m/s)	Distancia de reacción (m)	Frenada en seco (m)	Detención en seco (m)	Frenada en mojado (m)	Detención en mojado (m)
30	8,3	8,3	6,9	15,3	11,6	19,9
50	13,9	13,9	19,3	33,2	32,2	46,0
90	25,0	25,0	62,5	87,5	104,2	129,2
120	33,3	33,3	111,1	144,4	185,2	218,5

Cómo se obtiene: distancia de reacción $= v \cdot t_r$; distancia de frenada $= \dfrac{v^2}{2\,|a|}$; detención = reacción + frenada. La distancia de frenada crece con el **cuadrado** de la velocidad.

Fuente: Valores calculados con el modelo MRU + MRUA con tiempo de reacción de 1,0 s y aceleraciones de frenada ilustrativas de −5 m/s² (asfalto seco) y −3 m/s² (mojado); no sustituyen a las tablas oficiales. Redondeo a 0,1 m.

Entre 90 y 120 km/h la velocidad aumenta un 33 %. ¿Cuánto aumenta la distancia de frenada en seco?

ANEXO 3

Fichas de actividades del alumnado

SdA 8 · Describir el movimiento para predecirlo

ALUMNADO

FICHA 1 El radar de tramo: ¿quién corre más?

Sesión 1

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Lee el caso F1 y mira el esquema F2. Primero responde al diagnóstico de forma individual.

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

Un coche recorre 150 km en 2 h. Su velocidad media es…

☐ 75 km/h ☐ 300 km/h ☐ 148 km/h

72 km/h equivalen a…

☐ 20 m/s ☐ 72 m/s ☐ 259 m/s

En una gráfica x-t, una línea horizontal indica que el móvil…

☐ está en reposo ☐ se mueve con velocidad constante ☐ acelera

Un movimiento rectilíneo con aceleración constante se llama…

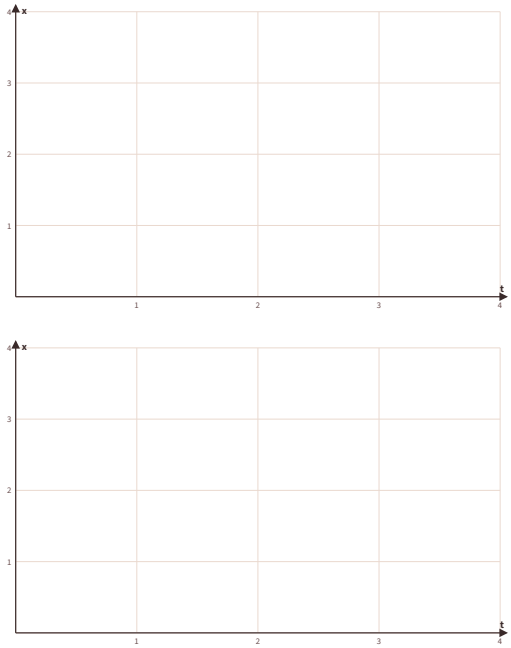
☐ MRU ☐ MRUA ☐ movimiento circular

La unidad de la aceleración en el SI es…

☐ m/s ☐ m/s^2 ☐ km/h

2 **Con F1 y sin calcular, estima si los coches A (80 s) y B (100 s) superan los 90 km/h en el tramo de 2,4 km y explica en qué te basas.**

3 **Predicción. Dibuja a mano alzada, sin números, cómo crees que será la gráfica x-t del carrito (velocidad constante) y la de la canica que baja por la rampa partiendo del reposo.**



4 **Predicción numérica. La canica baja desde el reposo por una rampa de 2,00 m. ¿Cuánto crees que tardará (menos de 1 s, entre 1 y 3 s o más de 3 s) y con qué velocidad llegará abajo? Justifícalo.**

FICHA 2 Magnitudes, unidades y ecuaciones

Sesión 2

Usa el esquema F2, el formulario F3 y los ejemplos F8. Escribe siempre la unidad.

1 **Convierte a la unidad del SI indicada.**

72 km/h = _____ m/s

15 m/s = _____ km/h

90 km/h = _____ m/s

2400 m = _____ km

1 min 20 s = _____ s

2 **Radar de tramo con F1 y F8-A (tramo de 2400 m, límite 90 km/h = 25 m/s). Completa la tabla.**

Coche	Tiempo (s)	Δx (m)	v (m/s)	v (km/h)	¿Supera 90 km/h?
A	80	2400			
B	100	2400			
Límite		2400	25	90	

3 **Relaciona cada ecuación con lo que permite calcular.**

1 $x = x_0 + v \cdot t$	●	a Característica del MRU
2 $v = v_0 + a \cdot t$	●	b Posición en un MRU
3 $x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2}at^2$	●	c Relación entre v, a y desplazamiento, sin usar el tiempo
4 $a = 0$	●	d Velocidad en un MRUA
5 $v^2 = v_0^2 + 2a \cdot \Delta x$	●	e Posición en un MRUA

4 **Una canica sube 0,60 m por una rampa y después baja 0,20 m. Toma como positivo el sentido de subida. ¿Cuánto valen el desplazamiento y la distancia recorrida?**

FICHA 3

Gráficas y problemas guiados

Sesión 3

Trabaja con las gráficas del tranvía (F9) y con los ejemplos resueltos F8.

1 **Con la gráfica v-t del tranvía (F9), completa la tabla (el desplazamiento de cada tramo es el área bajo la v-t).**

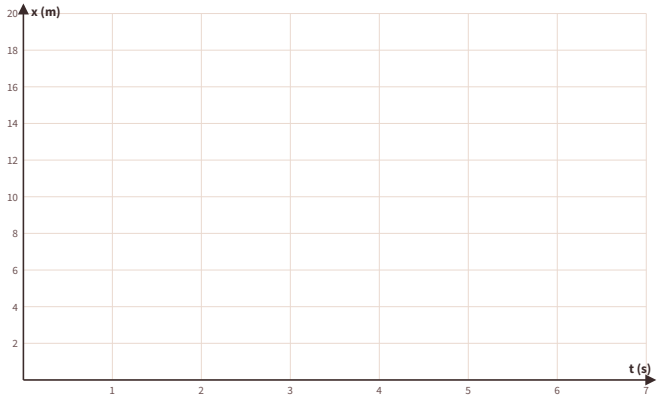
Tramo	Duración (s)	v inicial (m/s)	v final (m/s)	a (m/s²)	Δx (m)
1 (0 a 10 s)					
2 (10 a 30 s)					
3 (30 a 40 s)					

2 **Calcula el desplazamiento total del tranvía y su velocidad media (en m/s y en km/h). ¿Coincide con la x del final de la gráfica x-t?**

3 **Una moto va a 54 km/h y frena con $a = -3\ \mathrm{m/s^2}$ hasta pararse. Calcula v_0 en m/s, el tiempo de frenada y la distancia de frenada, siguiendo los pasos de F8-B.**

4 **Un móvil con MRU parte de $x_0 = 5\ \mathrm{m}$ con $v = 2\ \mathrm{m/s}$. Completa la tabla y dibuja su gráfica x-t.**

t (s)	x (m)
0	
2	
4	
6	



FICHA 4 En el laboratorio: vídeo-análisis

Sesión 4

Sigue el protocolo F5 y el montaje F4. Antes de empezar, el responsable de seguridad revisa la lista. Sin material o sin vídeo, usad los datos de F6.

1 **Lista de seguridad (marcad antes de soltar la canica o el carrito).**

- ☐ El carril y los libros están firmes y los dedos no quedan bajo ellos
- ☐ Hay tope y caja de recogida al final del carril
- ☐ La zona está despejada (mochilas y sillas apartadas) y nadie se coloca delante del carril
- ☐ El móvil está fijo y no se graba a compañeros
- ☐ Sabemos dónde se recogen canicas y pilas al terminar

2 **Medidas de la rampa.**

Magnitud	Valor	Unidad
Longitud del carril L		
Altura h		
h / L		
a teórica = 5/7 · g · h/L		

3 Canica: anota la posición en cada fotograma (resolución 0,01 m).

t (s)	Fotograma	x de la canica (m)
0,0	0	
0,5	15	
1,0	30	
1,5	45	
2,0	60	
2,5	75	

4 Carrito: anota la posición en cada fotograma (resolución 0,01 m).

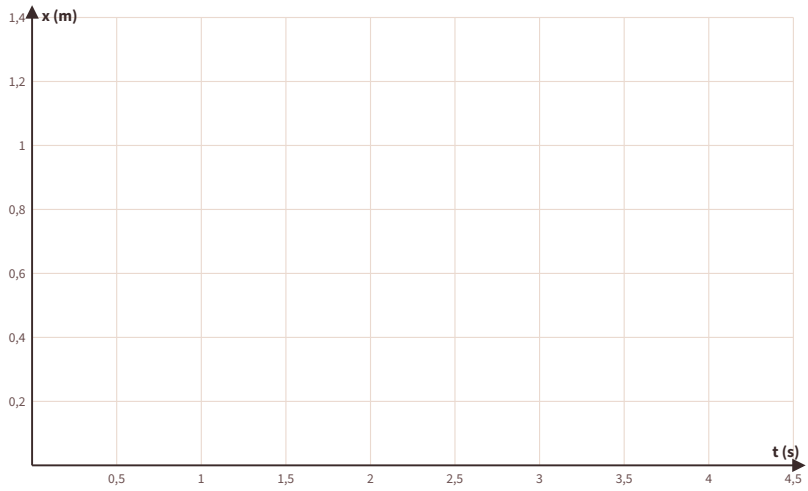
t (s)	Fotograma	x del carrito (m)
0,0	0	
0,5	15	
1,0	30	
1,5	45	
2,0	60	
2,5	75	
3,0	90	
3,5	105	
4,0	120	

FICHA 5 Gráficas, velocidad y aceleración

Sesión 5

Trabaja con tus datos de la ficha 4 (o con F6) y los ejemplos F8.

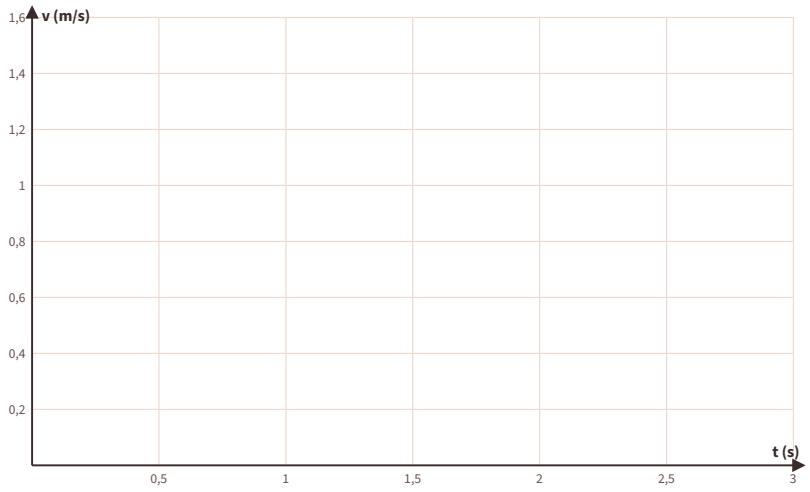
1 **Carrito. Representa x frente a t y traza la recta que mejor se ajuste. Calcula la velocidad como pendiente con dos puntos de la recta y compárala con la de otro intervalo.**



2 **Canica. Calcula la velocidad media de cada intervalo (F8-D) y asígnala al instante central.**

Intervalo (s)	Δx (m)	Δt (s)	v media (m/s)	t central (s)
0 a 0,5		0,5		0,25
0,5 a 1,0		0,5		0,75
1,0 a 1,5		0,5		1,25
1,5 a 2,0		0,5		1,75
2,0 a 2,5		0,5		2,25

3 **Representa v frente a t, traza la recta y calcula la aceleración como su pendiente. Compárala con la teórica (F8-C) y calcula el error relativo** $\frac{|a_{exp} - a_{teo}|}{a_{teo}} \cdot 100$.



4 **Predicción y comprobación. Con tu aceleración, calcula cuánto tardaría la canica en recorrer los 2,00 m y con qué velocidad llegaría. Compara con 2,86 s y 1,40 m/s y explica las diferencias.**

FICHA 6 Borrador del informe y errores

Sesión 6

Redactad el borrador en la plantilla del Anexo 4. Después intercambiadlo con otro equipo.

1 **Analiza las fuentes de error del experimento.**

Fuente de error	¿Qué efecto tiene?	¿Cómo se reduce?
Leer la posición en el fotograma (resolución de 1 cm)		
Móvil no perpendicular al carril (paralaje)		
La canica no sale exactamente del reposo		
Rozamiento y posible deslizamiento de la canica		
Medida de h y de L		

2 **Revisión cruzada del informe del otro equipo. Marcad lo que cumple.**

- ☐ Indica el sistema de referencia, el origen y el sentido positivo
- ☐ Las tablas tienen unidades y la resolución de las medidas
- ☐ Las gráficas x-t y v-t tienen ejes rotulados con magnitud y unidad y una escala adecuada
- ☐ La velocidad y la aceleración se obtienen como pendientes y llevan unidades
- ☐ Compara la predicción con el resultado y calcula el error relativo
- ☐ Las conversiones km/h ↔ m/s y los despejes son correctos
- ☐ Explica los límites del experimento y cómo mejorarlo

3 **Escribid dos propuestas de mejora concretas para el informe del otro equipo (una de cálculo y otra de presentación).**

4 **Conclusión provisional: ¿qué tipo de movimiento tiene cada móvil y cómo lo sabéis con vuestros datos y gráficas?**

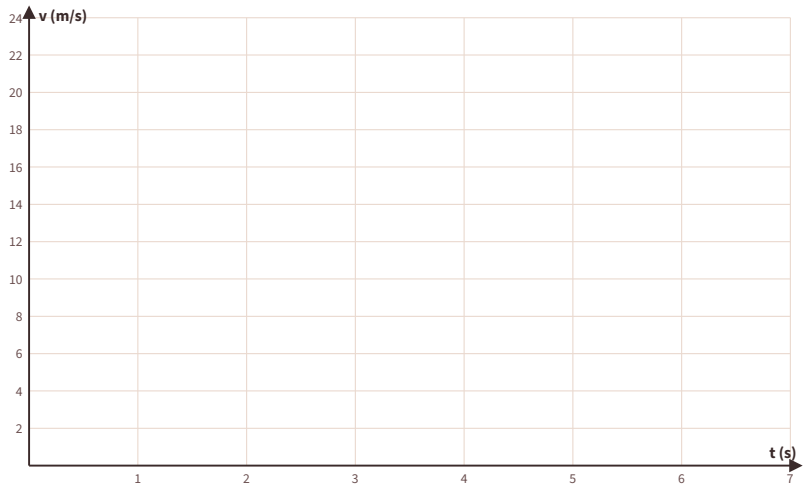
FICHA 7 Evidencia individual: frenada y datos nuevos

Sesión 7

Trabajo individual. Aplica el modelo del movimiento a casos nuevos.

1 **Una furgoneta circula a 72 km/h. Su conductor tarda 0,8 s en reaccionar y después frena con $a = -4\ \mathrm{m/s^2}$. Calcula v_0 en m/s, la distancia de reacción, el tiempo y la distancia de frenada y la distancia de detención.**

2 **Dibuja la gráfica v-t de toda la detención (reacción y frenada) y comprueba con el área bajo la curva la distancia de detención.**



3 **Dos móviles se mueven en línea recta. Móvil P: x = 2; 5; 8; 11; 14 m en t = 0; 1; 2; 3; 4 s. Móvil Q: x = 0; 1; 4; 9; 16 m en los mismos instantes. Clasifica cada movimiento, justifícalo, escribe su ecuación x(t) y predice x en t = 10 s.**

Móvil	Tipo de movimiento	Justificación	Ecuación x(t)	x en t = 10 s
P				
Q				

4 **Si la velocidad media de un tramo de carretera es de 98 km/h, ¿puede un coche no haber superado los 90 km/h en ningún instante? Explícalo.**

ANEXO 4

Plantilla del producto final

SdA 8 · Describir el movimiento para predecirlo

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Informe de cinemática del equipo. Todas las magnitudes con su unidad del SI y las gráficas con ejes rotulados.

Pregunta, hipótesis y predicción

¿Qué movimiento estudiamos? ¿Cómo creemos que será? (a calculada)

Sistema de referencia y esquema

Origen, sentido positivo, h y L.

Procedimiento y seguridad

Montaje, cámara, fotogramas y precauciones.

Tablas de datos

t, x del carrito y de la canica, con unidades y resolución.

Gráficas x-t y v-t

Ejes con magnitud y unidad; puntos y recta o parábola.

Cálculos

Velocidad (pendiente), aceleración, tiempo y velocidad finales y error relativo.

Frenada: distancia de detención

Un cálculo con F10 o F8-B y su interpretación.

Fuentes de error y mejoras

Al menos dos y cómo reducirlas.

Conclusión

¿Qué magnitudes, ecuaciones y gráficas permiten reconstruir un movimiento?

ANEXO 5

Lista de cotejo para el proceso y la entrega

SdA 8 · Describir el movimiento para predecirlo

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Antes de entregar **Informe de cinemática con vídeo-análisis o datos**, comprueba cada punto y marca la casilla. Si alguno falla, todavía estás a tiempo de mejorarlo.

Contenido del producto

- [ ] El informe indica el sistema de referencia (origen y sentido positivo) y define el movimiento que se estudia.
- [ ] Las tablas de datos tienen t y x con sus unidades (s, m) y la resolución de la lectura.
- [ ] Las gráficas x-t y v-t tienen los ejes rotulados con magnitud y unidad y una escala adecuada, y no se unen los puntos con segmentos si el ajuste es una recta o una parábola.
- [ ] La velocidad del carrito se obtiene como pendiente de x-t y la aceleración de la canica como pendiente de v-t, con unidades (m/s y m/s^2).
- [ ] La predicción teórica (a, t y v finales) se calcula antes de comparar y se escribe el error relativo.
- [ ] Las conversiones km/h ↔ m/s, los despejes y las ecuaciones del MRU y del MRUA son correctos, con signo de la aceleración de frenada.
- [ ] Hay un cálculo de distancia de detención (reacción + frenada) con su interpretación.
- [ ] Se analizan al menos dos fuentes de error (resolución, paralaje, salida del reposo, rozamiento) y una mejora.
- [ ] Se cumplen y describen las normas de seguridad (tope, zona despejada, recogida) y no se usan personas ni vehículos.

Calidad y rigor

- [ ] He usado el vocabulario científico y los símbolos correctos (magnitudes, unidades del SI, fórmulas).
- [ ] He apoyado mis conclusiones con datos, medidas, cálculos o modelos, y he indicado sus límites.
- [ ] He escrito cada resultado con su unidad y he comprobado si su orden de magnitud es razonable.
- [ ] He citado o identificado todas las fuentes de datos utilizadas.
- [ ] He revisado la ortografía, la presentación y el orden del producto, e incorporado las mejoras de la coevaluación.

Lo que más me ha costado

Firma del equipo / fecha de entrega

ANEXO 6

Rúbrica imprimible

SdA 8 · Describir el movimiento para predecirlo

ALUMNADO · DOCENTE

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Rúbrica para valorar **Informe de cinemática con vídeo-análisis o datos**. Marca el nivel alcanzado en cada indicador.

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial	Nivel
Comprensión científica	Describe el movimiento con posición, velocidad y aceleración, distingue velocidad media e instantánea y distancia y desplazamiento, interpreta pendientes y áreas de las gráficas y señala los límites del modelo ideal.	Describe y relaciona correctamente movimiento, ecuación y gráfica, con alguna imprecisión (signos, media frente a instantánea).	Reconoce el tipo de movimiento con ayuda pero confunde pendiente con posición o la aceleración con la velocidad.	Confunde MRU y MRUA o las gráficas, o sus explicaciones contradicen los datos.	
Datos y resolución	Tablas completas con unidades, gráficas x-t y v-t con ejes y escala adecuados, aceleración obtenida como pendiente, predicción calculada y error relativo con comprobación de unidades.	Cálculos y gráficas correctos con fallos menores de unidades, escala o redondeo.	Faltan unidades, el despeje es erróneo o las gráficas están incompletas.	Datos desordenados, sin cálculos ni gráficas válidas.	
Investigación	Plantea la predicción antes de medir, controla las condiciones (pendiente, salida desde el reposo, cámara fija), compara predicción y resultado y analiza las fuentes de error con propuestas de mejora.	Diseño y comparación adecuados con alguna fuente de error sin analizar.	Compara sin estimar el error o no controla la salida o la cámara.	No distingue predicción, dato y conclusión.	
Seguridad y lenguaje	Cumple siempre las normas del montaje (tope, zona despejada, recogida) y usa símbolos, unidades y vocabulario de cinemática con precisión en el informe.	Cumple las normas con fallos menores; lenguaje correcto con alguna imprecisión.	Necesita recordatorios de seguridad; mezcla km/h y m/s sin convertir.	Incumple normas o comunica sin unidades.	
Revisión y cooperación	Cumple su rol (lanzador, cámara, lector de datos, secretario), revisa el informe de otro equipo comprobando cálculos y unidades con propuestas concretas e incorpora las mejoras recibidas.	Cumple su rol y revisa con alguna propuesta útil.	Participa de forma irregular; revisión superficial.	No asume su rol ni revisa.	

Observaciones del docente

Valoración global

ANEXO 7

Autoevaluación y coevaluación

SdA 8 · Describir el movimiento para predecirlo

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Parte 1 · Autoevaluación

Afirmación	Aún no	Con ayuda	Bien	Muy bien
Sé obtener la velocidad y la aceleración de un movimiento a partir de las gráficas x-t y v-t.	◯	◯	◯	◯
Sé predecir con las ecuaciones del movimiento y comprobar la predicción con datos, calculando el error.	◯	◯	◯	◯
He cumplido mi rol y mis tareas dentro del equipo.	◯	◯	◯	◯
He escuchado y tenido en cuenta las ideas de los demás.	◯	◯	◯	◯
He usado fuentes y evidencias para justificar mis ideas.	◯	◯	◯	◯
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

Material de apoyo y refuerzo

SdA 8 · Describir el movimiento para predecirlo

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Material de apoyo para quien necesite más andamiaje: pasos para resolver problemas, un ejemplo modelado y datos ya medidos.

Cinco pasos para un problema de movimiento

1. **Esquema** y sentido positivo.
2. **Datos** con unidades del SI (km/h : 3,6 = m/s).
3. **Ecuación:** ¿MRU o MRUA? ¿Conozco el tiempo?
4. **Despejar** y calcular.
5. **Comprobar** unidades y signo.

Ejemplo: un tren de juguete va a 0,5 m/s. ¿Cuánto avanza en 12 s? $\Delta x = v \cdot t = 0{,}5 \cdot 12 = 6\ \text{m}$.

Aceleración con los datos de la rampa

La canica sale del reposo, por lo que $x = \frac{1}{2}at^2$ y $a = \frac{2x}{t^2}$.

Ejemplo con $t = 1{,}0\ \text{s}$ y $x = 0{,}25\ \text{m}$: $a = \frac{2 \cdot 0{,}25}{1{,}0^2} = 0{,}50\ \text{m/s}^2$.

1 **Convierte: 36 km/h a m/s, 20 m/s a km/h y 3 min a s.**

2 **Un móvil con MRU cumple $x = 1 + 2\,t$ (SI). Calcula su posición en $t = 5\ \text{s}$ y su velocidad.**

3 **Con los datos de F6 de la canica, calcula $a = 2x/t^2$ para $t = 1{,}5\ \text{s}$ y para $t = 2{,}0\ \text{s}$.**

t (s)	x (m)	a = 2x/t² (m/s²)
1,5	0,55	
2,0	0,98	

4 **Marca verdadero o falso.**

	V	F
En un MRU la aceleración es cero.	☐	☐
Una línea horizontal en la gráfica v-t indica que el móvil está parado.	☐	☐
En un MRUA la gráfica x-t es una recta.	☐	☐
El área bajo la gráfica v-t es el desplazamiento.	☐	☐
72 km/h son 72 m/s.	☐	☐

ANEXO 9

Actividad de ampliación

SdA 8 · Describir el movimiento para predecirlo

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

¿Cómo cambia la aceleración con la pendiente de la rampa?

La predicción teórica dice que la aceleración de la canica es $a = \frac{5}{7}\, g\, \frac{h}{L}$: es proporcional a h/L. Vas a comprobarlo con datos de tres alturas distintas, con $L = 2{,}00\ \text{m}$ (200 cm) y $g = 9{,}8\ \text{m/s}^2$.

A1 Aceleración medida con tres alturas de rampa (L = 2,00 m)

DATOS

h (cm)	h / L	a medida (m/s²)
7	0,035	0,25
14	0,070	0,49
21	0,105	0,72

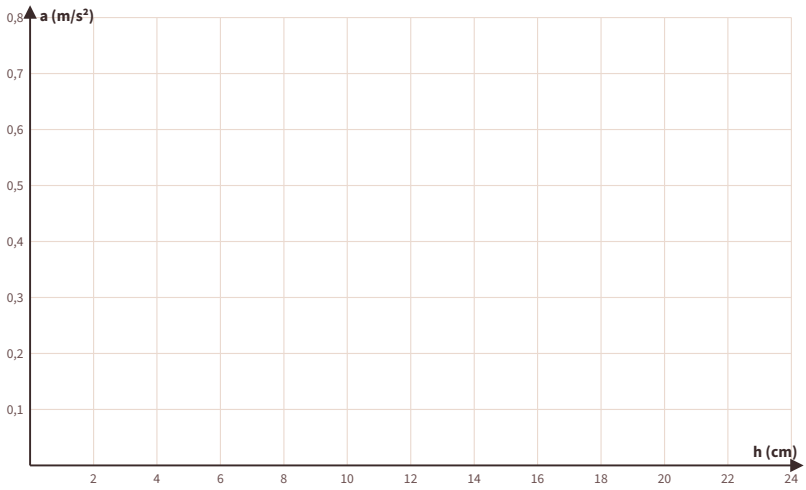
Fuente: Datos ilustrativos obtenidos por vídeo-análisis, redondeados a 0,01 m/s².

Pasos

1. Calcula para cada altura el cociente a/h (en m/s² por cm) y comprueba si es casi constante: con L fija, ¿es a proporcional a h?
2. Dibuja a frente a h y traza la recta que pasa por el origen; calcula su pendiente (m/s² por cm).
3. Compara la pendiente con el valor teórico $\frac{5g}{7L}$ expresado en m/s² por cm (con $L = 200\ \text{cm}$).
4. Predice, con $t = \sqrt{2L/a}$, el tiempo que tardaría la canica en recorrer 2,00 m para cada altura.

1 **Completa la tabla y la gráfica.**

h (cm)	a / h (m/s² por cm)	t para 2,00 m (s)
7		
14		
21		



Entrega

Una página con la tabla, la gráfica a-h, la pendiente comparada con el valor teórico, los tres tiempos previstos y una conclusión sobre la relación entre pendiente y aceleración.

ANEXO 10

Guía docente de respuestas y orientaciones

SdA 8 · Describir el movimiento para predecirlo

DOCENTE

Ficha 1

1. Diagnóstico: 75 km/h; 20 m/s; está en reposo; MRUA; m/s^2.
2. Estimación del radar: respuesta abierta; se valora que usen $v = \Delta x/\Delta t$ con orden de magnitud. Con los cálculos de la ficha 2: A, 108 km/h (supera); B, 86,4 km/h (no supera).
3. Bocetos: carrito, recta inclinada ascendente (que puede no empezar en el origen); canica, curva ascendente cada vez más empinada que parte del origen con pendiente cero (parábola).
4. Predicción numérica: respuesta abierta; el valor correcto es t = 2,86 s (entre 1 y 3 s) y v = 1,40 m/s. Se acepta cualquier estimación justificada.

Ficha 2

1. Conversiones: 72 km/h = 20 m/s; 15 m/s = 54 km/h; 90 km/h = 25 m/s; 2400 m = 2,4 km; 1 min 20 s = 80 s.
2. Tabla del radar: A, v = 2400 : 80 = 30 m/s = 108 km/h, sí supera. B, v = 2400 : 100 = 24 m/s = 86,4 km/h, no supera. Límite: t = 2400 : 25 = 96 s.
3. Relaciona: 1 ($x = x_0 + v \cdot t$) → Posición en un MRU; 2 ($v = v_0 + a \cdot t$) → Velocidad en un MRUA; 3 ($x = x_0 + v_0 \cdot t + ½ \cdot a \cdot t^2$) → Posición en un MRUA; 4 ($a = 0$) → Característica del MRU; 5 ($v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta x$) → Relación entre v, a y desplazamiento sin usar el tiempo.
4. Desplazamiento: +0,60 − 0,20 = +0,40 m (hacia arriba); distancia recorrida: 0,60 + 0,20 = 0,80 m.

Ficha 3

1. Tranvía: tramo 1, 10 s, de 0 a 12 m/s, a = 12 : 10 = 1,2 m/s^2, $\Delta x = ½ \cdot 10 \cdot 12 = 60$ m. Tramo 2, 20 s, 12 m/s constante, a = 0, $\Delta x = 12 \cdot 20 = 240$ m. Tramo 3, 10 s, de 12 a 0 m/s, a = −12 : 10 = −1,2 m/s^2, $\Delta x = ½ \cdot 10 \cdot 12 = 60$ m.
2. Desplazamiento total: 60 + 240 + 60 = 360 m, que coincide con x = 360 m en t = 40 s de la gráfica x-t. Velocidad media: 360 m : 40 s = 9,0 m/s = 32,4 km/h.
3. Moto: v_0 = 54 : 3,6 = 15 m/s; 0 = 15 − 3·t, t = 5 s; $\Delta x = 15^2 : (2 \cdot 3) = 225 : 6 = 37{,}5$ m (comprobación: $15 \cdot 5 - ½ \cdot 3 \cdot 25 = 75 - 37{,}5 = 37{,}5$ m).
4. MRU: x = 5 + 2·t: t = 0, 2, 4 y 6 s → x = 5, 9, 13 y 17 m; la gráfica es una recta que sale de (0; 5) con pendiente 2 m/s.

Ficha 4

1. Lista de seguridad: deben marcarse todas las casillas antes de empezar.
2. Medidas de la rampa: L = 2,00 m, h = 0,14 m, h/L = 0,070 (sin unidades) y a teórica = 5/7 · 9,8 · 0,070 = 0,49 m/s^2.
3. Rango esperable de los datos: canica, x(0,5 s) ≈ 0,03-0,09 m; x(1,0 s) ≈ 0,15-0,30 m; x(2,0 s) ≈ 0,6-1,2 m; x(2,5 s) ≈ 0,9-1,9 m (con a entre 0,3 y 0,6 m/s^2). Carrito: x crece una cantidad casi igual cada 0,5 s (entre 0,10 y 0,20 m por intervalo según el carrito). Datos de F6 como referencia: carrito 0,10; 0,25; 0,41; 0,55; 0,69; 0,85; 1,01; 1,14; 1,30 m. Canica 0,00; 0,06; 0,25; 0,55; 0,98; 1,53 m.

Ficha 5

1. Carrito (con F6): recta con puntos próximos a x = 0,10 + 0,30·t. Pendiente con (0; 0,10) y (4,0; 1,30): (1,30 − 0,10) : 4,0 = 0,30 m/s. Con otro intervalo, (3,0; 1,01) y (1,0; 0,41): 0,60 : 2,0 = 0,30 m/s. Las velocidades por intervalos de 0,5 s oscilan entre 0,26 y 0,32 m/s por la resolución de 1 cm.
2. Canica: v media = 0,12; 0,38; 0,60; 0,86 y 1,10 m/s en t = 0,25; 0,75; 1,25; 1,75 y 2,25 s.
3. Aceleración: pendiente de la recta v-t = (1,10 − 0,12) : (2,25 − 0,25) = 0,98 : 2,0 = 0,49 m/s^2. Con otros datos, rango plausible 0,3-0,6 m/s^2. Error relativo respecto a la teórica 0,49 m/s^2: |0,49 − 0,49| : 0,49 · 100 ≈ 0 % con los datos de F6; con medidas propias es normal un error del 5 % al 30 % (valor por debajo si hay rozamiento o deslizamiento).
4. Predicción y comprobación: t = √(2·2,00 : 0,49) = 2,86 s; v = a·t = 0,49·2,86 = 1,40 m/s (= √(2·0,49·2,00)). Con a = 0,40 m/s^2 saldría t = 3,16 s y v = 1,26 m/s; con a = 0,60 m/s^2, t = 2,58 s y v = 1,55 m/s. Las diferencias se explican por la resolución, el paralaje, el arranque y el rozamiento.

Ficha 6

1. Tabla de errores (respuesta modelo): resolución 1 cm → incertidumbre de ±0,01 m en x y ≈ ±0,03 m/s en v por intervalo; se reduce usando intervalos mayores y la pendiente global. Paralaje → posiciones aparentes distintas de las reales; se reduce con el móvil fijo y perpendicular y lejos. Salida no exacta del reposo → a mayor de la real; soltar con una regla sin empujar. Rozamiento y deslizamiento → a menor que la teórica; usar carril liso y canica maciza. Medida de h y L → error en la a teórica (un error de 1 cm en h son ≈ 7 %).
2. Revisión cruzada: respuesta abierta; las propuestas deben ser concretas («falta la unidad en la columna x», «la gráfica v-t no tiene escala»), no genéricas.
3. Conclusión: el carrito tiene MRU porque x-t es una recta (pendiente constante 0,30 m/s) y las velocidades por intervalo son casi iguales; la canica tiene MRUA porque x-t es una parábola y v-t es una recta con pendiente 0,49 m/s^2.

Ficha 7

1. Furgoneta: v_0 = 72 : 3,6 = 20 m/s; distancia de reacción = 20·0,8 = 16 m; tiempo de frenada: 0 = 20 − 4·t → t = 5 s; distancia de frenada: 20^2 : (2·4) = 400 : 8 = 50 m (comprobación 20·5 − ½·4·25 = 100 − 50 = 50 m); detención = 16 + 50 = 66 m.
2. Gráfica v-t: tramo horizontal a 20 m/s de 0 a 0,8 s y recta decreciente de 20 m/s en t = 0,8 s a 0 en t = 5,8 s. Área: rectángulo 20·0,8 = 16 m + triángulo ½·5·20 = 50 m = 66 m.
3. Datos: P es un MRU porque Δx es constante (3 m cada segundo): v = 3 m/s, x = 2 + 3·t, x(10) = 32 m. Q es un MRUA desde el reposo porque Δx crece 1, 3, 5, 7 m y x = t^2 (½·a = 1, a = 2 m/s^2): x(10) = 100 m.
4. Radar: no. Si en todo instante la velocidad hubiera sido menor o igual que 90 km/h, la velocidad media del tramo no podría ser 98 km/h. Si la velocidad media es de 98 km/h, en algún instante se superaron los 90 km/h, aunque el conductor no lo viera en los pórticos.

Refuerzo (Anexo 8)

1. 36 km/h = 10 m/s; 20 m/s = 72 km/h; 3 min = 180 s.
2. x(5) = 1 + 2·5 = 11 m; v = 2 m/s (coeficiente de t).
3. t = 1,5 s: a = 2·0,55 : 1,5^2 = 1,10 : 2,25 = 0,49 m/s^2; t = 2,0 s: a = 2·0,98 : 4,0 = 0,49 m/s^2.
4. V; F (es MRU, no reposo; el reposo sería v = 0); F (es una parábola); V; F (72 km/h = 20 m/s).

Ampliación (Anexo 9)

1. Cocientes a/h: 0,25 : 7 = 0,036; 0,49 : 14 = 0,035; 0,72 : 21 = 0,034 (m/s² por cm): casi constante, luego con L fija a es proporcional a h (y a h/L).
2. Gráfica: tres puntos casi alineados con la recta que pasa por el origen; pendiente ≈ 0,035 m/s² por cm. Valor teórico: (5/7)·9,8 : 200 cm = 7,0 : 200 = 0,035 m/s² por cm: coinciden.
3. Tiempos para 2,00 m con $t = \sqrt{2L/a}$: h = 7 cm, 4,04 s; h = 14 cm, 2,86 s; h = 21 cm, 2,33 s (con a teóricas 0,245; 0,49 y 0,735 m/s²).

Errores frecuentes

- Usar km/h con segundos sin convertir a m/s (o dividir en vez de multiplicar por 3,6).
- Confundir distancia recorrida y desplazamiento, o dar velocidades medias sin signo cuando el sentido importa.
- Interpretar la pendiente de la gráfica x-t de un MRUA como aceleración (es la velocidad); la aceleración es la pendiente de v-t.
- Tomar la velocidad media de un intervalo como la velocidad al inicio del intervalo en lugar de al instante central.
- Olvidar el tiempo de reacción en la distancia de detención, o poner la aceleración de frenada con signo positivo.
- Despejar mal el tiempo en $x = \frac{1}{2}at^2$ (olvidar la raíz o el factor 2), o unir los puntos de una parábola con segmentos.

Criterios para valorar respuestas abiertas

- En los problemas se valora el planteamiento (esquema, datos en SI, ecuación elegida) y la comprobación de unidades más que el redondeo.
- En el informe, la conclusión es válida si se apoya en los datos propios, aunque la aceleración no coincida con la teórica; se valora que se calcule el error y se expliquen sus causas.
- Rangos aceptables con material propio: v del carrito 0,2-0,4 m/s (variaciones por intervalo de ±15 %); a de la canica 0,3-0,6 m/s²; t para 2,00 m, 2,6-3,7 s.
- Seguridad: vigilar el tope y la caja al final del carril, la zona despejada y que no se usen personas ni vehículos reales como móviles.

09

SITUACIÓN DE APRENDIZAJE

Fuerzas, gravedad y fluidos

PREGUNTA GUÍA

¿Cómo explicamos con fuerzas desde el movimiento de un objeto hasta la flotación y la presión en un fluido?

CURSO 4.º ESO	SESIONES 7 sesiones	BLOQUES DE SABERES A · D
COMPETENCIAS ESPECÍFICAS CE1, CE2, CE3	PRODUCTO FINAL Dossier de ingeniería de fuerzas	CRITERIOS DE EVALUACIÓN 1.1, 1.2, 2.2, 2.3, 3.1, 3.2

Contexto, reto y producto

El Museo de la Ciencia de la ciudad prepara la sala **«Fuerzas en acción»** y ha convocado un concurso entre institutos: cada equipo debe entregar el dossier técnico de cuatro estaciones interactivas. En la primera, el visitante arrastra con una cuerda una caja cargada por el suelo y por una rampa; en la segunda, una báscula muestra cuánto pesaría en la Luna, en Marte o en Júpiter; en la tercera, una balsa de madera flota en un estanque con visitantes a bordo; y en la cuarta, una prensa hidráulica permite que una niña levante un coche pequeño. El museo no quiere frases bonitas, quiere **números**: qué fuerza hace falta, cuánta carga aguanta la balsa y con qué margen de seguridad.

La situación convierte al alumnado en un **equipo de ingeniería de fuerzas**. Aprende a dibujar **diagramas de fuerzas con vectores a escala**, a descomponer y sumar fuerzas, a aplicar la **segunda ley de Newton** y el principio de acción y reacción, a calcular peso, normal, rozamiento, tensión y empuje, a usar la **ley de la gravitación universal** para comparar mundos y a resolver problemas de **presión, principio de Pascal y principio de Arquímedes**. Además, mide con un dinamómetro el coeficiente de rozamiento de un bloque y comprueba con un bloque de madera flotando el principio de Arquímedes, para contrastar el modelo con datos reales y reconocer sus límites.

Reto

Elaborar el dossier de ingeniería de las cuatro estaciones de la sala «Fuerzas en acción» (rampa, gravedad, balsa y prensa hidráulica), con diagramas de fuerzas a escala, cálculos con unidades, datos experimentales de rozamiento y flotación, y márgenes de seguridad justificados.

Producto final

Dossier de ingeniería de fuerzas.

Vinculación curricular

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS MOVILIZADAS

CE1

Comprender y explicar los fenómenos fisicoquímicos del entorno con leyes y teorías, y resolver problemas para mejorar la realidad cercana.

CE2 Formular preguntas e hipótesis y comprobarlas mediante la experimentación, la indagación y la búsqueda de evidencias.

CE3

Manejar con soltura las normas de la física y la química: lenguaje IUPAC, lenguaje matemático, unidades, seguridad en el laboratorio y datos en distintos formatos.

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

1.1 Comprender y explicar con rigor los fenómenos fisicoquímicos cotidianos a partir de los principios, teorías y leyes científicas adecuadas, expresándolos de manera argumentada, utilizando diversidad de soportes y medios de comunicación.

1.2 Resolver los problemas fisicoquímicos planteados mediante las leyes y teorías científicas adecuadas, razonando los procedimientos utilizados para encontrar las soluciones y expresando los resultados con corrección y precisión.

2.2 Predecir, para las cuestiones planteadas, respuestas que se puedan comprobar con las herramientas y conocimientos adquiridos, tanto de forma experimental como deductiva, aplicando el razonamiento lógico-matemático en su proceso de validación.

2.3 Aplicar las leyes y teorías científicas más importantes para validar hipótesis de manera informada y coherente con el conocimiento científico existente, diseñando los procedimientos experimentales o deductivos necesarios para resolverlas y analizando los resultados críticamente.

3.1 Emplear fuentes variadas fiables y seguras para seleccionar, interpretar, organizar y comunicar información relativa a un proceso fisicoquímico concreto, relacionando entre sí lo que cada una de ellas contiene, extrayendo en cada caso lo más relevante para la resolución de un problema y desechando todo lo que sea irrelevante.

3.2 Utilizar adecuadamente las reglas básicas de la física y la química, incluyendo el uso correcto de varios sistemas de unidades, las herramientas matemáticas necesarias y las reglas de nomenclatura avanzadas, consiguiendo una comunicación efectiva con toda la comunidad científica.

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

Código	Saber básico
D2	La fuerza como agente de cambios en los cuerpos: principio fundamental de la Física que se aplica a otros campos como el diseño, el deporte o la ingeniería.

Código	Saber básico
D3	Carácter vectorial de las fuerzas: uso del álgebra vectorial básica para la realización gráfica y numérica de operaciones con fuerzas y su aplicación a la resolución de problemas relacionados con sistemas sometidos a conjuntos de fuerzas, valorando su importancia en situaciones cotidianas.
D4	Principales fuerzas del entorno cotidiano: reconocimiento del peso, la normal, el rozamiento, la tensión o el empuje, y su uso en la explicación de fenómenos físicos en distintos escenarios.
D5	Ley de la gravitación universal: atracción entre los cuerpos que componen el universo. Concepto de peso.
D6	Fuerzas y presión en los fluidos: efectos de las fuerzas y la presión sobre los líquidos y los gases, estudiando los principios fundamentales que las describen.
A4	El lenguaje científico: manejo adecuado de distintos sistemas de unidades y sus símbolos. Herramientas matemáticas adecuadas en diferentes escenarios científicos y de aprendizaje.

Concreción didáctica en esta situación

- Segunda ley de Newton con fuerzas vectoriales: suma por componentes, plano inclinado, cuerdas con ángulo y ascensores ($T = m\,(g + a)$).
- Diagrama de fuerzas con vectores proporcionales: peso, normal, rozamiento ($F_r = \mu\,N$), tensión y empuje; pares de acción y reacción.
- Ley de la gravitación universal: $g = G\,M/R^2$, peso en otros cuerpos celestes y diferencia entre masa y peso.
- Presión $p = F/A$, presión hidrostática $p = \rho\,g\,h$, principio de Pascal (prensa hidráulica) y principio de Arquímedes $E = \rho_{\text{líq}}\,g\,V_{\text{sum}}$.
- Medida de μ con dinamómetro y de la densidad del agua con un bloque flotante: tablas, gráficas, pendiente y error relativo.

Objetivos didácticos

- Dibujar a escala el diagrama de fuerzas de un cuerpo (peso, normal, rozamiento, tensión, empuje), descomponer fuerzas en ejes y calcular la resultante.
- Aplicar la segunda ley de Newton $\sum \vec{F} = m\,\vec{a}$ y el principio de acción y reacción para calcular aceleraciones y fuerzas en superficies horizontales, rampas y cuerdas.
- Calcular la fuerza gravitatoria y el peso con $F = G\,\frac{M\,m}{d^2}$ en la Tierra, la Luna y otros planetas, distinguiendo masa y peso.
- Resolver problemas de presión, presión hidrostática, principio de Pascal y empuje de Arquímedes, y predecir si un cuerpo flota o se hunde.
- Determinar experimentalmente un coeficiente de rozamiento y la densidad del agua mediante gráficas, estimando el error relativo y las limitaciones del método.

Metodología

Indagación
Predicción, contraste y conclusión.

Modelización
Conectar observaciones con modelos, leyes y representaciones.

Resolución de problemas
Planteamiento, unidades, cálculo, comprobación e interpretación.

Trabajo experimental
Variables, datos, seguridad y residuos.

Cooperación
Roles rotatorios y responsabilidad compartida.

Secuencia de sesiones y actividades

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

1

SESIÓN 1

Lanzamiento del concurso del museo, diagnóstico de ideas sobre fuerza, masa y flotación, y primeras predicciones

Evidencia: Ficha 1: test de diagnóstico, predicciones justificadas y diagrama de fuerzas a mano alzada.

Ficha: Anexo 3 · ficha 1

2

SESIÓN 2

Leyes de Newton, vectores y fuerzas del entorno: peso, normal, rozamiento, tensión y empuje

Evidencia: Ficha 2: suma y descomposición de fuerzas, tabla de fuerzas por situación y verdadero/falso sobre errores típicos.

Ficha: Anexo 3 · ficha 2

3

SESIÓN 3

Aplicación guiada: dinámica en rampa y con cuerda, tensión en un ascensor, gravitación, presión y prensa hidráulica

Evidencia: Ficha 3: problemas resueltos con diagrama, ecuaciones, unidades y comprobación.

Ficha: Anexo 3 · ficha 3

4

SESIÓN 4

Trabajo experimental: rozamiento con dinamómetro y flotación de un prisma de madera

Evidencia: Ficha 4: lista de seguridad, calibración del dinamómetro y tablas de datos.

Ficha: Anexo 3 · ficha 4

5

SESIÓN 5

Tratamiento de resultados: gráficas Fr-N y h-masa, pendientes, error relativo y diseño de la balsa

Evidencia: Ficha 5: gráficas con pendiente, coeficiente μ, densidad obtenida y carga de la balsa.

Ficha: Anexo 3 · ficha 5

6

SESIÓN 6

Borrador del dossier de ingeniería, detección de errores en diagramas y revisión entre equipos

Evidencia: Ficha 6: análisis de un diagrama erróneo, revisión cruzada y mejoras propuestas.

Ficha: Anexo 3 · ficha 6

7

SESIÓN 7

Presentación del dossier y evidencia individual: rover en Marte y boya flotante

Evidencia: Dossier final (Anexo 4) y Ficha 7: diagrama, cálculo y justificación individuales en un caso nuevo.

Ficha: Anexo 3 · ficha 7

Evaluación

Se combinan diagnóstico, observación, fichas/cuaderno, producto final, evidencia individual y autoevaluación. El resultado numérico se valora junto con el planteamiento, la unidad, la comprobación y la interpretación.

Criterios, evidencias e instrumentos

Criterio	Evidencia principal	Instrumento
1.1	Explicación argumentada, con diagramas de fuerzas y leyes de Newton, de por qué la caja acelera, el bloque flota o el cuerpo pesa distinto en la Luna (F1-F7).	Fichas 1, 2 y 6 / lista de cotejo
1.2	Resolución correcta de los problemas de rampa, cuerda con ángulo, ascensor, gravitación, presión, prensa y balsa, con planteamiento, unidades y comprobación.	Fichas 3, 5 y 7 / rúbrica
2.2	Predicciones razonadas sobre el efecto de la masa en el rozamiento y la inmersión del prisma, contrastadas luego con los datos.	Fichas 1 y 5 / rúbrica
2.3	Diseño y análisis del experimento de rozamiento y flotación: variables, gráfica con pendiente, error relativo y límites, y validación de la hipótesis con las leyes de Newton y Arquímedes.	Fichas 4 y 5 y dossier (Anexo 4) / rúbrica
3.1	Uso de las fuentes F1-F11 (tablas de planetas, datos del equipo de prueba, esquemas) para seleccionar los datos relevantes de cada estación y descartar los irrelevantes.	Fichas 3 y 7 / lista de cotejo
3.2	Magnitudes y unidades correctas (N, kg, Pa, m/s^2, cm^2 a m^2), vectores con módulo, dirección y sentido, y lenguaje científico en el dossier.	Fichas 2, 3 y 6 y dossier / lista de cotejo

Rúbrica del producto final

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial
Comprensión científica	Explica con las leyes de Newton y Arquímedes cada estación, distingue masa y peso, acción y reacción, y reconoce los límites del modelo (rozamiento no constante, agua absorbida por la madera).	Explica correctamente lo esencial de las estaciones con alguna confusión menor entre fuerzas o conceptos.	Explica parcialmente; confunde peso y masa o dibuja fuerzas inexistentes con ayuda del docente.	Errores esenciales: cree que el movimiento exige fuerza neta o que acción y reacción se anulan.
Datos y resolución	Diagramas con flechas proporcionales, componentes, ecuaciones planteadas, cálculos con unidades y comprobación del orden de magnitud en todas las estaciones.	Planteamiento correcto con fallos menores de unidades, componentes o redondeo.	Procedimiento incompleto: falta el diagrama, las componentes o las unidades.	Sin estrategia válida o resultados sin planteamiento.
Investigación	Hipótesis previas, variables controladas, gráficas Fr-N y h-masa con pendiente, μ y densidad con su error relativo, y conclusión proporcionada a los datos.	Diseño adecuado y gráficas correctas con alguna conclusión poco matizada.	Datos o control de variables insuficientes; la gráfica no se interpreta.	No distingue dato, hipótesis y conclusión.
Seguridad y lenguaje	Cumple las normas con autonomía (masas, agua, derrames, muelle) y usa con precisión el vocabulario de fuerza, vector, presión y empuje.	Cumple las normas con fallos menores; lenguaje correcto.	Necesita recordatorios de seguridad; lenguaje impreciso.	Incumple normas o comunica de forma inadecuada.
Revisión y cooperación	Revisa el dossier de otro equipo con evidencias (errores de diagrama, unidades) y mejora el propio con sus aportaciones; cumple su rol.	Revisa y cumple su rol con propuestas útiles.	Participa de forma irregular; revisión superficial.	No revisa o dificulta el trabajo del equipo.

Materiales y seguridad

Materiales y recursos

- Por equipo: dinamómetro de 5 N (resolución 0,1 N), bloque de madera de unos 200 g con gancho, 3 masas de 200 g, tabla lisa o superficie de mesa, transportador y regla de 30 cm.
- Para la flotación: recipiente transparente de plástico (unos 2 L) con agua del grifo, prisma de pino de 6 cm × 6 cm × 4 cm (unos 70 g) marcado cada 0,5 cm, cuatro pesas de 20 g, balanza de cocina (1 g) y paños.
- Cronómetro o móvil para vídeo opcional; calculadora científica; fichas del Anexo 3 y plantilla del dossier (Anexo 4).

Seguridad y residuos

Actividad de riesgo bajo con objetos ligeros (masas de hasta 800 g en total) y recorridos de menos de 1 m. No dejar caer masas sobre los pies, no soltar bruscamente el muelle del dinamómetro y trabajar con el recipiente de plástico (nunca vidrio) sobre una bandeja. Secar al momento cualquier derrame porque el suelo mojado resbala. No se usan personas, bicicletas ni vehículos reales como móviles de ensayo. Al terminar, vaciar el agua por el desagüe, secar el prisma y guardar el material contado; no se generan residuos.

Atención a la diversidad (DUA), refuerzo y ampliación

Representación

Esquemas, modelos, ejemplos resueltos, tablas, gráficas y glosario de símbolos/unidades.

Acción y expresión

Informe, cálculo comentado, representación, exposición o producto visual manteniendo el criterio científico.

Apoyo

Anexo 8

Datos ya proporcionados, problemas de un paso, tablas parcialmente completadas y guías de procedimiento.

Ampliación

Anexo 9

Añadir una variable, comparar modelos, analizar un caso nuevo o justificar una limitación del modelo.

ANEXO 1

Ficha de lanzamiento del reto

SdA 9 · Fuerzas, gravedad y fluidos

ALUMNADO

El Museo de la Ciencia quiere estrenar la sala «Fuerzas en acción» y busca equipos de ingeniería. Hay cuatro estaciones: una caja que se arrastra por una rampa, una báscula que dice cuánto pesáis en Marte, una balsa de madera cargada de visitantes y una prensa hidráulica que levanta un coche con una sola mano. Pero antes de construir nada, el museo exige un dossier con diagramas de fuerzas a escala, cálculos con unidades y datos medidos. ¿Cuánta fuerza hace falta? ¿Cuánta carga aguanta la balsa? Es hora de pensar, dibujar, medir y calcular como ingenieros.

> *¿Cómo explicamos con fuerzas desde el movimiento de un objeto hasta la flotación y la presión en un fluido?*

Vuestro reto

Elaborar el dossier de ingeniería de las cuatro estaciones de la sala «Fuerzas en acción» (rampa, gravedad, balsa y prensa hidráulica), con diagramas de fuerzas a escala, cálculos con unidades, datos experimentales de rozamiento y flotación, y márgenes de seguridad justificados.

Lo que vais a producir

Dossier de ingeniería de fuerzas.

Seguridad. Actividad de riesgo bajo con objetos ligeros (masas de hasta 800 g en total) y recorridos de menos de 1 m.

Hoja de ruta · 7 sesiones

1. Conocemos el concurso del museo, hacemos el diagnóstico y predecimos qué pasará en cada estación.
2. Aprendemos las leyes de Newton, los vectores y las fuerzas del entorno.
3. Resolvemos con diagrama y ecuaciones la rampa, la cuerda, el ascensor, la gravedad y los fluidos.
4. Medimos el rozamiento con un dinamómetro y la flotación de un prisma de madera.
5. Dibujamos las gráficas, calculamos μ y la densidad del agua y dimensionamos la balsa.
6. Redactamos el dossier, buscamos errores en un diagrama y revisamos el de otro equipo.
7. Presentamos el dossier y resolvemos, cada uno, un caso nuevo: rover en Marte y boya flotante.

Al terminar seré capaz de...

- ✓ Dibujar a escala el diagrama de fuerzas de un cuerpo (peso, normal, rozamiento, tensión, empuje), descomponer fuerzas en ejes y calcular la resultante.
- ✓ Aplicar la segunda ley de Newton $\sum \vec{F} = m\,\vec{a}$ y el principio de acción y reacción para calcular aceleraciones y fuerzas en superficies horizontales, rampas y cuerdas.
- ✓ Calcular la fuerza gravitatoria y el peso con $F = G\,\frac{M\,m}{d^2}$ en la Tierra, la Luna y otros planetas, distinguiendo masa y peso.
- ✓ Resolver problemas de presión, presión hidrostática, principio de Pascal y empuje de Arquímedes, y predecir si un cuerpo flota o se hunde.
- ✓ Determinar experimentalmente un coeficiente de rozamiento y la densidad del agua mediante gráficas, estimando el error relativo y las limitaciones del método.

¿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 de fuentes y materiales base

SdA 9 · Fuerzas, gravedad y fluidos

ALUMNADO

Todo lo necesario para resolver las cuatro estaciones sin buscar datos fuera: el caso del museo, las leyes de Newton, esquemas de fuerzas a escala, la tabla de fuerzas del entorno, el plano inclinado resuelto, los datos de los planetas, los esquemas de fluidos, el protocolo de laboratorio, datos de un equipo de prueba con sus gráficas y un cuadro de símbolos.

F1 El concurso «Fuerzas en acción»

ESTUDIO DE CASO

El museo solicita a cada equipo un **dossier de ingeniería** con las cuatro estaciones de la sala:

- **Estación 1 · La rampa.** Una caja de 20 kg se arrastra con una cuerda por un suelo con rozamiento y, después, otra de 10 kg desliza sola por una rampa de 30°. ¿Con qué aceleración se mueven?
- **Estación 2 · Tu peso en otros mundos.** Una báscula debe mostrar el peso de cada visitante en la Luna, en Marte y en Júpiter. ¿Qué datos hacen falta?
- **Estación 3 · La balsa.** Una balsa de madera de 2,0 m × 1,5 m × 0,20 m flotará en el estanque. ¿Cuánta carga se puede subir sin que el agua llegue a la cubierta?
- **Estación 4 · La prensa hidráulica.** Un pistón pequeño de 20 cm^2 debe levantar un coche de 1200 kg sobre un pistón grande de 500 cm^2. ¿Qué fuerza hay que hacer?

Para comprobar vuestros modelos, el museo os pide también un **ensayo de laboratorio** a escala: el rozamiento de un bloque de madera y la flotación de un prisma de pino. Los resultados se contrastarán con las predicciones de las leyes de la física.

Fuente: Caso ficticio creado para el aula; las magnitudes de las estaciones son realistas.

¿Qué fuerzas crees que actúan sobre la caja de la estación 1 mientras la arrastran? ¿Cuál es la fuerza que la hace acelerar?

F2 Leyes de Newton, método de resolución y símbolos

TEXTO

1.ª ley (inercia). Si la fuerza neta sobre un cuerpo es nula, el cuerpo sigue en reposo o con movimiento rectilíneo uniforme: $\sum \vec{F} = \vec{0} \Rightarrow \vec{v}$ constante. **El movimiento no necesita una fuerza para mantenerse.**

2.ª ley (fundamental). La fuerza neta produce una aceleración con su misma dirección y sentido: $\sum \vec{F} = m\,\vec{a}$. Se mide en newton: $1\ \text{N} = 1\ \text{kg} \cdot \text{m/s}^2$.

3.ª ley (acción y reacción). Si A ejerce una fuerza sobre B, B ejerce sobre A otra de igual módulo y dirección y sentido contrario: $\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$. **Actúan sobre cuerpos distintos, por eso no se anulan entre sí.**

Método de 5 pasos:

1. Dibuja el cuerpo y todas las fuerzas que actúan **sobre él** (flechas proporcionales).
2. Elige los ejes (x en la dirección del movimiento) y descompón las fuerzas inclinadas.
3. Escribe $\sum F_x = m\,a$ y $\sum F_y = 0$ (si no se mueve en vertical).
4. Sustituye los datos con sus unidades y calcula.
5. Comprueba el signo, la unidad y el orden de magnitud.

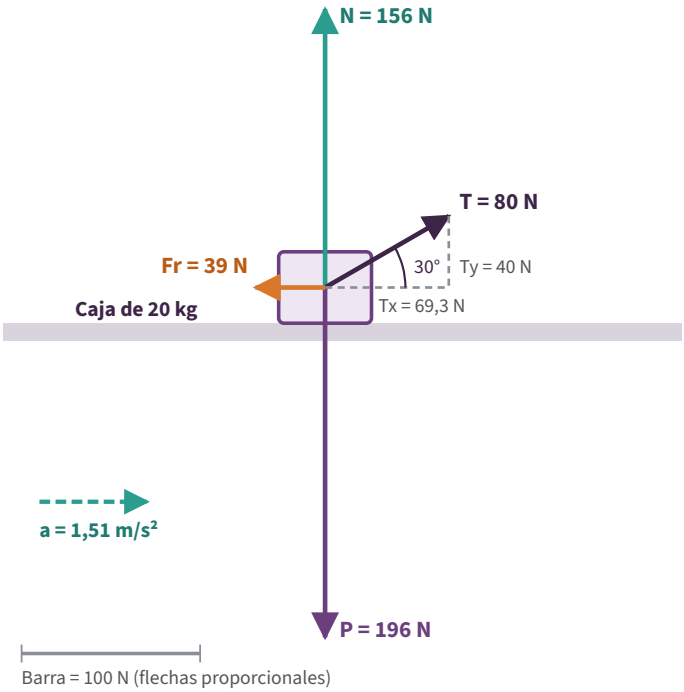
Símbolos y unidades: fuerza F (N); masa m (kg); aceleración a (m/s²); peso $P = m\,g$ con $g = 9{,}8\ \text{m/s}^2$ (N); coeficiente de rozamiento μ (sin unidad); presión p (Pa $= \text{N/m}^2$); densidad ρ (kg/m³); volumen V (m³); área A (m²). Equivalencias: $1\ \text{cm}^2 = 10^{-4}\ \text{m}^2$; $1\ \text{g/cm}^3 = 1000\ \text{kg/m}^3$; $1\ \text{atm} = 101\,325\ \text{Pa}$.

Fuente: Resumen de elaboración propia a partir de los Principia de Newton (1687) y de textos de dinámica de 4.º ESO.

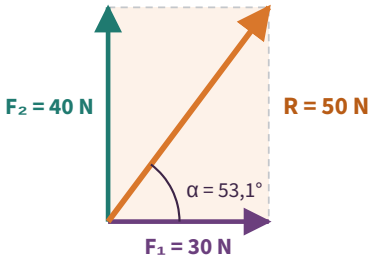
Una bola de billar choca con otra: ¿qué fuerzas forman el par de acción y reacción y sobre qué cuerpo actúa cada una?

F3 Diagrama de fuerzas a escala y suma de vectores

ESQUEMA



Suma de dos fuerzas perpendiculares



$R^2 = F_1^2 + F_2^2$; $\tan \alpha = F_2 / F_1$

Ejemplo resuelto (caja de 20 kg, cuerda a 30°, T = 80 N, μ = 0,25).

1. Componentes de la tensión: $T_x = 80 \cos 30^\circ = 69{,}3$ N; $T_y = 80 \sin 30^\circ = 40{,}0$ N.
2. Eje y (no se mueve en vertical): $N + T_y - P = 0 \Rightarrow N = 196 - 40 = 156$ N, con $P = 20 \cdot 9{,}8 = 196$ N.
3. Rozamiento: $F_r = \mu\, N = 0{,}25 \cdot 156 = 39$ N.
4. Eje x: $T_x - F_r = m\, a \Rightarrow a = \dfrac{69{,}3 - 39}{20} = 1{,}51\ \mathrm{m/s^2}$.
5. Comprobación: tirar inclinado hacia arriba **reduce** la normal y el rozamiento; con la cuerda horizontal ($N = 196$ N; $F_r = 49$ N) se obtendría $a = 1{,}55\ \mathrm{m/s^2}$ con una fuerza de 80 N, casi igual.

Fuente: Esquema de elaboración propia; flechas proporcionales al módulo de cada fuerza (g = 9,8 m/s²).

En el panel derecho, ¿por qué el módulo de la resultante no es 30 + 40 = 70 N?

F4 Principales fuerzas del entorno

DATOS

Fuerza	Expresión	Dirección y sentido	Ejemplo
Peso $\vec{P}$	$P = m\, g$	Vertical, hacia el centro de la Tierra	Una masa de 2 kg pesa 19,6 N
Normal $\vec{N}$	Resulta de $\sum F_y = 0$ (no siempre es igual a P)	Perpendicular a la superficie de apoyo, hacia fuera	Libro sobre la mesa; caja en la rampa: $N = P \cos\theta$
Rozamiento $\vec{F}_r$	$F_r = \mu\, N$ (dinámico); $F_{r,\max} = \mu_e\, N$ (estático)	Paralela a la superficie y contraria al movimiento (o a la tendencia a moverse)	Frenado de una caja arrastrada
Tensión $\vec{T}$	Fuerza que transmite una cuerda tensa; se obtiene de $\sum F = m\, a$	A lo largo de la cuerda, tirando del cuerpo	Cable del ascensor: $T = m\,(g + a)$
Empuje $\vec{E}$	$E = \rho_{\text{líq}}\, g\, V_{\text{sum}}$	Vertical, hacia arriba	Madera flotando: $E = P$
Gravitatoria	$F = G\,\dfrac{M\, m}{d^2}$	Atractiva, a lo largo de la recta que une los centros	Tierra y Luna

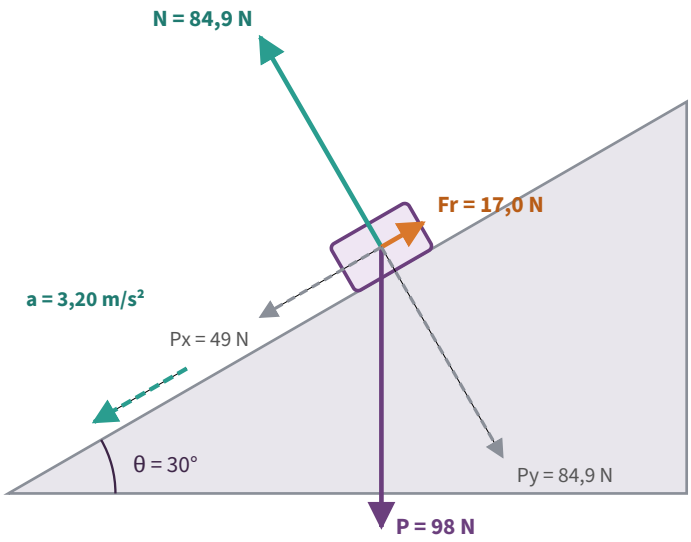
Coeficientes de rozamiento aproximados (dinámico): madera sobre madera, 0,2-0,4; goma sobre asfalto seco, 0,7-0,9; acero sobre hielo, 0,02-0,05. El rozamiento **no depende apreciablemente del área de contacto**, pero sí de los materiales y de la normal. El coeficiente estático es algo mayor que el dinámico ($\mu_e > \mu$).

Fuente: Elaboración propia. Los coeficientes de rozamiento son valores orientativos de tablas de uso escolar; varían mucho con el estado de las superficies.

Dibuja mentalmente un libro apoyado en la mesa: ¿qué par de fuerzas se anulan y cuál es el par de acción y reacción de la normal?

F5 El plano inclinado: componentes del peso

ESQUEMA



Bloque de 10 kg

Ejes: x a lo largo de la rampa (hacia abajo), y perpendicular a la rampa.

Px = P · sen θ = 98 · 0,5 = 49 N

Py = P · cos θ = 98 · 0,866 = 84,9 N

N = Py = 84,9 N

Fr = μ · N = 0,2 · 84,9 = 17,0 N

ΣFx = Px − Fr = 32,0 N

a = ΣFx / m = 3,20 m/s²

Ejemplo resuelto (la estación 1: bloque de 10 kg que desliza hacia abajo, μ = 0,20). El peso se descompone en una componente **paralela** a la rampa ($P_x = P\sin\theta$) y otra **perpendicular** ($P_y = P\cos\theta$); la normal compensa la segunda. En general $a = g\,(\sin\theta - \mu\cos\theta)$, así que **la masa no influye**: $a = 9{,}8\,(0{,}500 - 0{,}2\cdot 0{,}866) = 3{,}20\ \mathrm{m/s^2}$.

Ángulo crítico: la caja empieza a deslizar cuando $\tan\theta = \mu_e$. Por ejemplo, con $\mu_e = 0{,}40$ se tiene $\theta = \arctan 0{,}40 = 21{,}8^\circ$.

Fuente: Esquema de elaboración propia con flechas proporcionales (1,2 px por newton). Ejemplo con m = 10 kg, θ = 30° y μ = 0,20.

Si el ángulo de la rampa aumenta, ¿qué ocurre con Px, con N y con la aceleración?

F6 Gravitación universal: datos del Sistema Solar

DATOS

Cuerpo	Masa M (kg)	Radio medio R (m)	$g = GM/R^2$ (m/s²)	Peso de 60 kg (N)
Mercurio	$3{,}30\cdot 10^{23}$	$2{,}44\cdot 10^{6}$	3,70	222
Venus	$4{,}87\cdot 10^{24}$	$6{,}05\cdot 10^{6}$	8,88	533
Tierra	$5{,}97\cdot 10^{24}$	$6{,}37\cdot 10^{6}$	9,82	589
Luna	$7{,}35\cdot 10^{22}$	$1{,}74\cdot 10^{6}$	1,62	97
Marte	$6{,}42\cdot 10^{23}$	$3{,}39\cdot 10^{6}$	3,73	224
Júpiter	$1{,}90\cdot 10^{27}$	$6{,}99\cdot 10^{7}$	25,95	1557

Ley de la gravitación universal: $F = G\,\dfrac{M\,m}{d^2}$ con $G = 6{,}674 \cdot 10^{-11}\ \mathrm{N \cdot m^2/kg^2}$. En la superficie de un astro, $P = m\,g$ con $g = G\,M/R^2$. La **masa** de un cuerpo no cambia de un astro a otro; su **peso** sí. En el aula usamos $g = 9{,}8\ \mathrm{m/s^2}$ en la Tierra.

Ejemplo resuelto (Tierra-Luna). Con $M_T = 5{,}97 \cdot 10^{24}$ kg, $M_L = 7{,}35 \cdot 10^{22}$ kg y $d = 3{,}84 \cdot 10^{8}$ m: $F = 6{,}674 \cdot 10^{-11} \cdot \dfrac{5{,}97 \cdot 10^{24} \cdot 7{,}35 \cdot 10^{22}}{(3{,}84 \cdot 10^{8})^2} = 1{,}99 \cdot 10^{20}$ N. La Luna atrae a la Tierra con **la misma** fuerza (3.ª ley).

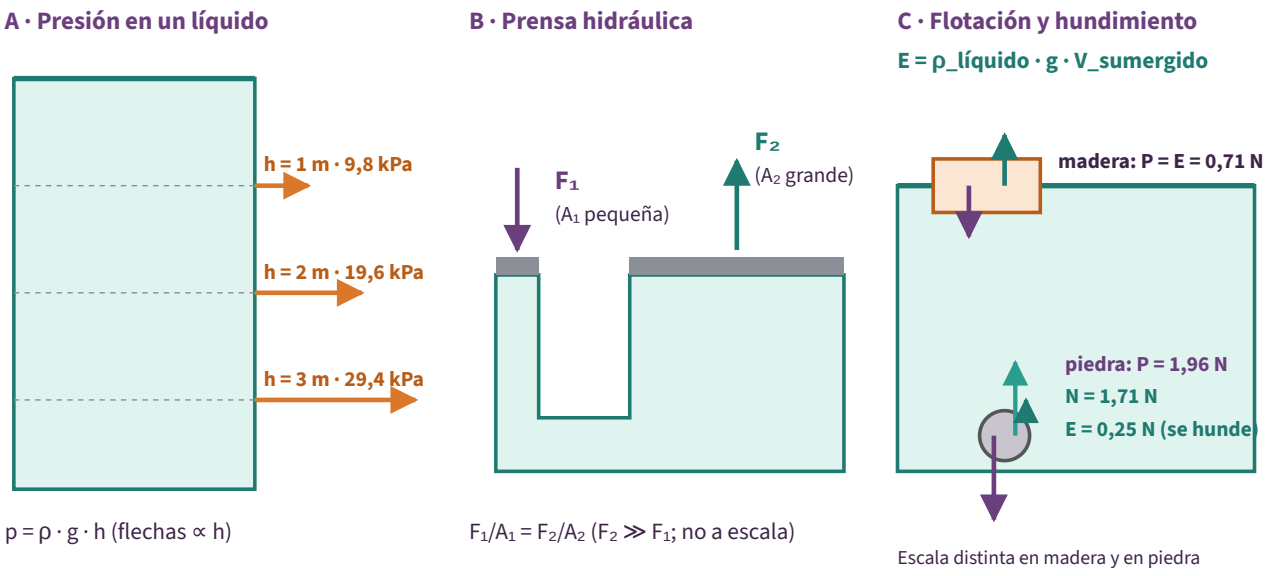
Estación espacial (≈ 420 km de altura): $g = G\,M_T/(R_T + h)^2 = 8{,}64\ \mathrm{m/s^2}$, un 88 % del valor en la superficie. Los astronautas flotan porque están **en caída libre** alrededor de la Tierra, no porque no haya gravedad.

Fuente: Masas y radios medios redondeados de las fichas planetarias de la NASA (NSSDC); g calculada con G = 6,674·10⁻¹¹ N·m²/kg². Los valores publicados de g superficial difieren ligeramente (rotación y achatamiento), p. ej. 24,8 m/s² para Júpiter.

Una persona de 60 kg y otra de 70 kg a 1 m de distancia se atraen con unos 2,8·10⁻⁷ N. ¿Por qué no lo notamos?

F7 Fluidos: presión, prensa hidráulica y empuje

ESQUEMA



Presión: $p = F/A$ en pascales ($1\ \mathrm{Pa} = 1\ \mathrm{N/m^2}$). **Hidrostática:** $p = \rho\,g\,h$ (manométrica); la absoluta suma la atmosférica, $p_0 = 101\,325\ \mathrm{Pa}$. Ejemplo: a 10 m de profundidad en agua dulce, $p = 101\,325 + 1000 \cdot 9{,}8 \cdot 10 = 199\,325\ \mathrm{Pa} \approx 2\ \mathrm{atm}$.

Pascal: la presión aplicada a un fluido encerrado se transmite íntegra: $\dfrac{F_1}{A_1} = \dfrac{F_2}{A_2}$. **Ejemplo resuelto (estación 4):** coche de 1200 kg $\Rightarrow F_2 = 1200 \cdot 9{,}8 = 11\,760$ N; $F_1 = F_2\,\dfrac{A_1}{A_2} = 11\,760 \cdot \dfrac{20}{500} = 470$ N (la fuerza ahorrada se paga en recorrido: el pistón pequeño se mueve 25 veces más).

Arquímedes: $E = \rho_{líq}\,g\,V_{sum}$. Un cuerpo flota si $E = P$ con $V_{sum} \le V$; de lo contrario se hunde. **Ejemplo resuelto (estación 3, balsa de 2,0 × 1,5 × 0,20 m y 600 kg/m³):** $V = 0{,}60\ \mathrm{m^3}$; masa = 360 kg; $P = 3528$ N; empuje máximo (balsa sumergida) $= 1000 \cdot 9{,}8 \cdot 0{,}60 = 5880$ N; carga máxima $= (5880 - 3528)/9{,}8 = 240$ kg.

Fuente: Esquema de elaboración propia. En A las flechas son proporcionales a la presión manométrica; en C, a las fuerzas, con distinta escala para la madera y la piedra.

¿Por qué el empuje sobre la piedra del esquema es mucho menor que su peso, y qué fuerza completa el equilibrio?

F8 Protocolo de laboratorio: rozamiento y flotación

PROTOCOLO

Material y cantidades (por equipo): dinamómetro de 5 N; bloque de madera de unos 0,20 kg con gancho; 3 masas de 0,20 kg; superficie de mesa limpia y seca; recipiente transparente de plástico de unos 2 L con 1,5 L de agua; prisma de pino de 6 cm × 6 cm × 4 cm marcado cada 0,5 cm; 3 pesas de 20 g (o 4 si hay); balanza de cocina; regla; paños.

Equipo de protección y riesgos: no hacen falta gafas ni guantes. Riesgos: caída de masas sobre los pies, golpe del muelle del dinamómetro al soltarlo y suelo mojado por derrames. Precauciones: trabajar sentados o con las masas sobre la mesa, soltar el dinamómetro despacio, colocar el recipiente sobre una bandeja y secar al momento.

Variables: rozamiento: independiente = masa total del bloque (normal); dependiente = fuerza de rozamiento; controladas = superficie, velocidad y orientación del bloque. Flotación: independiente = masa añadida sobre el prisma; dependiente = profundidad sumergida h; controladas = agua del grifo a temperatura ambiente y pesas centradas.

Procedimiento:

1. Calibrad: colgad una masa de 0,200 kg del dinamómetro y anotad la lectura (debe ser ≈ 2,0 N).
2. Pesad el bloque (0,200 kg). Enganchadlo al dinamómetro y tirad **despacio y a velocidad constante** en horizontal. Anotad la lectura media durante el movimiento (rozamiento dinámico).
3. Anotad también la lectura máxima justo antes de que el bloque empiece a moverse (rozamiento estático máximo).
4. Repetid con 0,20 kg, 0,40 kg y 0,60 kg de masas añadidas (masa total 0,40, 0,60 y 0,80 kg). Tres intentos por masa.
5. Medid con la balanza el prisma de pino y anotad su masa. Comprobad que sus caras tienen 6,0 cm × 6,0 cm.
6. Colocad el prisma plano en el agua, sin que toque las paredes. Leed la profundidad sumergida h en las marcas.
7. Añadid pesas de 20 g centradas encima (20, 40 y 60 g) y leed h cada vez. Si el prisma se inclina, retirad una pesa.

Limpieza y residuos: vaciad el agua por el desagüe, secad el prisma, el recipiente y la mesa, y guardad las masas contadas. No se generan residuos.

Resultado esperable: el coeficiente de rozamiento dinámico de la madera sobre la mesa estará entre 0,2 y 0,4 y el estático será un 20-40 % mayor. La profundidad inicial del prisma será ≈ 2 cm y aumentará ≈ 0,5-0,6 cm por cada 20 g añadidos. Si os sale otro orden de magnitud, revisad unidades (g/kg, cm/m).

Fuente: Protocolo de elaboración propia para material escolar de bajo riesgo. Las normas del centro prevalecen sobre este documento.

¿Por qué debes tirar del bloque a velocidad constante y no acelerándolo? Piensa en qué dice la 2.ª ley de ΣF.

F9 Datos de un equipo de prueba (rozamiento)

DATOS

Masa total m (kg)	Normal N = m·g (N)	Rozamiento dinámico Fr (N)	Rozamiento estático máx. (N)	μ dinámico = Fr/N
0,20	1,96	0,6	0,8	0,31
0,40	3,92	1,2	1,6	0,31
0,60	5,88	1,8	2,3	0,31
0,80	7,84	2,3	3,1	?

Flotación del prisma de pino (m = 72 g; base de 6,0 cm × 6,0 cm = 36 cm²; altura de 4,0 cm), profundidad sumergida h medida con la regla:

- sin pesas: 2,0 cm; con 20 g: 2,5 cm; con 40 g: 3,1 cm; con 60 g: 3,6 cm.

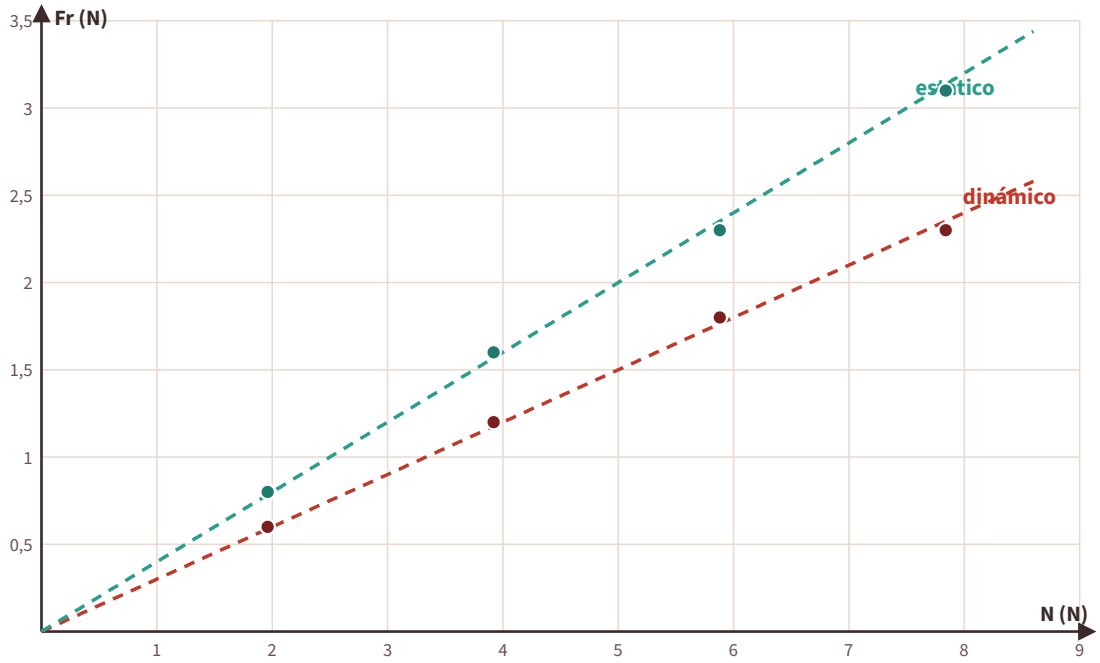
Modelo: el prisma flota con $E = P$, es decir $\rho_{\text{agua}}\, A\, h = m + m_{\text{extra}}$, por lo que $h = \dfrac{m + m_{\text{extra}}}{\rho_{\text{agua}}\, A}$.

Fuente: Datos ilustrativos, obtenidos con un dinamómetro escolar de 5 N (resolución 0,1 N), medias de tres intentos, bloque de madera sobre una mesa de laminado.

En la última fila falta el cálculo de μ dinámico (2,3 / 7,84). ¿Coincide con el resto de la columna?

F10 Gráfica del rozamiento (datos de F9)

GRÁFICO



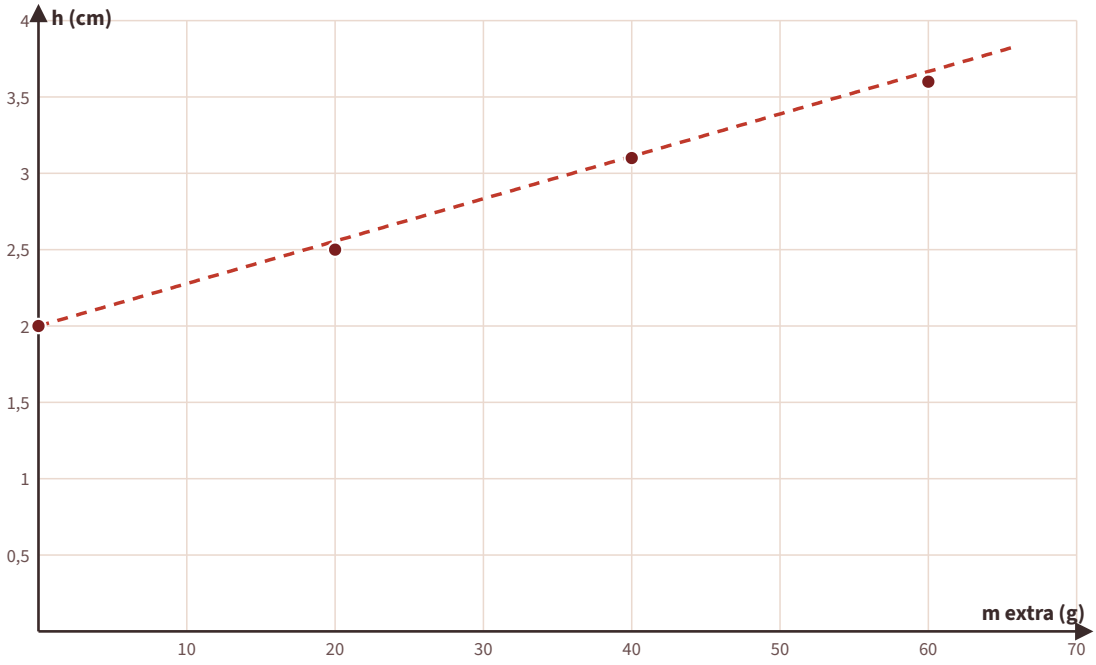
La pendiente de la recta Fr-N es el coeficiente de rozamiento: $\mu \approx 0{,}30$ (dinámico) y $\approx 0{,}40$ (estático). La ordenada en el origen es cero: sin normal no hay rozamiento.

Fuente: Gráfica de elaboración propia con los datos de F9. Los puntos son medidas (rojo: dinámico; verde: estático máximo); las rectas discontinuas, el mejor ajuste que pasa por el origen.

¿Por qué la recta del rozamiento estático está por encima de la del dinámico?

F11 Gráfica de la flotación del prisma (datos de F9)

GRÁFICO



La pendiente de la gráfica h-masa vale $1/(\rho_{\text{agua}}\,A) \approx 0{,}027\ \text{cm/g}$ y la ordenada en el origen (≈ 2,0 cm) es la profundidad con solo el prisma ($72/36 = 2{,}0$ cm).

Fuente: Gráfica de elaboración propia con los datos de F9. Los puntos son medidas; la recta discontinua, el modelo de Arquímedes $h = 2 + m_{extra}/36$.

¿Hasta qué masa extra puede cargarse el prisma antes de que h llegue a 4,0 cm?

ANEXO 3

Fichas de actividades del alumnado

SdA 9 · Fuerzas, gravedad y fluidos

ALUMNADO

FICHA 1 El concurso del museo y nuestras ideas previas

Sesión 1

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Lee F1 y responde primero el diagnóstico de forma individual; después, discute las predicciones con tu equipo.

1 **Diagnóstico inicial. Marca la respuesta que creas correcta.**

Un hockey sobre hielo desliza con velocidad constante en línea recta (sin rozamiento). La fuerza neta sobre él es…

☐ cero ☐ hacia delante, en el sentido del movimiento ☐ proporcional a su velocidad

La masa de un astronauta en la Luna, comparada con la de la Tierra, es…

☐ la misma ☐ seis veces menor ☐ seis veces mayor

Cuando empujas una pared, la pared…

☐ te empuja con la misma fuerza en sentido contrario ☐ no hace fuerza porque no se mueve

☐ te empuja con menos fuerza

Un barco de acero flota porque…

☐ el empuje iguala a su peso ☐ el acero pesa menos que el agua ☐ el agua no puede entrar en el casco

La presión se mide en…

☐ pascales ☐ newtons ☐ kilogramos

2 **Antes de medir, predice qué ocurrirá en cada ensayo de F8 y justifica tu respuesta.**

Si cambio…	Mi predicción (aumenta, disminuye o no cambia)	Por qué lo creo
la masa total del bloque: la fuerza para arrastrarlo a velocidad constante…		
la superficie de contacto del bloque (apoyado de lado): el rozamiento…		
añado 40 g sobre el prisma flotante: la parte sumergida…		

3 **Dibuja a mano alzada las fuerzas que actúan sobre la caja de la estación 1 mientras un visitante la arrastra con una cuerda horizontal. Rotula cada fuerza.**

FICHA 2 Vectores, leyes de Newton y fuerzas del entorno

Sesión 2

Trabaja con F2, F3 y F4. Las flechas deben ser proporcionales y llevar siempre módulo y unidad.

1 **Relaciona cada situación con la ley de Newton que la explica mejor.**

1 Al frenar bruscamente el autobús, los pasajeros se inclinan hacia delante	● a 1.ª ley: los cuerpos tienden a conservar su velocidad
2 Con la misma fuerza, un carrito vacío acelera más que uno cargado	● b 2.ª ley: $\Sigma F = m \cdot a$
3 Al disparar un tirachinas, la goma se estira y empuja la piedra mientras la mano nota un tirón	● c 3.ª ley: acción y reacción
4 Una nave lejos de cualquier astro sigue con la misma velocidad con los motores apagados	● d 1.ª ley: sin fuerza neta, la velocidad es constante

2 **Dos personas tiran de un baúl con cuerdas perpendiculares: 60 N hacia el este y 80 N hacia el norte. Dibuja los vectores a escala, calcula el módulo de la resultante y el ángulo que forma con la fuerza de 60 N. Después descompón una fuerza de 50 N que forma 40° con la horizontal.**

3 **Completa la tabla indicando las fuerzas que actúan sobre cada cuerpo (usa los símbolos de F4) y si la fuerza neta es cero.**

Situación	Fuerzas sobre el cuerpo	¿$\Sigma F = 0$?
Libro en reposo sobre la mesa		
Pesa colgada en reposo de un dinamómetro		
Corcho flotando en el agua		
Caja arrastrada por una cuerda con aceleración		

4 **Verdadero o falso. Corrige mentalmente las falsas.**

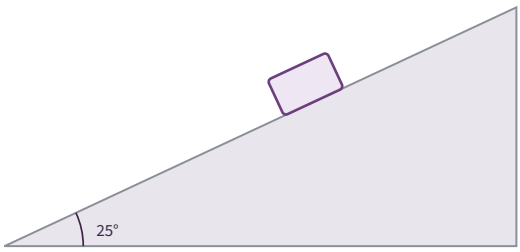
	V	F
Un cuerpo con movimiento rectilíneo uniforme necesita una fuerza neta en el sentido del movimiento.	☐	☐
El peso de una persona es distinto en la Luna que en la Tierra, pero su masa es la misma.	☐	☐
La normal siempre es igual al peso.	☐	☐
Las fuerzas de acción y reacción se anulan porque son iguales y contrarias.	☐	☐
El empuje depende del volumen sumergido y de la densidad del líquido, no de la masa del cuerpo.	☐	☐
El rozamiento dinámico aumenta mucho si apoyas el bloque por su cara más pequeña.	☐	☐

FICHA 3 Aplicamos Newton, la gravitación y los fluidos

Sesión 3

Usa el método de 5 pasos de F2, los ejemplos de F3, F5, F6 y F7 y g = 9,8 m/s². Dibuja siempre el diagrama antes de calcular.

1 **Estación 1. a) Una caja de 12 kg se arrastra con una cuerda horizontal con T = 60 N sobre un suelo con μ = 0,30. Calcula N, Fr y la aceleración. b) Esa misma caja desliza sola por una rampa de 25° con μ = 0,30. Dibuja las fuerzas y calcula la aceleración.**



Caja de 12 kg, μ = 0,30.
La caja desliza hacia abajo.
Dibuja P, N y Fr con flechas proporcionales y sus componentes.

2 El cable de un ascensor de 500 kg (con pasajeros) soporta como máximo 7500 N. Calcula la tensión cuando sube con $a = 1{,}2\ m/s^2$, cuando sube a velocidad constante y cuando baja con $a = 1{,}2\ m/s^2$ (acelerando hacia abajo). ¿Cuál es la aceleración máxima de subida permitida?

3 Estación 2. Con F6: a) calcula el peso de un visitante de 65 kg en la Tierra, en la Luna y en Marte; b) calcula g en la superficie de Venus con M y R de la tabla y compara con el valor de la tabla; c) ¿con qué fuerza atrae la Luna a la Tierra?

4 Estación 4 y presión. a) Una persona de 60 kg apoyada sobre dos pies de 200 cm^2 cada uno y sobre un solo tacón de 1 cm^2: calcula la presión en cada caso. b) Un buceador a 20 m en agua dulce: presión absoluta en Pa y en atm. c) Prensa con $A_1 = 10\ cm^2$ y $A_2 = 400\ cm^2$: fuerza F_1 para levantar 800 kg.

FICHA 4 En el laboratorio: rozamiento y flotación

Sesión 4

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Seguid el protocolo F8. El responsable de seguridad revisa la lista antes de empezar y firma al terminar.

1 **Lista de seguridad (marcad antes de empezar).**

- ☐ Las masas están sobre la mesa y lejos del borde
- ☐ El recipiente de plástico está sobre una bandeja y hay paños
- ☐ Sabemos soltar el dinamómetro despacio
- ☐ No hay mochilas ni sillas en el espacio de trabajo
- ☐ Cada persona conoce su rol (medidor, lector del dinamómetro, secretario, seguridad)

2 **Calibración y rozamiento. Lectura del dinamómetro con 0,200 kg colgados: _____ N (esperable ≈ 2,0 N). Anotad vuestros datos.**

Masa total m (kg)	N = m·g (N)	Fr dinámico (N), media de 3	Fr estático máx. (N)	μ dinámico	μ estático
0,20					
0,40					
0,60					
0,80					

3 **Flotación del prisma. Masa del prisma: _____ g; base: _____ cm × _____ cm.**

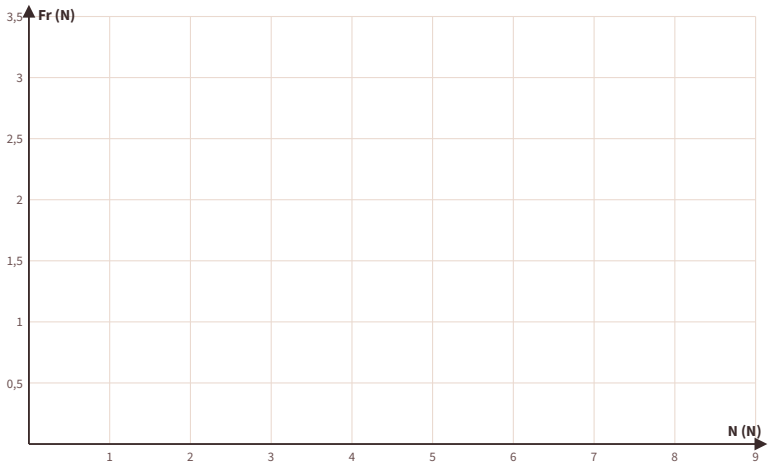
Masa extra (g)	Masa total (g)	Profundidad h medida (cm)	h teórica (cm)
0			
20			
40			
60			

FICHA 5 Gráficas, pendientes y dimensionado de la balsa

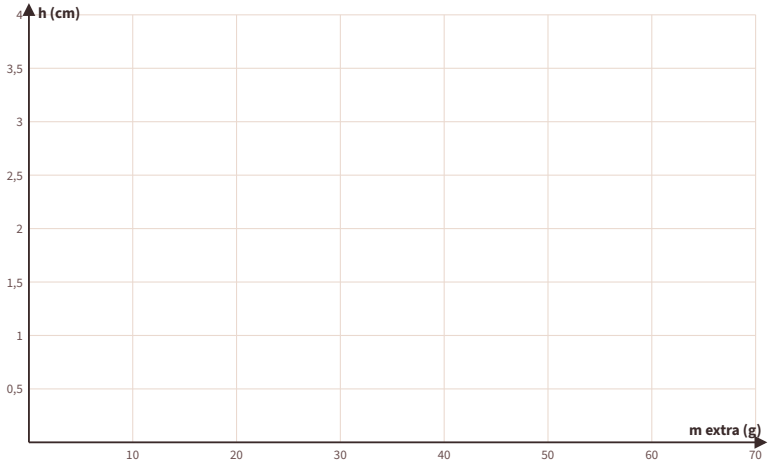
Sesión 5

Trabaja con tus datos de la ficha 4 (o con los de F9, F10 y F11 si faltan) y compara con tus predicciones de la ficha 1.

1 **Representa Fr (dinámico y estático) frente a N. Traza la recta que mejor se ajusta pasando por el origen y calcula su pendiente. ¿Qué representa? Compara con la tabla de F4.**



2 **Representa h frente a la masa extra, calcula la pendiente y obtén la densidad del agua con $\rho = 1/(\text{pendiente} \cdot A)$. Calcula el error relativo respecto a 1,00 g/cm³.**



3 **Predicción y escala. a) ¿Cuántos gramos máximos puede cargar el prisma antes de hundirse (volumen 144 cm^3)? b) La balsa de la estación 3 (3,0 m^2 de base, 360 kg) debe mantener al menos 5 cm de cubierta fuera del agua (altura 0,20 m). ¿Qué carga máxima recomiendas?**

4 **Análisis de errores. Completa la tabla con tres fuentes de error de los ensayos.**

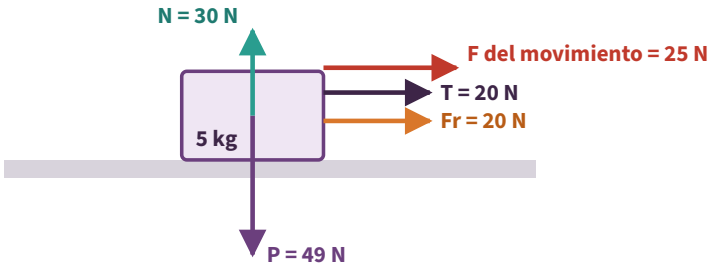
Fuente de error	Cómo afecta al resultado	Cómo se reduce

FICHA 6 Revisión del dossier y caza de errores

Sesión 6

Redactad el borrador en la plantilla del Anexo 4 e intercambiadlo con otro equipo.

1 **Un alumno ha dibujado el diagrama de fuerzas del bloque arrastrado a velocidad constante (esquema). Encuentra al menos tres errores y escribe el diagrama correcto con valores.**



Bloque de 5 kg arrastrado por una cuerda horizontal sobre la mesa a velocidad constante (v = 2 m/s a la derecha). Conclusión del alumno: «ΣF = 20 + 25 + 20 = 65 N, acelera».

2 **Revisión cruzada. Marcad lo que cumple el dossier del otro equipo.**

- ☐ Cada estación tiene un diagrama de fuerzas con flechas proporcionales
- ☐ Las fuerzas se rotulan con símbolo, módulo y unidad
- ☐ Se descomponen las fuerzas inclinadas y se escribe ΣF = m·a
- ☐ Los resultados llevan unidad y orden de magnitud razonable
- ☐ Las gráficas tienen ejes con magnitud y unidad y pendiente calculada
- ☐ Se indica el error relativo y los límites del experimento
- ☐ Se justifica la carga máxima de la balsa con un margen de seguridad

3 **Escribid dos propuestas de mejora concretas para el dossier del otro equipo y una para el vuestro.**

FICHA 7

Evidencia individual: rover en Marte y boya flotante

Sesión 7

Trabajo individual. Datos: g en Marte = 3,73 m/s² (F6); g en la Tierra = 9,8 m/s²; ρ del agua = 1000 kg/m³.

1 **Un rover de 150 kg sube a velocidad constante por una pendiente de 15° en Marte con μ = 0,10. a) Dibuja el diagrama de fuerzas. b) Calcula su peso en Marte y en la Tierra. c) Calcula la fuerza motriz necesaria. d) Calcula la presión sobre el suelo si apoya en 6 ruedas con 120 cm² cada una (sobre terreno llano).**

2 **Una boya esférica de 12 kg y 25 cm de radio ($V = \frac{4}{3}\pi R^3$) flota en un lago. a) ¿Qué empuje máximo puede recibir? b) ¿Flota? c) ¿Qué carga extra máxima soporta sin hundirse?**

3 **Explica en cuatro líneas por qué las fuerzas de acción y reacción no se anulan, usando el rover y el suelo marciano como ejemplo.**

ANEXO 4

Plantilla del producto final

SdA 9 · Fuerzas, gravedad y fluidos

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Dossier de ingeniería de fuerzas del equipo. Diagramas con flechas proporcionales; todos los resultados con su unidad.

Equipo y estación elegida

Nombres, roles y estación (rampa, gravedad, balsa o prensa).

Datos y esquema de la situación

Magnitudes conocidas con unidades.

Diagrama de fuerzas a escala

Fuerzas con símbolo, módulo y unidad; ejes.

Ecuaciones y cálculos

ΣF = m·a, componentes, sustitución con unidades.

Resultado y comprobación

Valor con unidad, orden de magnitud y margen de seguridad.

Datos experimentales

Tabla Fr-N o h-masa y μ o ρ obtenidos.

Gráfica con pendiente

Ejes rotulados, puntos y recta de ajuste.

Conclusión y límites

¿Qué hemos comprobado y qué errores quedan?

ANEXO 5

Lista de cotejo para el proceso y la entrega

SdA 9 · Fuerzas, gravedad y fluidos

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Antes de entregar **Dossier de ingeniería de fuerzas**, comprueba cada punto y marca la casilla. Si alguno falla, todavía estás a tiempo de mejorarlo.

Contenido del producto

- [ ] Cada estación incluye un diagrama de fuerzas con flechas proporcionales y todas las fuerzas rotuladas con símbolo, módulo y unidad.
- [ ] Las fuerzas inclinadas se descomponen y se escribe la ecuación $\Sigma F = m \cdot a$ en cada eje.
- [ ] No aparecen fuerzas inexistentes («fuerza del movimiento», «fuerza de la velocidad») y se respetan las parejas de acción y reacción.
- [ ] Se distingue masa (kg) y peso (N) y se usa el g adecuado de cada astro.
- [ ] Presión, prensa y empuje se calculan con unidades coherentes (cm^2 a m^2, g/cm^3 a kg/m^3).
- [ ] La gráfica Fr-N y la gráfica h-masa tienen ejes con magnitud y unidad, pendiente calculada y error relativo.
- [ ] La carga recomendada de la balsa incluye un margen de seguridad justificado.
- [ ] Se señalan límites del experimento (lectura del dinamómetro, absorción de agua de la madera, velocidad no del todo constante).
- [ ] Se cumplieron las normas de seguridad y se recogió y secó el material; no hay residuos.

Calidad y rigor

- [ ] He usado el vocabulario científico y los símbolos correctos (magnitudes, unidades del SI, fórmulas).
- [ ] He apoyado mis conclusiones con datos, medidas, cálculos o modelos, y he indicado sus límites.
- [ ] He escrito cada resultado con su unidad y he comprobado si su orden de magnitud es razonable.
- [ ] He citado o identificado todas las fuentes de datos utilizadas.
- [ ] He revisado la ortografía, la presentación y el orden del producto, e incorporado las mejoras de la coevaluación.

Lo que más me ha costado

Firma del equipo / fecha de entrega

ANEXO 6

Rúbrica imprimible

SdA 9 · Fuerzas, gravedad y fluidos

ALUMNADO · DOCENTE

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Rúbrica para valorar **Dossier de ingeniería de fuerzas**. Marca el nivel alcanzado en cada indicador.

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial	Nivel
Comprensión científica	Explica con las leyes de Newton y Arquímedes cada estación, distingue masa y peso, acción y reacción, y reconoce los límites del modelo (rozamiento no constante, agua absorbida por la madera).	Explica correctamente lo esencial de las estaciones con alguna confusión menor entre fuerzas o conceptos.	Explica parcialmente; confunde peso y masa o dibuja fuerzas inexistentes con ayuda del docente.	Errores esenciales: cree que el movimiento exige fuerza neta o que acción y reacción se anulan.	
Datos y resolución	Diagramas con flechas proporcionales, componentes, ecuaciones planteadas, cálculos con unidades y comprobación del orden de magnitud en todas las estaciones.	Planteamiento correcto con fallos menores de unidades, componentes o redondeo.	Procedimiento incompleto: falta el diagrama, las componentes o las unidades.	Sin estrategia válida o resultados sin planteamiento.	
Investigación	Hipótesis previas, variables controladas, gráficas Fr-N y h-masa con pendiente, μ y densidad con su error relativo, y conclusión proporcionada a los datos.	Diseño adecuado y gráficas correctas con alguna conclusión poco matizada.	Datos o control de variables insuficientes; la gráfica no se interpreta.	No distingue dato, hipótesis y conclusión.	
Seguridad y lenguaje	Cumple las normas con autonomía (masas, agua, derrames, muelle) y usa con precisión el vocabulario de fuerza, vector, presión y empuje.	Cumple las normas con fallos menores; lenguaje correcto.	Necesita recordatorios de seguridad; lenguaje impreciso.	Incumple normas o comunica de forma inadecuada.	
Revisión y cooperación	Revisa el dossier de otro equipo con evidencias (errores de diagrama, unidades) y mejora el propio con sus aportaciones; cumple su rol.	Revisa y cumple su rol con propuestas útiles.	Participa de forma irregular; revisión superficial.	No revisa o dificulta el trabajo del equipo.	

Observaciones del docente

Valoración global

ANEXO 7

Autoevaluación y coevaluación

SdA 9 · Fuerzas, gravedad y fluidos

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Parte 1 · Autoevaluación

Afirmación	Aún no	Con ayuda	Bien	Muy bien
Sé dibujar un diagrama de fuerzas con flechas proporcionales y escribir ΣF = m·a para calcular una aceleración.	◯	◯	◯	◯
Sé calcular presión, empuje y fuerza en una prensa hidráulica, y decidir si un cuerpo flota.	◯	◯	◯	◯
He cumplido mi rol y mis tareas dentro del equipo.	◯	◯	◯	◯
He escuchado y tenido en cuenta las ideas de los demás.	◯	◯	◯	◯
He usado fuentes y evidencias para justificar mis ideas.	◯	◯	◯	◯
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

Material de apoyo y refuerzo

SdA 9 · Fuerzas, gravedad y fluidos

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Apoyo con un ejemplo resuelto paso a paso, un cuadro de fórmulas y problemas de un solo paso.

Ejemplo resuelto: caja arrastrada por una cuerda horizontal

Datos: $m = 10\ \text{kg}$, $T = 50\ \text{N}$, $\mu = 0{,}20$, $g = 9{,}8\ \text{m/s}^2$.

1. Peso: $P = m\,g = 10 \cdot 9{,}8 = 98\ \text{N}$.
2. Normal (sin movimiento vertical): $N = P = 98\ \text{N}$.
3. Rozamiento: $F_r = \mu\,N = 0{,}20 \cdot 98 = 19{,}6\ \text{N}$.
4. Fuerza neta: $\sum F = T - F_r = 50 - 19{,}6 = 30{,}4\ \text{N}$.
5. Aceleración: $a = \sum F / m = 30{,}4/10 = 3{,}04\ \text{m/s}^2$.

Cuadro de fórmulas

- Peso: $P = m\,g$
- Rozamiento: $F_r = \mu\,N$
- 2.ª ley: $\sum F = m\,a$
- Presión: $p = F/A$ y $p = \rho\,g\,h$
- Prensa: $F_1/A_1 = F_2/A_2$
- Empuje: $E = \rho\,g\,V_{\text{sum}}$

Recuerda: $1\ \text{cm}^2 = 0{,}0001\ \text{m}^2$ y $1\ \text{g/cm}^3 = 1000\ \text{kg/m}^3$.

1 **Calcula el peso de una persona de 50 kg en la Tierra (g = 9,8 m/s²) y en la Luna (g = 1,62 m/s²).**

2 **Calcula la aceleración de una caja de 8 kg si la fuerza neta sobre ella es 24 N.**

3 **Un bloque de 5 kg está sobre una mesa horizontal con μ = 0,30. Calcula N y Fr.**

4 **Una fuerza de 600 N se aplica sobre una superficie de 0,02 m². Calcula la presión.**

5 **Completa el cuadro: sobre un cuerpo que flota en equilibrio, el empuje ___ el peso; si el cuerpo se hunde, el empuje es ___ que el peso.**

Flota en equilibrio: E _____ P.

Se hunde: E _____ P.

ANEXO 9

Actividad de ampliación

SdA 9 · Fuerzas, gravedad y fluidos

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

El ángulo crítico y el Mar Muerto

Una caja empieza a deslizar por una rampa cuando $\tan\theta = \mu_e$. Vais a comprobarlo con una tabla inclinada y a predecir qué pasaría con la flotación en agua muy salada (Mar Muerto, ≈ 1,24 g/cm³).

Pasos

1. Con la tabla lisa y el bloque de madera (200 g), levanta la tabla despacio hasta que el bloque empiece a deslizar y mide el ángulo con el transportador (tres veces). Repite con el bloque cargado con 400 g más.
2. Calcula $\mu_e = \tan\theta$ en cada caso y compáralo con el estático de la ficha 4. ¿Influye la masa del bloque en el ángulo?
3. Predice la profundidad h que alcanzaría el prisma (72 g, 36 cm²) en el Mar Muerto y en agua dulce, y la masa extra máxima que soportaría antes de hundirse en cada caso.
4. Para la balsa de 3,0 m² con 360 kg y una altura de 0,20 m, calcula la carga máxima con 5 cm de cubierta seca en agua dulce y en el Mar Muerto.

Entrega

Una página con las medidas del ángulo, los μ obtenidos, las predicciones de flotación y una conclusión sobre qué cambia y qué no con la masa y la densidad del líquido.

ANEXO 10

Guía docente de respuestas y orientaciones

SdA 9 · Fuerzas, gravedad y fluidos

DOCENTE

Ficha 1

1. Diagnóstico: cero; la misma; te empuja con la misma fuerza en sentido contrario; el empuje iguala a su peso; pascales.
2. Predicciones: respuesta abierta. Lo esperable es que la fuerza de rozamiento aumente con la masa (proporcional a N), que el área de contacto no influya apreciablemente y que el prisma se hunda unos 0,5-0,6 cm más con 20 g.
3. Diagrama: P hacia abajo, N hacia arriba, T (cuerda) hacia delante y Fr hacia atrás; no hay «fuerza del movimiento». Con aceleración hacia delante, T > Fr y N = P.

Ficha 2

1. Relaciona: autobús → 1.ª ley; carrito → 2.ª ley; tirachinas → 3.ª ley; nave → 1.ª ley.
2. Resultante: $R = \sqrt{(60^2 + 80^2)} = 100$ N; ángulo con la de 60 N: arctan(80/60) = 53,1°. Descomposición de 50 N a 40°: $F_x = 50 \cdot \cos 40° = 38{,}3$ N; $F_y = 50 \cdot \text{sen } 40° = 32{,}1$ N.
3. Libro: P y N, $\Sigma F = 0$. Pesa colgada: P y T, $\Sigma F = 0$. Corcho: P y E, $\Sigma F = 0$. Caja arrastrada: P, N, T y Fr, $\Sigma F \neq 0$ (T > Fr).
4. V/F: F, V, F (solo si no hay más fuerzas verticales), F (actúan sobre cuerpos distintos), V, F (no depende del área).

Ficha 3

1. a) $N = 12 \cdot 9{,}8 = 117{,}6$ N; $F_r = 0{,}30 \cdot 117{,}6 = 35{,}3$ N; $a = (60 - 35{,}3)/12 = 2{,}06$ m/s². b) $P_x = m\,g \text{ sen } 25°$; $N = m\,g \cos 25°$; $a = g(\text{sen } 25° - 0{,}30 \cos 25°) = 9{,}8 \cdot (0{,}4226 - 0{,}2719) = 1{,}48$ m/s² (no depende de la masa).
2. Ascensor: sube acelerando: $T = 500 \cdot (9{,}8 + 1{,}2) = 5500$ N; velocidad constante: 4900 N; baja acelerando: $500 \cdot (9{,}8 - 1{,}2) = 4300$ N. $a_{máx} = 7500/500 - 9{,}8 = 5{,}2$ m/s².
3. a) $P = 65 \cdot 9{,}8 = 637$ N (Tierra); $65 \cdot 1{,}62 = 105$ N (Luna); $65 \cdot 3{,}73 = 242$ N (Marte). b) $g = 6{,}674 \cdot 10^{-11} \cdot 4{,}87 \cdot 10^{24} / (6{,}05 \cdot 10^{6})^2 = 8{,}88$ m/s², coincide con la tabla. c) $1{,}99 \cdot 10^{20}$ N, la misma que la que ejerce la Tierra sobre la Luna (3.ª ley).
4. a) 588 N; dos pies: 588/0,040 = 14 700 Pa; un tacón: $588/10^{-4} = 5{,}88 \cdot 10^{6}$ Pa. b) $p = 101\,325 + 1000 \cdot 9{,}8 \cdot 20 = 297\,325$ Pa ≈ 2,9 atm. c) $F_1 = 800 \cdot 9{,}8 \cdot 10/400 = 196$ N.

Ficha 4

1. Lista de seguridad: deben marcarse todas las casillas antes de empezar; el responsable de seguridad firma al terminar.
2. Calibración: ≈ 2,0 N (rango 1,9-2,1 N). Rozamiento esperable: μ dinámico 0,25-0,35 y estático 0,35-0,45 con bloque de madera sobre mesa de laminado; Fr dinámico ≈ 0,6 N, 1,2 N, 1,8 N y 2,3 N para N = 1,96; 3,92; 5,88 y 7,84 N (datos de F9). Dispersión de ±0,1-0,2 N por la lectura a mano.
3. Flotación: h ≈ 2,0 cm sin pesas; 2,5; 3,1; 3,6 cm con 20, 40 y 60 g; h teórica = (72 + m extra)/36: 2,00; 2,56; 3,11 y 3,67 cm. Diferencias de hasta 0,1 cm por lectura y absorción de agua.

Ficha 5

1. Pendiente dinámica ≈ 0,30 (mínimos cuadrados por el origen: 0,299); estática ≈ 0,40. Representa μ. Coincide con el rango madera sobre madera de F4 (0,2-0,4). Rango plausible de resultados de aula: 0,2-0,4.
2. Pendiente h-masa ≈ 0,027 cm/g (ajuste: 0,027); $\rho = 1/(0{,}027 \cdot 36) = 1{,}03$ g/cm³; error relativo = $|1{,}03 - 1{,}00|/1{,}00 \approx 3$ %. Rango plausible: 0,9-1,1 g/cm³.
3. a) Hundimiento total con 144 g de masa: máximo 144 − 72 = 72 g extra (en la práctica unos 60 g por la inclinación). b) Para 5 cm de cubierta seca, h = 0,15 m: masa total = 1000·3,0·0,15 = 450 kg; carga = 450 − 360 = 90 kg.
4. Errores: lectura del dinamómetro con la mano (varias lecturas y media); velocidad no constante (tirar despacio); absorción de agua por la madera (medir rápido); paralaje al leer h (leer a la altura de la superficie).

Ficha 6

1. Errores: (1) «fuerza del movimiento» de 25 N no existe; (2) N debe ser igual a P = 49 N, no 30 N, porque no hay movimiento vertical; (3) Fr debe ir hacia la izquierda, contra el movimiento. Diagrama correcto: P = 49 N, N = 49 N, T = 20 N hacia la derecha, Fr = 20 N hacia la izquierda; $\Sigma F = 0$, coherente con v constante. La conclusión del alumno (acelera) es falsa.
2. Revisión: respuesta abierta; propuestas concretas (indicar escala, añadir unidades), no genéricas.
3. Mejoras propias: precisar la escala de las flechas, añadir el error relativo, justificar el margen de seguridad.

Ficha 7

1. Rover: P_Marte = 150·3,73 = 559,5 N; P_Tierra = 150·9,8 = 1470 N. En la pendiente: N = P cos 15° = 540,4 N; Fr = 0,10·540,4 = 54,0 N; Px = 559,5·sen 15° = 144,8 N; F = Px + Fr = 198,9 N ≈ 199 N. Presión: 559,5/(6·0,012) = 7771 Pa ≈ 7,8 kPa.
2. Boya: $V = 4/3 \cdot \pi \cdot 0{,}25^3 = 0{,}0654$ m³; E máx = 1000·9,8·0,0654 = 641 N; P = 117,6 N; flota; carga extra máx = (641 − 117,6)/9,8 ≈ 53 kg.
3. Acción y reacción: el rover empuja el suelo hacia abajo con 559,5 N (si está en llano) y el suelo empuja al rover hacia arriba con la misma fuerza. Actúan sobre cuerpos distintos, por eso no se anulan; lo que equilibra el peso del rover es la normal.

Refuerzo (Anexo 8)

1. Peso: 490 N en la Tierra; 81 N en la Luna (50·1,62 = 81).
2. a = 24/8 = 3 m/s². N = 5·9,8 = 49 N; Fr = 0,30·49 = 14,7 N. p = 600/0,02 = 30 000 Pa.
3. Huecos: flota: E = P; se hunde: E < P.

Ampliación (Anexo 9)

1. Ángulo crítico esperable: 20°-24° para $\mu e \approx 0{,}40$; no depende de la masa ($\mu e = \tan \theta$). Con $\theta = 21{,}8°$, $\mu e = 0{,}40$.
2. Mar Muerto (1,24 g/cm³): h = 72/(1,24·36) = 1,61 cm frente a 2,00 cm; masa extra máxima = 1,24·144 − 72 = 106,6 g frente a 72 g en agua dulce.
3. Balsa: agua dulce 90 kg (h = 0,15 m); Mar Muerto: masa total = 1240·3,0·0,15 = 558 kg, carga = 558 − 360 = 198 kg.

⚠ Errores frecuentes

- Dibujar una «fuerza del movimiento» o «de la velocidad»: solo se dibujan interacciones reales.
- Igualar siempre N = P, también en la rampa o cuando hay una componente vertical de T.
- Confundir masa (kg) y peso (N), o usar g de la Tierra para otros astros.
- Creer que acción y reacción se anulan: actúan sobre cuerpos distintos.
- No convertir cm^2 a m^2 o g/cm^3 a kg/m^3 en presión y empuje.
- Calcular la resultante sumando módulos de fuerzas perpendiculares (30 + 40 = 70 N) en lugar de usar Pitágoras.

⚖ Criterios para valorar respuestas abiertas

- Se valora el método: diagrama, ejes y componentes, ecuación $\Sigma F = m \cdot a$, sustitución con unidades y comprobación; un resultado correcto sin diagrama no alcanza el nivel 4.
- Las gráficas se valoran por la pendiente calculada y su interpretación, no por unir los puntos.
- Seguridad: comprobar que las masas no están al borde de la mesa y que el agua derramada se seca de inmediato.
- Los datos de F6 son redondeados; admite diferencias del 1-2 % en g por el redondeo de M y R.

10

SITUACIÓN DE APRENDIZAJE

Energía: conservar, transferir y decidir

PREGUNTA GUÍA

¿Cómo calculamos y seguimos la energía en sistemas mecánicos y en nuestra vida cotidiana?

CURSO 4.º ESO	SESIONES 7 sesiones	BLOQUES DE SABERES A · C
COMPETENCIAS ESPECÍFICAS CE1, CE2, CE3, CE6	PRODUCTO FINAL Auditoría mecánica y energética	CRITERIOS DE EVALUACIÓN 1.1, 1.2, 1.3, 2.3, 3.1, 6.2

Contexto, reto y producto

El Ayuntamiento ha cedido al instituto un pequeño **skatepark** junto al patio y el AMPA propone cubrirlo con una marquesina de paneles solares que alimente los focos LED y la megafonía de los recreos. Antes de aprobar el proyecto, la Concejalía de Medio Ambiente pide una **auditoría mecánica y energética** con números: ¿a qué velocidad llega al fondo de la rampa un patinador y cuánta energía se pierde por el camino? ¿Cuánta electricidad gastan hoy las aulas y cuánta produciría la marquesina? ¿Hasta cuántos decibelios llegaría la megafonía a 10 m? Las opiniones abundan, pero faltan cálculos y datos.

La situación convierte al alumnado en un **equipo de auditoría**. Aprende a seguir la energía de un sistema con la **energía cinética, potencial y mecánica** y su conservación (también cuando hay rozamiento), a calcular **trabajo, potencia y rendimiento**, a distinguir **calor** y temperatura con $Q = m\,c\,\Delta T$, a entender la **luz y el sonido como ondas** que transfieren energía ($v = \lambda\, f$) y a estimar **consumo, coste y emisiones** en kWh. Dos ensayos seguros, el rebote de una pelota y la mezcla de agua a dos temperaturas, permiten contrastar los modelos con datos propios y reconocer que la energía no desaparece: se transforma y se dispersa.

Reto

Elaborar la auditoría mecánica y energética del skatepark y de un aula, calculando con unidades la energía mecánica, el trabajo, la potencia, el calor y el consumo eléctrico, contrastando los modelos con dos ensayos (rebote y equilibrio térmico) y proponiendo medidas de ahorro justificadas.

Producto final

Auditoría mecánica y energética.

Vinculación curricular

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS MOVILIZADAS

CE1

Comprender y explicar los fenómenos fisicoquímicos del entorno con leyes y teorías, y resolver problemas para mejorar la realidad cercana.

CE2 Formular preguntas e hipótesis y comprobarlas mediante la experimentación, la indagación y la búsqueda de evidencias.

CE3

Manejar con soltura las normas de la física y la química: lenguaje IUPAC, lenguaje matemático, unidades, seguridad en el laboratorio y datos en distintos formatos.

CE6 Valorar la ciencia como construcción colectiva, en continuo cambio, en interacción con la sociedad.

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

1.1 Comprender y explicar con rigor los fenómenos fisicoquímicos cotidianos a partir de los principios, teorías y leyes científicas adecuadas, expresándolos de manera argumentada, utilizando diversidad de soportes y medios de comunicación.

1.2 Resolver los problemas fisicoquímicos planteados mediante las leyes y teorías científicas adecuadas, razonando los procedimientos utilizados para encontrar las soluciones y expresando los resultados con corrección y precisión.

1.3 Reconocer y describir situaciones problemáticas reales de índole científica y emprender iniciativas colaborativas en las que la ciencia, y en particular la física y la química, pueden contribuir a su solución, analizando críticamente su impacto en la sociedad y en el medio ambiente.

2.3 Aplicar las leyes y teorías científicas más importantes para validar hipótesis de manera informada y coherente con el conocimiento científico existente, diseñando los procedimientos experimentales o deductivos necesarios para resolverlas y analizando los resultados críticamente.

3.1 Emplear fuentes variadas fiables y seguras para seleccionar, interpretar, organizar y comunicar información relativa a un proceso fisicoquímico concreto, relacionando entre sí lo que cada una de ellas contiene, extrayendo en cada caso lo más relevante para la resolución de un problema y desechando todo lo que sea irrelevante.

6.2 Detectar las necesidades tecnológicas, ambientales, económicas y sociales más importantes que demanda la sociedad, entendiendo la capacidad de la ciencia para darles solución sostenible a través de la implicación de la ciudadanía.

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

Código	Saber básico
C1	La energía: formulación y comprobación de hipótesis sobre las distintas formas y aplicaciones de la energía, a partir de sus propiedades y del principio de conservación, como base para la experimentación y la resolución de problemas relacionados con la energía mecánica en situaciones cotidianas.

Código	Saber básico
C2	Transferencias de energía: el trabajo y el calor como formas de transferencia de energía entre sistemas relacionados con las fuerzas o la diferencia de temperatura. La luz y el sonido como ondas que transfieren energía.
C3	La energía en nuestro mundo: estimación de la energía consumida en la vida cotidiana mediante la búsqueda de información contrastada, la experimentación y el razonamiento científico, comprendiendo la importancia de la energía en la sociedad, su producción y su uso responsable.
A5	Estrategias de interpretación y producción de información científica en diferentes formatos y a partir de diferentes medios: desarrollo del criterio propio basado en lo que el pensamiento científico aporta a la mejora de la sociedad para hacerla más justa, equitativa e igualitaria.

Concreción didáctica en esta situación

- Energía mecánica $E_m = E_c + E_p$ con $E_c = \frac{1}{2}mv^2$ y $E_p = m\,g\,h$; conservación y balance con rozamiento ($\Delta E_m = W_{roz}$).
- Trabajo $W = F\,d\cos\alpha$ (J), potencia (W) y rendimiento; el trabajo y el calor como formas de transferencia de energía.
- Calor $Q = m\,c\,\Delta T$, equilibrio térmico ($Q_{cedido} = Q_{ganado}$) y distinción entre calor y temperatura.
- Luz y sonido como ondas: $v = \lambda\,f$, espectro electromagnético, intensidad y nivel sonoro (dB) como medida de la energía transferida.
- Consumo y uso responsable: $E = P\,t$ en kWh, coste, emisiones, rendimiento y mix eléctrico español.

Objetivos didácticos

- Calcular energía cinética, potencial y mecánica y aplicar su conservación, con y sin rozamiento, para obtener velocidades, alturas y energía disipada.
- Calcular el trabajo $W = F\,d\cos\alpha$, la potencia $P = W/t$ y el rendimiento de un sistema, e interpretar trabajo y calor como formas de transferencia de energía.
- Calcular el calor intercambiado $Q = m\,c\,\Delta T$ y la temperatura de equilibrio de una mezcla, distinguiendo calor y temperatura.
- Relacionar longitud de onda, frecuencia y velocidad ($v = \lambda\,f$) en la luz y el sonido, interpretar el espectro y los niveles sonoros y reconocer que las ondas transfieren energía.
- Estimar el consumo eléctrico en kWh, su coste y sus emisiones con datos contrastados, y proponer medidas de ahorro razonadas con una conclusión proporcionada a la evidencia.

Metodología

Indagación
Predicción, contraste y conclusión.

Modelización
Conectar observaciones con modelos, leyes y representaciones.

Resolución de problemas
Planteamiento, unidades, cálculo, comprobación e interpretación.

Trabajo experimental
Variables, datos, seguridad y residuos.

Cooperación
Roles rotatorios y responsabilidad compartida.

Secuencia de sesiones y actividades

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

1

SESIÓN 1

Lanzamiento de la auditoría del skatepark, diagnóstico sobre energía, calor y ondas, y primeras predicciones

Evidencia: Ficha 1: test de diagnóstico, predicciones justificadas y estimación del consumo doméstico.

Ficha: Anexo 3 · ficha 1

2

SESIÓN 2

Energía mecánica, conservación, trabajo, potencia, calor y ondas: modelos y ejemplos resueltos

Evidencia: Ficha 2: relaciones, transformaciones de energía, cálculos de Ec y Ep y tabla de ondas.

Ficha: Anexo 3 · ficha 2

3

SESIÓN 3

Aplicación guiada: velocidad en la rampa, trabajo y potencia de un motor, calor de un hervidor y ondas sonoras

Evidencia: Ficha 3: problemas resueltos con balance de energía, unidades y comprobación.

Ficha: Anexo 3 · ficha 3

4

SESIÓN 4

Trabajo experimental: rebote de una pelota y equilibrio térmico de una mezcla de agua

Evidencia: Ficha 4: lista de seguridad y tablas de datos de los dos ensayos.

Ficha: Anexo 3 · ficha 4

5

SESIÓN 5

Tratamiento de resultados: energía por bote, gráfica, pérdidas y balance de calor de la mezcla

Evidencia: Ficha 5: gráfica Ep-bote, porcentaje de energía disipada y calor perdido. **Ficha:** Anexo 3 · ficha 5

6

SESIÓN 6

Borrador de la auditoría: consumo del aula, medidas de ahorro y marquesina solar; revisión entre equipos

Evidencia: Ficha 6: tabla de consumo, ahorro calculado, balance de la marquesina y revisión cruzada.

Ficha: Anexo 3 · ficha 6

7

SESIÓN 7

Presentación de la auditoría y evidencia individual: montaña rusa de feria y su consumo

Evidencia: Auditoría final (Anexo 4) y Ficha 7: cálculo individual de energía, potencia, ondas y recomendaciones.

Ficha: Anexo 3 · ficha 7

Evaluación

Se combinan diagnóstico, observación, fichas/cuaderno, producto final, evidencia individual y autoevaluación. El resultado numérico se valora junto con el planteamiento, la unidad, la comprobación y la interpretación.

Criterios, evidencias e instrumentos

Criterio	Evidencia principal	Instrumento
1.1	Explicación argumentada de la conservación de la energía, el papel del rozamiento, el calor y las ondas en el skatepark, el rebote y la mezcla de agua (F2-F5).	Fichas 1, 2 y 5 / lista de cotejo
1.2	Resolución correcta, con balance de energía, unidades y comprobación, de los problemas de rampa, trabajo, potencia, calor, ondas y montaña rusa.	Fichas 3 y 7 / rúbrica
1.3	Análisis de la situación real del skatepark y del aula: qué consumo hay hoy, qué mejora aportan la marquesina y las medidas de ahorro, y qué limitaciones y efectos ambientales tienen.	Ficha 6 y auditoría (Anexo 4) / rúbrica
2.3	Diseño y análisis de los dos ensayos (variables, gráfica de energía por bote, balance de calor, error relativo) y contraste de las hipótesis con la conservación de la energía.	Fichas 4 y 5 y auditoría / rúbrica
3.1	Selección y uso de las fuentes F1-F10 (tablas de consumo, mix eléctrico REE, niveles de sonido), indicando cuáles son datos reales y cuáles ilustrativos, y descartando lo irrelevante.	Fichas 3, 6 y 7 / lista de cotejo
6.2	Medidas de ahorro y uso responsable de la energía (LED, stand-by, autoconsumo solar) justificadas con kWh, euros y kg de CO_2, y valoración crítica de la necesidad social y ambiental.	Fichas 6 y 7 / rúbrica

Rúbrica del producto final

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial
Comprensión científica	Explica con la conservación de la energía, el trabajo del rozamiento, el calor y las ondas el comportamiento del patinador, la pelota y la mezcla, y reconoce que la energía se transforma y se dispersa sin desaparecer.	Explica correctamente lo esencial con alguna confusión menor (calor y temperatura, potencia y energía).	Explicación parcial; confunde energía y potencia o cree que la energía «se pierde» sin más.	Errores esenciales: confunde calor y temperatura o ignora la conservación.
Datos y resolución	Planteamiento con balance de energía, cálculos con unidades (J, W, kWh, °C), conversión correcta (kWh a J, g a kg) y comprobación del orden de magnitud en todos los problemas.	Procedimiento correcto con fallos menores de unidades o de redondeo.	Procedimiento incompleto: faltan unidades, el balance o la comprobación.	No hay estrategia válida o los resultados no tienen planteamiento.
Investigación	Hipótesis previas, variables controladas, gráfica de energía por bote, balance de calor con porcentaje de pérdida y conclusión proporcionada a los datos con sus límites.	Diseño y análisis adecuados con alguna conclusión poco matizada.	Datos o control de variables insuficientes; la gráfica no se interpreta.	No distingue dato, hipótesis y conclusión.
Seguridad y lenguaje	Cumple las normas con autonomía (agua caliente, derrames, zona de botes) y distingue en la auditoría datos reales de ilustrativos con vocabulario preciso.	Cumple las normas con fallos menores; lenguaje correcto.	Necesita recordatorios de seguridad; lenguaje impreciso.	Incumple normas o comunica de forma inadecuada.
Revisión y cooperación	Revisa la auditoría de otro equipo con evidencias (unidades, balances, fuentes) y mejora la propia con sus aportaciones; cumple su rol.	Revisa y cumple su rol con propuestas útiles.	Participa de forma irregular; revisión superficial.	No revisa o dificulta el trabajo del equipo.

Materiales y seguridad

Materiales y recursos

- Rebote: pelota de goma o de tenis (50-60 g), cinta métrica pegada a la pared (2 m), balanza de cocina (1 g) y móvil para grabar en cámara lenta (opcional).
- Equilibrio térmico: 2 vasos de poliestireno o de plástico, termómetro digital (0,1 °C), balanza (1 g), cuchara, paños, agua del grifo y agua caliente a unos 50 °C servida por el docente en jarras.
- Calculadora científica, datos de F6 y F7 (consumo del aula y mix eléctrico), fichas del Anexo 3 y plantilla de la auditoría (Anexo 4).

Seguridad y residuos

Agua caliente a 50 °C como máximo, servida por el docente en jarras con pico; no hay hervidores ni resistencias en las mesas. Llevar los vasos con las dos manos y secar al instante cualquier derrame. Botar la pelota en una zona despejada, sin lanzarla. No se hacen medidas con ruido fuerte (los niveles sonoros son datos). No se usan personas, bicicletas ni vehículos reales como móviles de ensayo. Al terminar, verter el agua por el desagüe y guardar el material; no se generan residuos.

Atención a la diversidad (DUA), refuerzo y ampliación

Representación

Esquemas, modelos, ejemplos resueltos, tablas, gráficas y glosario de símbolos/unidades.

Acción y expresión

Informe, cálculo comentado, representación, exposición o producto visual manteniendo el criterio científico.

Apoyo

Anexo 8

Datos ya proporcionados, problemas de un paso, tablas parcialmente completadas y guías de procedimiento.

Ampliación

Anexo 9

Añadir una variable, comparar modelos, analizar un caso nuevo o justificar una limitación del modelo.

ANEXO 1

Ficha de lanzamiento del reto

SdA 10 · Energía: conservar, transferir y decidir

ALUMNADO

El instituto tiene un skatepark nuevo y el AMPA sueña con cubrirlo de paneles solares. Antes de dar el sí, el Ayuntamiento exige una auditoría: ¿a qué velocidad llega un patinador al fondo de la rampa? ¿Cuánta energía se va en forma de calor? ¿Cuánta electricidad gasta hoy una clase y cuánta produciría la marquesina? ¿Hasta dónde llegaría el ruido de la megafonía? Vais a trabajar como un equipo de auditoría: seguir la energía de principio a fin, medir un rebote y una mezcla de agua, calcular consumos y proponer medidas de ahorro con números, no con opiniones.

> *¿Cómo calculamos y seguimos la energía en sistemas mecánicos y en nuestra vida cotidiana?*

Vuestro reto

Elaborar la auditoría mecánica y energética del skatepark y de un aula, calculando con unidades la energía mecánica, el trabajo, la potencia, el calor y el consumo eléctrico, contrastando los modelos con dos ensayos (rebote y equilibrio térmico) y proponiendo medidas de ahorro justificadas.

Lo que vais a producir

Auditoría mecánica y energética.

Seguridad. Agua caliente a 50 °C como máximo, servida por el docente en jarras con pico; no hay hervidores ni resistencias en las mesas.

Hoja de ruta · 7 sesiones

1. Conocemos el reto del skatepark, hacemos el diagnóstico y predecimos rebotes, temperaturas y velocidades.
2. Aprendemos energía mecánica, conservación, trabajo, potencia, calor y ondas con ejemplos resueltos.
3. Resolvemos con balance de energía la rampa, el motor, el hervidor y las ondas sonoras.
4. Medimos el rebote de una pelota y la temperatura de equilibrio de una mezcla de agua.
5. Dibujamos la gráfica de energía por bote y calculamos lo que se disipa y el calor perdido.
6. Calculamos el consumo del aula y la marquesina, escribimos la auditoría y otro equipo la revisa.
7. Presentamos la auditoría y resolvemos, cada uno, el caso de una montaña rusa de feria.

Al terminar seré capaz de...

- Calcular energía cinética, potencial y mecánica y aplicar su conservación, con y sin rozamiento, para obtener velocidades, alturas y energía disipada.
- Calcular el trabajo $W = F\,d\cos\alpha$, la potencia $P = W/t$ y el rendimiento de un sistema, e interpretar trabajo y calor como formas de transferencia de energía.
- Calcular el calor intercambiado $Q = m\,c\,\Delta T$ y la temperatura de equilibrio de una mezcla, distinguiendo calor y temperatura.
- Relacionar longitud de onda, frecuencia y velocidad ($v = \lambda\,f$) en la luz y el sonido, interpretar el espectro y los niveles sonoros y reconocer que las ondas transfieren energía.
- Estimar el consumo eléctrico en kWh, su coste y sus emisiones con datos contrastados, y proponer medidas de ahorro razonadas con una conclusión proporcionada a la evidencia.

¿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 de fuentes y materiales base

SdA 10 · Energía: conservar, transferir y decidir

ALUMNADO

Todo lo necesario para auditar sin buscar datos fuera: el caso del skatepark, el cuadro de fórmulas y el método, un esquema de energías a escala, las ondas y el espectro, los niveles de sonido, el consumo de un aula con precios ilustrativos, el mix eléctrico de España (REE), el protocolo, los datos de un equipo de prueba y su gráfica.

F1 La auditoría del skatepark

ESTUDIO DE CASO

La Concejalía de Medio Ambiente pide al instituto una **auditoría mecánica y energética** con cinco partes:

- **Parte A · La rampa.** Un patinador de 60 kg (con tabla) se deja caer desde el reposo por una rampa curva de 1,8 m de altura. ¿A qué velocidad llega al fondo si no hay rozamiento? ¿Y si se disipa el 20 % de la energía?
- **Parte B · Trabajo y potencia.** Para instalar los paneles se usa un montacargas que sube 200 kg hasta 3 m en 10 s con un motor de 800 W de consumo. ¿Qué potencia útil tiene y cuál es su rendimiento?
- **Parte C · Calor.** El vestuario usa un hervidor de 2000 W para calentar 1,5 L de agua. ¿Cuánta energía necesita, cuánto tarda y cuánto cuesta?
- **Parte D · Ondas.** La megafonía emite 0,5 W de potencia sonora y la marquesina recibirá luz solar. ¿Cuántos decibelios hay a 10 m? ¿Qué potencia da un panel?
- **Parte E · Consumo.** ¿Cuánta electricidad gasta un aula, qué medidas de ahorro tienen sentido y cuánto produciría la marquesina?

Para contrastar los modelos con datos propios, el equipo realiza dos ensayos de laboratorio: el **rebote de una pelota** y el **equilibrio térmico de una mezcla de agua**.

Fuente: Caso ficticio creado para el aula; las magnitudes son realistas.

¿Qué crees que ocurre con la energía que el patinador «pierde» en la rampa? ¿Desaparece?

F2 Cuadro de fórmulas y método de la auditoría

TEXTO

Energía mecánica. Cinética $E_c = \frac{1}{2} m v^2$; potencial gravitatoria $E_p = m g h$ (con $g = 9{,}8\ \mathrm{m/s^2}$); $E_m = E_c + E_p$. La unidad de energía es el julio: $1\ \mathrm{J} = 1\ \mathrm{N \cdot m}$.

Conservación. Si solo actúa el peso, E_m es constante: $E_{m,0} = E_{m,f}$. Si hay rozamiento, $E_{m,f} = E_{m,0} + W_{roz}$ con $W_{roz} < 0$: la energía mecánica «perdida» se convierte en **calor** (y algo de sonido), no desaparece. La energía total se conserva.

Trabajo y potencia. $W = F\,d\cos\alpha$ en julios (α = ángulo entre la fuerza y el desplazamiento; una fuerza perpendicular al desplazamiento no hace trabajo). Potencia $P = \frac{W}{t}$ en vatios ($1\ \mathrm{W} = 1\ \mathrm{J/s}$). Rendimiento $\eta = \frac{E_{\text{útil}}}{E_{\text{total}}}$ (o $\frac{P_{\text{útil}}}{P_{\text{total}}}$), siempre menor que 1.

Calor. $Q = m\,c\,\Delta T$ en julios. El calor es energía que pasa de un cuerpo caliente a uno frío por diferencia de temperatura; la **temperatura** mide el grado de agitación de las partículas, no es calor. En una mezcla aislada, $Q_{\text{cedido}} = Q_{\text{ganado}}$, de donde $T_f = \frac{m_1 T_1 + m_2 T_2}{m_1 + m_2}$ si el líquido es el mismo.

Ondas. $v = \lambda\, f$ y $T = \frac{1}{f}$. Intensidad de una fuente puntual: $I = \frac{P}{4\pi r^2}$ en W/m².

Consumo. $E = P\,t$; con P en kW y t en h resulta E en kWh: $1\ \mathrm{kWh} = 3{,}6 \cdot 10^6\ \mathrm{J}$. Coste = kWh × precio; emisiones = kWh × factor de emisión.

Método de 5 pasos:

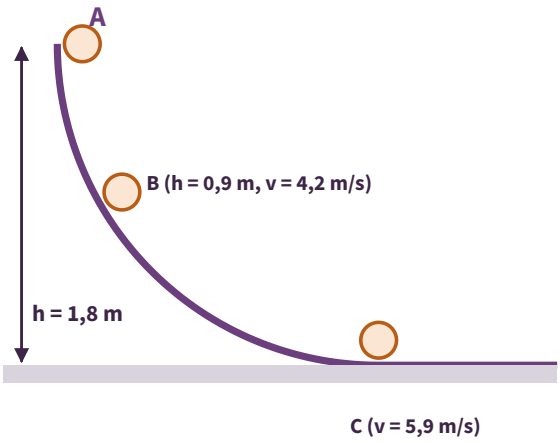
1. Define el sistema y los estados inicial y final.
2. Escribe la energía en cada estado (con unidades).
3. Haz el balance: ¿hay trabajo, calor, pérdidas?
4. Resuelve para la incógnita y comprueba el signo y el orden de magnitud.
5. Interpreta: ¿adónde ha ido la energía que falta?

Fuente: Resumen de elaboración propia a partir de los contenidos de energía de 4.º ESO. Calor específico del agua: 4180 J/(kg·K) (valor de tablas).

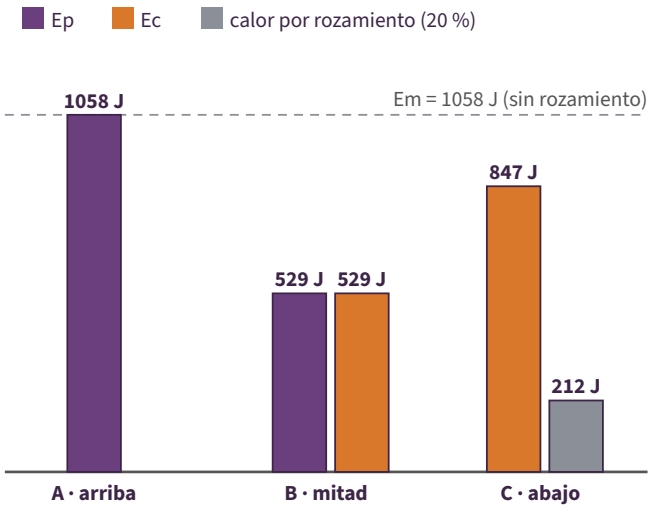
¿Qué diferencia hay entre una potencia de 1 kW y una energía de 1 kWh?

F3 Energía en la rampa del skatepark

ESQUEMA



Patinador y tabla: m = 60 kg. Arco de 1,8 m de radio. Parte del reposo en A. Sin rozamiento: $v^2 = 2gh$.



Ejemplo resuelto (parte A). Datos: $m = 60\ \text{kg}$; $h = 1{,}8\ \text{m}$; parte del reposo.

1. Energía en A: $E_p = m\,g\,h = 60 \cdot 9{,}8 \cdot 1{,}8 = 1058\ \text{J}$ y $E_c = 0$.
2. Sin rozamiento, en C toda la energía es cinética: $\frac{1}{2}mv^2 = 1058 \Rightarrow v = \sqrt{2\,g\,h} = \sqrt{2 \cdot 9{,}8 \cdot 1{,}8} = 5{,}94\ \text{m/s} \approx 21{,}4\ \text{km/h}$.
3. Con un 20 % disipado: $E_c = 0{,}80 \cdot 1058 = 847\ \text{J}$ y $Q = 212\ \text{J}$; $v = \sqrt{2 \cdot 847/60} = 5{,}31\ \text{m/s} \approx 19{,}1\ \text{km/h}$.
4. Trabajo del rozamiento: $W_{roz} = -212\ \text{J}$; la rampa mide $\frac{\pi R}{2} = 2{,}83\ \text{m}$ de arco, así que la fuerza media de rozamiento es $212/2{,}83 \approx 75\ \text{N}$.
5. Comprobación: la velocidad **no depende de la masa** (sin rozamiento) y es menor con pérdidas.

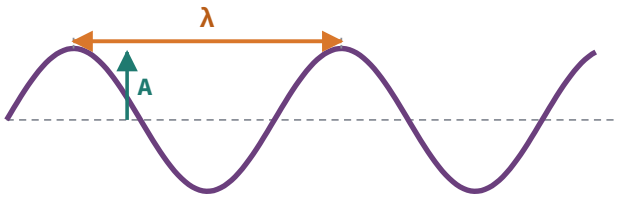
Fuente: Esquema de elaboración propia; las alturas de las barras son proporcionales a la energía (m = 60 kg, h = 1,8 m, g = 9,8 m/s²).

En el punto B (h = 0,9 m), ¿qué fracción de la energía es cinética? ¿Cuál es la velocidad?

F4 Ondas: luz y sonido

ESQUEMA

Onda: amplitud y longitud de onda



v = λ · f (T = 1/f)

Sonido: onda mecánica; necesita un medio.
En el aire a 20 °C: v ≈ 343 m/s.

Luz: onda electromagnética; viaja en el vacío.
c = 3,00 · 10⁸ m/s.

Ambas transfieren energía sin transportar materia.

Espectro electromagnético (no a escala)



Ejemplo resuelto 1 (sonido). Una nota La de 440 Hz en el aire: $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{343}{440} = 0{,}78\ \text{m}$. El oído humano percibe de 20 Hz a 20 kHz, es decir, longitudes de onda de 17 m a 1,7 cm.

Ejemplo resuelto 2 (luz). Luz verde de 550 nm: $f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3{,}00 \cdot 10^8}{550 \cdot 10^{-9}} = 5{,}45 \cdot 10^{14}\ \text{Hz}$. Una emisora de FM de 100 MHz tiene $\lambda = 3{,}00\ \text{m}$ y un horno microondas (2,45 GHz), $\lambda = 12{,}2\ \text{cm}$.

Ejemplo resuelto 3 (trueno). Se ve el relámpago y 6 s después se oye el trueno. La luz llega casi al instante, así que $d = v_{\text{sonido}}\,t = 343 \cdot 6 = 2058\ \text{m} \approx 2{,}1\ \text{km}$.

Fuente: Esquema de elaboración propia. Velocidad del sonido a 20 °C: 343 m/s; velocidad de la luz en el vacío: 299 792 458 m/s ≈ 3,00·10⁸ m/s.

¿Por qué en el espacio, aunque haya una explosión enorme, no se oye nada, pero sí se ve la luz?

F5 Niveles de sonido: intensidad y decibelios

DATOS

Situación	Nivel (dB)	Intensidad I (W/m²)	Efecto sobre el oído
Umbral de audición (a 1 kHz)	0	10^{-12}	Apenas audible
Susurro en una biblioteca	30	10^{-9}	Muy bajo
Conversación normal	60	10^{-6}	Sin riesgo
Calle con tráfico intenso	80	10^{-4}	Molesto; riesgo si es prolongado
Megafonía del skatepark a 10 m (0,5 W)	86	$4{,}0 \cdot 10^{-4}$	Riesgo si se mantiene horas
Auriculares al máximo o discoteca	100	10^{-2}	Daño en minutos u horas
Umbral del dolor	120	1	Dolor y lesión inmediata

Cada 10 dB, la intensidad se multiplica por 10. Una fuente puntual de potencia P reparte su energía sobre una esfera: $I = \frac{P}{4\pi r^2}$. **Ejemplo resuelto (megafonía de 0,5 W):** a 10 m, $I = \frac{0{,}5}{4\pi \cdot 10^2} = 3{,}98 \cdot 10^{-4}\ \mathrm{W/m^2}$ (≈ 86 dB); a 20 m, $I = 9{,}95 \cdot 10^{-5}\ \mathrm{W/m^2}$ (≈ 80 dB), la cuarta parte de intensidad: **al doblar la distancia la intensidad baja a 1/4 y el nivel, unos 6 dB**.

Fuente: Valores orientativos de uso didáctico, redondeados (nivel sonoro $\beta = 10\ \log(I/I_0)$ con $I_0 = 10^{-12}$ W/m²). La referencia legal laboral exacta debe consultarse en el RD 286/2006 y en la guía del INSST.

¿Por qué un nivel de 86 dB no es «un poco más» que 80 dB, sino cuatro veces más intensidad?

F6 Consumo eléctrico de un aula de tecnología (datos ilustrativos)

DATOS

Equipo	Número	Potencia unitaria (W)	Horas al día	Días al año
Tubos fluorescentes (con balasto)	12	40	6	175
Ordenadores de sobremesa	15	120	3	175
Proyector	1	250	4	175
Stand-by de ordenadores y proyector (noche y fines de semana)	16	4	16	175

Ejemplo resuelto (tubos fluorescentes). Potencia total: $12 \cdot 40 = 480\ \mathrm{W} = 0{,}48\ \mathrm{kW}$. Energía al año: $E = P\,t = 0{,}48 \cdot 6 \cdot 175 = 504\ \mathrm{kWh}$. Coste: $504 \cdot 0{,}15 = 75{,}60\ €$. Emisiones: $504 \cdot 0{,}10 = 50{,}4\ \mathrm{kg\ CO_2}$.

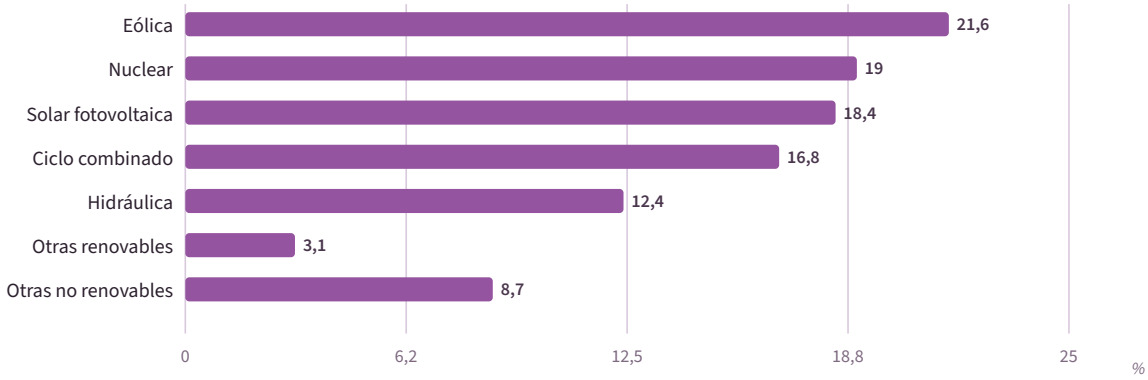
Alternativa LED: un tubo LED equivalente consume 18 W (con el mismo flujo luminoso). Una lámpara incandescente de 60 W equivale a una LED de 9 W: en 1000 h gasta 60 kWh frente a 9 kWh.

Fuente: Datos ILUSTRATIVOS creados para el aula con potencias realistas de equipos escolares. Precio ilustrativo de la electricidad: 0,15 €/kWh (varía con la tarifa; consultar la factura real). Factor de emisión ilustrativo: 0,10 kg CO_2/kWh (orden de magnitud; consultar el dato anual de REE).

En esta tabla, ¿qué equipo consume más energía al año? ¿Y cuál tiene el peor «rendimiento» porque gasta sin dar servicio?

F7 Mix de generación eléctrica en España, 2025 (porcentajes)

GRÁFICO



Marquesina solar. Un panel de 1,7 m² recibe, a pleno sol, unos $1000\ \mathrm{W/m^2}$ y con un rendimiento del 20 % da $P = 1000 \cdot 1{,}7 \cdot 0{,}20 = 340\ \mathrm{W}$. Doce paneles de 400 W de pico (4,8 kW de potencia pico) producen en la península unos $1500\ \mathrm{kWh}$ por kW de pico al año (valor orientativo; depende de la zona): $4{,}8 \cdot 1500 = 7200\ \mathrm{kWh/año}$.

Consumo del skatepark (ilustrativo): 8 focos LED de 100 W durante 4 h al día en 200 días y una megafonía de 200 W durante 2 h al día en 200 días: $8 \cdot 0{,}1 \cdot 4 \cdot 200 + 0{,}2 \cdot 2 \cdot 200 = 720\ \mathrm{kWh/año}$.

Fuente: Red Eléctrica (REE), datos de cierre del sistema eléctrico 2025 (nota de prensa de 2026): renovables 55,5 % de la generación, eólica 21,6 %, nuclear 19,0 %, solar fotovoltaica 18,4 %, ciclo combinado 16,8 %, hidráulica 12,4 %; el 75,5 % de la producción, sin emisiones de CO_2. «Otras renovables» y «Otras no renovables» (cogeneración, carbón, residuos…) se calculan por diferencia.

La marquesina produciría unas 10 veces lo que consume el skatepark, pero produce de día y los focos se usan por la tarde-noche. ¿Qué problema plantea?

F8 Protocolo de laboratorio: rebote de una pelota y equilibrio térmico

PROTOCOLO

Material y cantidades (por equipo): pelota de goma o de tenis (50-60 g); cinta métrica de 2 m pegada a la pared; balanza de cocina; 2 vasos de poliestireno o de plástico; termómetro digital de 0,1 °C; cuchara; agua del grifo (unos 150 g) y agua caliente a unos 50 °C (150 g), que sirve el docente; paños.

Equipo de protección y riesgos: no hacen falta gafas ni guantes. Riesgos: quemaduras leves por agua caliente (máximo 50 °C), derrames y resbalones, y golpes con la pelota. Precauciones: el docente sirve el agua en jarras con pico, los vasos se llevan con las dos manos, se seca cualquier derrame al instante y la pelota se bota sin lanzarla, con la zona despejada.

Variables: rebote: independiente = número de bote; dependiente = altura de rebote; controladas = pelota, suelo y altura inicial. Mezcla: independiente = masas de agua caliente y fría; dependiente = temperatura final; controladas = agua del mismo tipo y vaso aislante.

Procedimiento A (rebote):

1. Pesad la pelota (m en kg).
2. Con la cinta pegada a la pared, soltad la pelota desde 1,00 m (la parte inferior en la marca) sin empujarla.
3. Un compañero lee la altura máxima del primer rebote (mejor con vídeo en cámara lenta) y anota.
4. Repetid 3 veces y anotad también las alturas del segundo y tercer bote si se pueden leer.

Procedimiento B (equilibrio térmico):

1. Pesad en un vaso 100 g de agua del grifo (fría) y en otro 150 g de agua caliente que sirve el docente. Anotad las masas.
2. Medid y anotad la temperatura de cada vaso (T_1 caliente, T_2 fría).
3. Verted el agua caliente en el vaso del agua fría, agitad suavemente y vigilad el termómetro durante 60 s.
4. Anotad la **temperatura máxima estable** como T_f medida.
5. Calculad la temperatura teórica T_f con la fórmula de F2.

Limpieza y residuos: vaciad el agua por el desagüe, secad vasos y mesa y devolved la pelota y el termómetro. No se generan residuos.

Resultado esperable: la pelota rebota hasta el 50-60 % de la altura inicial en suelo duro (0,50-0,60 m), y con cada bote pierde otro 40-50 % de su energía. La temperatura final medida es 0,5-1,5 °C menor que la teórica por las pérdidas hacia el vaso y el aire; si la diferencia es mayor de 3 °C, revisad masas y lecturas.

Fuente: Protocolo de elaboración propia para material escolar de bajo riesgo. Las normas del centro prevalecen sobre este documento.

¿Por qué la temperatura final medida es algo menor que la teórica? ¿Qué energía «falta»?

F9 Datos de un equipo de prueba (rebote de una pelota)

DATOS

Bote nº	Altura máxima h (m)	Energía $E_p = m\,g\,h$ (J)	Fracción de la energía anterior
0 (suelta)	1,00	0,568	—
1	0,55	0,313	0,55
2	0,30	0,171	0,55
3	0,17	0,097	0,57
4	0,09	?	?

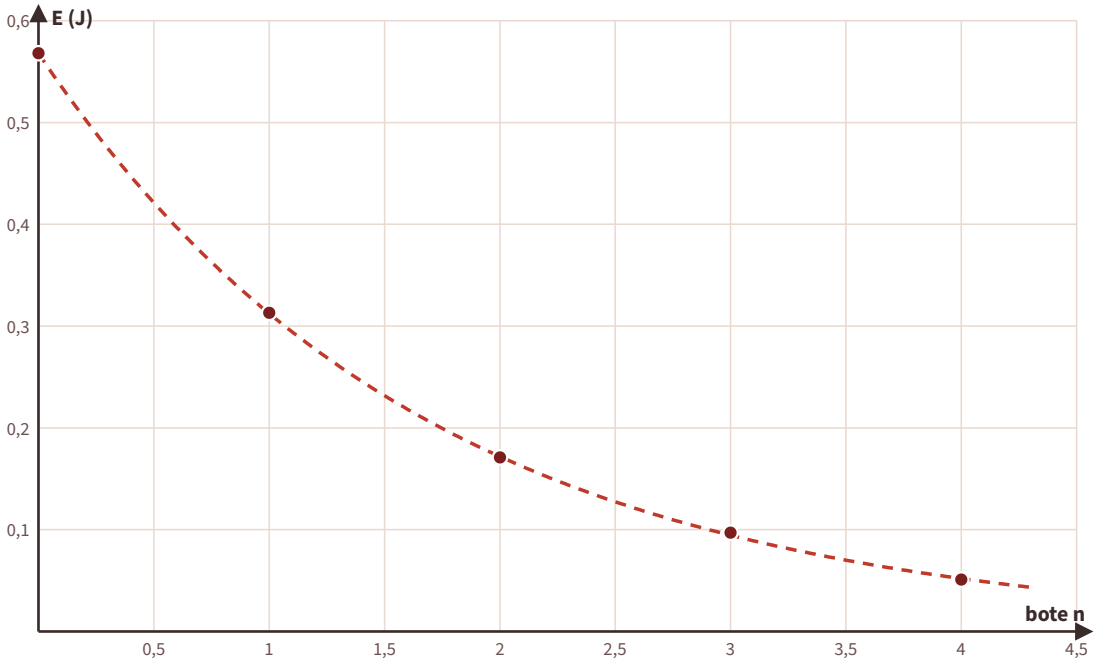
Mezcla de agua del equipo de prueba: 150 g de agua caliente a 50,0 °C y 100 g de agua del grifo a 20,0 °C. Temperatura final máxima medida: **37,2 °C**. Temperatura teórica sin pérdidas: $T_f = \frac{0{,}150 \cdot 50{,}0 + 0{,}100 \cdot 20{,}0}{0{,}250} = 38{,}0\ ^\circ\mathrm{C}$.

Fuente: Datos ilustrativos, obtenidos con una pelota de tenis de 58 g soltada desde 1,00 m sobre suelo duro; alturas leídas con cinta métrica y vídeo lento (resolución 0,01 m), con g = 9,8 m/s².

En la última fila falta la energía del bote 4 (m g h = 0,058 · 9,8 · 0,09). ¿Sigue la misma tendencia?

F10 Gráfica: energía de la pelota en cada bote (datos de F9)

GRÁFICO



La energía mecánica **no se conserva** en cada bote: la pelota y el suelo se deforman, se calientan y suenan. Pero la **energía total** sí: lo que pierde la pelota (0,256 J en el primer bote) pasa al entorno como calor y sonido. La relación entre alturas es constante ($h_{n+1} \approx 0{,}55\, h_n$).

Fuente: Gráfica de elaboración propia con los datos de F9. Los puntos son medidas; la curva discontinua es el modelo $E = 0{,}568 \cdot 0{,}55^n$ (pierde el 45 % de su energía en cada bote).

¿Qué tipo de curva es? ¿Llegará alguna vez a cero? ¿Qué significa físicamente?

ANEXO 3

Fichas de actividades del alumnado

SdA 10 · Energía: conservar, transferir y decidir

ALUMNADO

FICHA 1 La auditoría del skatepark y nuestras ideas previas

Sesión 1

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Lee F1 y responde primero el diagnóstico de forma individual; después, discute las predicciones con tu equipo.

1 **Diagnóstico inicial. Marca la respuesta que creas correcta.**

Una pelota cae desde 1 m. Justo antes de tocar el suelo, su energía potencial se ha transformado sobre todo en…

☐ energía cinética ☐ calor ☐ energía química

Si mezclas agua a 50 °C con agua a 20 °C, el calor pasa…

☐ del agua caliente a la fría ☐ del agua fría a la caliente ☐ por igual en los dos sentidos

El sonido, a diferencia de la luz, no se propaga…

☐ en el vacío ☐ en el aire ☐ en el agua

El kilovatio-hora (kWh) es una unidad de…

☐ energía ☐ potencia ☐ tiempo

Un patinador baja una rampa sin impulsarse. Si hay rozamiento, al llegar abajo su energía mecánica…

☐ ha disminuido porque parte se ha convertido en calor ☐ se ha conservado exactamente ☐ ha aumentado

2 **Antes de medir o calcular, haz tus predicciones y justifícalas.**

¿Qué ocurrirá si…?	Mi predicción	Por qué lo creo
suelto una pelota desde 1,00 m: ¿hasta qué altura rebota (aprox.)?		
mezclo 150 g de agua a 50 °C con 100 g a 20 °C: ¿temperatura final?		
un patinador de 60 kg baja por una rampa de 1,8 m sin rozamiento: ¿velocidad en km/h al llegar abajo?		

3 **Haz una lista de cinco aparatos de tu casa con su potencia aproximada y señala cuál crees que gasta más energía al mes. Justifícalo.**

Aparato	Potencia aprox. (W)	Horas de uso al día

FICHA 2 Energía, trabajo, calor y ondas

Sesión 2

Trabaja con F2, F3, F4 y F5. Escribe siempre las unidades.

1 **Relaciona cada concepto con el ejemplo que mejor lo ilustra.**

1	Energía cinética	●	a Una cuchara metálica se calienta al dejarla en la sopa caliente
2	Energía potencial gravitatoria	●	b Una bola de bolos rodando por la pista
3	Calor	●	c Empujar un carrito 5 m con una fuerza paralela
4	Trabajo	●	d El agua de un depósito elevado

2 **Completa las transformaciones de energía de cada situación (energía inicial, energía final útil y energía «perdida»).**

Situación	Energía inicial	Energía final útil	Energía disipada (¿en qué forma?)
Patinador que baja por la rampa			
Hervidor eléctrico			
Panel solar			
Altavoz de megafonía			

3 **Calcula. a) Energía cinética de un coche de 1200 kg a 90 km/h. b) Energía potencial de un objeto de 2 kg a 5 m de altura y velocidad con la que llegaría al suelo (sin rozamiento). c) Trabajo de una fuerza de 50 N que arrastra una caja 4 m con un ángulo de 60° respecto al desplazamiento.**

4 Completa la tabla de ondas con $v = \lambda \cdot f$ (sonido en el aire: 343 m/s; luz: $3{,}00 \cdot 10^8$ m/s).

Onda	Frecuencia f	Longitud de onda λ	Velocidad v
Sonido, nota La	440 Hz		343 m/s
Luz verde		550 nm	$3{,}00 \cdot 10^8$ m/s
Emisora FM	100 MHz		$3{,}00 \cdot 10^8$ m/s
Onda en una cuerda	2 Hz	0,5 m	

FICHA 3 Aplicamos la energía: rampa, motor, hervidor y ondas

Sesión 3

Usa el método de 5 pasos de F2, los ejemplos de F3, F4 y F5 y $g = 9{,}8$ m/s². Escribe el balance de energía antes de calcular.

1 Parte A (rampa de F3). a) Calcula la velocidad al llegar al fondo sin rozamiento y con un 20 % de energía disipada. b) Calcula el trabajo del rozamiento y la fuerza media de rozamiento sobre el arco de 2,83 m. c) Si el patinador pesara 70 kg, ¿cambiaría la velocidad sin rozamiento?

2 Parte B (trabajo y potencia). a) Un motor sube 200 kg a 3 m en 10 s: calcula el trabajo útil y la potencia útil. b) Si el motor consume 800 W, ¿cuál es su rendimiento? c) Una persona de 60 kg sube 3,6 m de escaleras en 8 s: ¿qué potencia desarrolla?

3 **Parte C (calor). Un hervidor de 2000 W calienta 1,5 L (1,5 kg) de agua de 15 °C a 100 °C con un rendimiento del 90 %. Calcula el calor necesario, el tiempo y el coste con 0,15 €/kWh (precio ilustrativo).**

4 **Parte D (ondas). a) Relámpago y trueno separados 6 s: ¿a qué distancia cayó el rayo? b) Un eco vuelve a los 0,20 s: ¿a qué distancia está la pared? c) Con F5, ¿cuál es la intensidad de la megafonía de 0,5 W a 10 m y a 20 m? ¿Y el nivel aproximado en dB?**

FICHA 4 En el laboratorio: rebote y equilibrio térmico

Sesión 4

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Seguid el protocolo F8. El responsable de seguridad revisa la lista antes de empezar y firma al terminar.

1 Lista de seguridad (marcad antes de empezar).

- [ ] El agua caliente (máximo 50 °C) la sirve el docente en jarras y los vasos se llevan con las dos manos
- [ ] Hay paños a mano y los derrames se secan al instante
- [ ] La zona de botes está despejada y la pelota no se lanza
- [ ] No hay mochilas ni sillas en el espacio de trabajo
- [ ] Cada persona conoce su rol (lector, anotador, medidor de temperatura, seguridad)

2 Rebote. Masa de la pelota: _____ g. Altura de suelta: 1,00 m.

Bote nº	h intento 1 (m)	h intento 2 (m)	h intento 3 (m)	h media (m)	E = m·g·h (J)
0 (suelta)					
1					
2					
3					

3 Equilibrio térmico. Anotad vuestros datos.

Magnitud	Valor
Masa de agua caliente (g)	
Temperatura del agua caliente T_1 (°C)	
Masa de agua fría (g)	
Temperatura del agua fría T_2 (°C)	
Temperatura final máxima medida (°C)	
Temperatura final teórica (°C)	

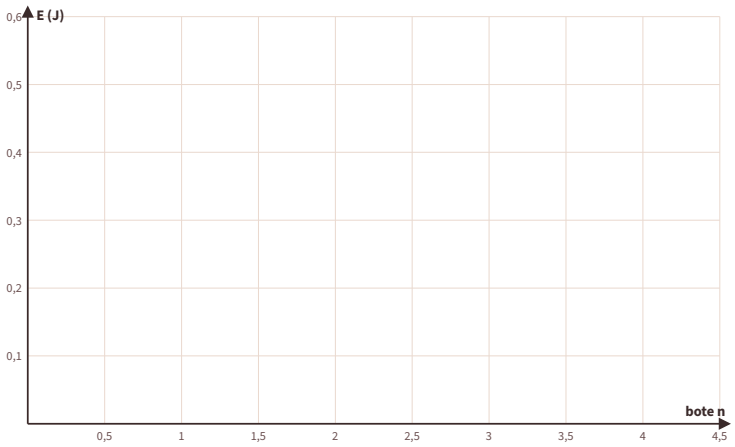
FICHA 5 Tratamos los datos: energía disipada y calor perdido

Sesión 5

Trabaja con tus datos de la ficha 4 (o con F9 y F10 si faltan) y compara con tus predicciones de la ficha 1.

1 **Calcula la energía de cada bote y la fracción respecto al bote anterior. Representa la energía frente al número de bote y traza una curva de tendencia suave.**

Bote nº	Altura h (m)	E (J)	Fracción de la energía anterior
0			
1			
2			
3			



2 **Con los datos del primer bote calcula la energía disipada (J y %), la velocidad justo antes y justo después del bote ($v = \sqrt{2gh}$) y el cociente entre ambas. ¿En qué formas se disipa la energía?**

3 **Mezcla de agua. Calcula el calor cedido por el agua caliente y el ganado por la fría con $Q = m\,c\,\Delta T$ (c = 4180 J/(kg·K)) y la temperatura teórica. ¿Qué porcentaje del calor cedido no ha sido ganado? ¿Adónde ha ido?**

4 **Análisis de errores. Completa la tabla con tres fuentes de error de los ensayos.**

Fuente de error	Cómo afecta al resultado	Cómo se reduce

FICHA 6 Consumo del aula, ahorro y marquesina solar

Sesión 6

Redactad el borrador en la plantilla del Anexo 4 e intercambiadlo con otro equipo. Los precios y el factor de emisión de F6 son ilustrativos.

1 **Con F6, calcula la energía anual, el coste (0,15 €/kWh) y las emisiones (0,10 kg CO_2/kWh) de cada equipo del aula.**

Equipo	Energía (kWh/año)	Coste (€/año)	Emisiones (kg CO_2/año)
Tubos fluorescentes			
Ordenadores			
Proyector			
Stand-by			
TOTAL			

2 **Medidas de ahorro. a) Cambiar los 12 tubos de 40 W por tubos LED de 18 W. b) Eliminar el stand-by con regletas con interruptor. Calcula el ahorro anual (kWh, € y kg CO_2) de cada una.**

3 **Marquesina. Con F7, compara la producción anual de la marquesina (4,8 kW de pico, 1500 kWh/kW al año) con el consumo del skatepark (720 kWh/año). ¿Qué fracción cubre? ¿Qué limitación tiene producir de día y consumir por la tarde-noche?**

4 **Revisión cruzada. Marcad lo que cumple la auditoría del otro equipo.**

- [ ] Cada parte incluye el balance de energía con unidades
- [ ] Se distingue energía (J, kWh) y potencia (W, kW)
- [ ] Se indica qué datos son reales (REE) y cuáles ilustrativos
- [ ] Las medidas de ahorro llevan kWh, euros y kg de CO_2
- [ ] Se explica adónde va la energía disipada
- [ ] La gráfica y las tablas tienen ejes, unidades y errores
- [ ] Hay conclusión proporcionada a los datos y con límites

FICHA 7 Evidencia individual: la montaña rusa de feria

Sesión 7

Trabajo individual. g = 9,8 m/s²; precio ilustrativo de la electricidad: 0,15 €/kWh; velocidad del sonido: 343 m/s.

1 **Un carro con pasajeros de 400 kg parte del reposo en lo alto de una montaña rusa a 20,0 m. a) Calcula su velocidad al llegar a la base sin rozamiento (en m/s y km/h). b) Si hasta la base se disipa el 12 % de la energía, calcula la velocidad real y la altura máxima que alcanzaría en una colina posterior (sin más pérdidas).**

2 **Una cadena con motor sube el carro hasta los 20,0 m en 40 s con un rendimiento del 60 %. Calcula la potencia útil, la potencia eléctrica, la energía eléctrica gastada en una subida (en kWh) y el coste de 600 subidas al día.**

3 **Desde la cola, un visitante ve el destello de un rayo y oye el trueno 4,0 s después. ¿A qué distancia cayó? ¿Por qué se ve antes de oírse?**

4 **Propón tres medidas para reducir el consumo y el impacto ambiental de la atracción, con una estimación razonada del efecto de al menos una de ellas.**

ANEXO 4

Plantilla del producto final

SdA 10 · Energía: conservar, transferir y decidir

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Auditoría mecánica y energética del equipo. Con balances de energía, unidades y datos reales o ilustrativos señalados.

Equipo y parte auditada

Nombres, roles y parte (rampa, calor, ondas o consumo).

Datos y fuentes

Magnitudes con unidades y origen (real o ilustrativo).

Esquema de energías a escala

Barras Ep, Ec y calor en cada punto.

Cálculos y balance

Conservación, trabajo, potencia, calor; sustitución con unidades.

Ensayos: rebote y mezcla

Tabla de datos, porcentaje disipado y calor perdido.

Consumo y ahorro

kWh, euros y kg de CO_2 antes y después.

Gráfica energía-bote

Ejes con magnitud y unidad; puntos y curva.

Conclusión y medidas propuestas

¿Adónde va la energía? ¿Qué mejoraríais y con qué ahorro?

Límites

Datos ilustrativos, errores y mejoras.

ANEXO 5

Lista de cotejo para el proceso y la entrega

SdA 10 · Energía: conservar, transferir y decidir

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Antes de entregar **Auditoría mecánica y energética**, comprueba cada punto y marca la casilla. Si alguno falla, todavía estás a tiempo de mejorarlo.

Contenido del producto

- [ ] Cada parte incluye el balance de energía con las unidades correctas (J, W, kWh, °C).
- [ ] Se distingue claramente energía y potencia, y calor y temperatura.
- [ ] Los cálculos de conservación consideran el rozamiento y explican adónde va la energía disipada.
- [ ] La gráfica energía-bote tiene ejes rotulados con magnitud y unidad, puntos y curva de tendencia.
- [ ] El balance de calor de la mezcla incluye la temperatura teórica, la medida y el calor perdido.
- [ ] Las ondas se tratan con $v = \lambda \cdot f$ y se distingue sonido (mecánica) y luz (electromagnética).
- [ ] La tabla de consumo lleva kWh, euros y kg de CO_2, y se indica qué datos son reales (REE) y cuáles ilustrativos.
- [ ] Las medidas de ahorro se justifican con números y se valoran sus límites (producción solar de día, coste de inversión).
- [ ] Se cumplieron las normas de seguridad con el agua caliente y se recogió el material; no hay residuos.

Calidad y rigor

- [ ] He usado el vocabulario científico y los símbolos correctos (magnitudes, unidades del SI, fórmulas).
- [ ] He apoyado mis conclusiones con datos, medidas, cálculos o modelos, y he indicado sus límites.
- [ ] He escrito cada resultado con su unidad y he comprobado si su orden de magnitud es razonable.
- [ ] He citado o identificado todas las fuentes de datos utilizadas.
- [ ] He revisado la ortografía, la presentación y el orden del producto, e incorporado las mejoras de la coevaluación.

Lo que más me ha costado

Firma del equipo / fecha de entrega

ANEXO 6

Rúbrica imprimible

SdA 10 · Energía: conservar, transferir y decidir

ALUMNADO · DOCENTE

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Rúbrica para valorar **Auditoría mecánica y energética**. Marca el nivel alcanzado en cada indicador.

Indicador	NIVEL 4 Avanzado	NIVEL 3 Adecuado	NIVEL 2 En proceso	NIVEL 1 Inicial	Nivel
Comprensión científica	Explica con la conservación de la energía, el trabajo del rozamiento, el calor y las ondas el comportamiento del patinador, la pelota y la mezcla, y reconoce que la energía se transforma y se dispersa sin desaparecer.	Explica correctamente lo esencial con alguna confusión menor (calor y temperatura, potencia y energía).	Explicación parcial; confunde energía y potencia o cree que la energía «se pierde» sin más.	Errores esenciales: confunde calor y temperatura o ignora la conservación.	
Datos y resolución	Planteamiento con balance de energía, cálculos con unidades (J, W, kWh, °C), conversión correcta (kWh a J, g a kg) y comprobación del orden de magnitud en todos los problemas.	Procedimiento correcto con fallos menores de unidades o de redondeo.	Procedimiento incompleto: faltan unidades, el balance o la comprobación.	No hay estrategia válida o los resultados no tienen planteamiento.	
Investigación	Hipótesis previas, variables controladas, gráfica de energía por bote, balance de calor con porcentaje de pérdida y conclusión proporcionada a los datos con sus límites.	Diseño y análisis adecuados con alguna conclusión poco matizada.	Datos o control de variables insuficientes; la gráfica no se interpreta.	No distingue dato, hipótesis y conclusión.	
Seguridad y lenguaje	Cumple las normas con autonomía (agua caliente, derrames, zona de botes) y distingue en la auditoría datos reales de ilustrativos con vocabulario preciso.	Cumple las normas con fallos menores; lenguaje correcto.	Necesita recordatorios de seguridad; lenguaje impreciso.	Incumple normas o comunica de forma inadecuada.	
Revisión y cooperación	Revisa la auditoría de otro equipo con evidencias (unidades, balances, fuentes) y mejora la propia con sus aportaciones; cumple su rol.	Revisa y cumple su rol con propuestas útiles.	Participa de forma irregular; revisión superficial.	No revisa o dificulta el trabajo del equipo.	

Observaciones del docente

Valoración global

ANEXO 7

Autoevaluación y coevaluación

SdA 10 · Energía: conservar, transferir y decidir

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Parte 1 · Autoevaluación

Afirmación	Aún no	Con ayuda	Bien	Muy bien
Sé hacer un balance de energía con conservación y rozamiento y calcular una velocidad o una altura.	◯	◯	◯	◯
Sé calcular el consumo en kWh, el coste y el ahorro de una medida, y distinguir energía y potencia.	◯	◯	◯	◯
He cumplido mi rol y mis tareas dentro del equipo.	◯	◯	◯	◯
He escuchado y tenido en cuenta las ideas de los demás.	◯	◯	◯	◯
He usado fuentes y evidencias para justificar mis ideas.	◯	◯	◯	◯
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

Material de apoyo y refuerzo

SdA 10 · Energía: conservar, transferir y decidir

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

Apoyo con un ejemplo resuelto paso a paso, un cuadro de fórmulas y problemas de un solo paso.

Ejemplo resuelto: una pelota que cae

Datos: $m = 0{,}5\ \text{kg}$ cae desde $h = 2\ \text{m}$ sin rozamiento; $g = 9{,}8\ \text{m/s}^2$.

1. Energía potencial inicial: $E_p = m\,g\,h = 0{,}5 \cdot 9{,}8 \cdot 2 = 9{,}8\ \text{J}$.
2. En el suelo toda la energía es cinética: $E_c = 9{,}8\ \text{J}$.
3. Velocidad: $v = \sqrt{2\,E_c/m} = \sqrt{2 \cdot 9{,}8/0{,}5} = 6{,}26\ \text{m/s}$.

Cuadro de fórmulas

- Energía cinética: $E_c = \frac{1}{2}\,m\,v^2$
- Energía potencial: $E_p = m\,g\,h$
- Trabajo: $W = F\,d\cos\alpha$
- Potencia: $P = W/t$
- Calor: $Q = m\,c\,\Delta T$
- Ondas: $v = \lambda\,f$
- Consumo: $E\ (\text{kWh}) = P\ (\text{kW}) \cdot t\ (\text{h})$

Recuerda: $1\ \text{kWh} = 3{,}6 \cdot 10^6\ \text{J}$ y $c_{\text{agua}} = 4180\ \text{J/(kg} \cdot \text{K)}$.

1 **Calcula la energía cinética de un balón de 0,4 kg que va a 10 m/s.**

2 **Calcula la energía potencial de una maleta de 8 kg a 1,5 m de altura.**

3 **Un motor realiza 500 J de trabajo en 10 s. Calcula su potencia.**

4 **Calcula el calor necesario para calentar 0,2 kg de agua en 10 °C (c = 4180 J/(kg·K)).**

5 **Una bombilla LED de 10 W está encendida 5 h. Calcula la energía en kWh y el coste a 0,15 €/kWh (precio ilustrativo).**

6 **Completa: en una onda sonora de 170 Hz y 2 m de longitud de onda, la velocidad es ___ m/s.**

$v = \lambda \cdot f =$ _____ m · _____ Hz = _____ m/s

ANEXO 9

Actividad de ampliación

SdA 10 · Energía: conservar, transferir y decidir

ALUMNADO

Nombre: Curso/grupo: Fecha:

El rizo de la montaña rusa y el ruido de la megafonía

Un rizo vertical de radio $r = 4{,}0\ \text{m}$ solo se supera si el carro llega arriba con la velocidad mínima $v^2 = g\,r$. Con la conservación de la energía vais a hallar la altura mínima de salida y, después, estudiaréis el nivel sonoro con logaritmos.

Pasos

1. En lo alto del rizo (altura $2r$) el carro lleva $v^2 = g\,r$. Escribe la energía mecánica en la salida (altura h, reposo) y en lo alto del rizo y halla h. Comprueba que $h = 2{,}5\,r$ = 10 m.
2. Si hasta lo alto del rizo se disipa un 12 % de la energía inicial, ¿qué altura mínima de salida hace falta?
3. El nivel sonoro es $\beta = 10\ \log(I/I_0)$ con $I_0 = 10^{-12}\ \text{W/m}^2$. Calcula β para la megafonía de 0,5 W a 10 m, 20 m y 40 m y comprueba que cada vez que se duplica la distancia baja unos 6 dB.
4. ¿A qué distancia de la megafonía el nivel baja a 65 dB (conversación fuerte)? Despeja r con $I = P/(4\pi r^2)$.

Entrega

Una página con los cálculos de la altura mínima (sin y con pérdidas), la tabla de niveles sonoros y la distancia de 65 dB, y una recomendación sobre el uso de la megafonía en el recreo.

ANEXO 10

Guía docente de respuestas y orientaciones

SdA 10 · Energía: conservar, transferir y decidir

DOCENTE

Ficha 1

1. Diagnóstico: energía cinética; del agua caliente a la fría; en el vacío; energía; ha disminuido porque parte se ha convertido en calor.
2. Predicciones: respuesta abierta. Lo esperable es 0,50-0,60 m de rebote, una temperatura final de 35-40 °C (teórica 38,0 °C) y una velocidad de 20-22 km/h sin rozamiento (5,94 m/s = 21,4 km/h).
3. Estimación de aparatos: abierta. Suelen consumir más energía los aparatos de mucha potencia usados durante horas (calefacción, horno, termo) que los de potencia pequeña siempre encendidos.

Ficha 2

1. Relaciona: energía cinética → bola de bolos rodando; energía potencial gravitatoria → agua de un depósito elevado; calor → cuchara que se calienta; trabajo → empujar un carrito 5 m.
2. Transformaciones: patinador → Ep a Ec, calor por rozamiento; hervidor → energía eléctrica a calor del agua, calor al entorno; panel solar → energía luminosa a eléctrica, calor; altavoz → eléctrica a sonora, calor.
3. a) $v = 25$ m/s; $E_c = \frac{1}{2}\cdot 1200\cdot 25^2 = 375\,000$ J. b) $E_p = 2\cdot 9{,}8\cdot 5 = 98$ J; $v = \sqrt{(2\cdot 9{,}8\cdot 5)} = 9{,}9$ m/s. c) $W = 50\cdot 4\cdot \cos 60° = 100$ J.
4. Tabla de ondas: 440 Hz → $\lambda = 343/440 = 0{,}78$ m; luz verde: $f = 3{,}00\cdot 10^8/550\cdot 10^{-9} = 5{,}45\cdot 10^{14}$ Hz; FM 100 MHz → $\lambda = 3{,}00$ m; cuerda: $v = 0{,}5\cdot 2 = 1$ m/s.

Ficha 3

1. a) Sin rozamiento: $v = \sqrt{(2\cdot 9{,}8\cdot 1{,}8)} = 5{,}94$ m/s = 21,4 km/h; con 20 % de pérdida: $E_c = 847$ J, $v = \sqrt{(2\cdot 847/60)} = 5{,}31$ m/s = 19,1 km/h. b) $W_{roz} = -212$ J; $F = 212/2{,}83 \approx 75$ N. c) No: la velocidad sin rozamiento no depende de la masa.
2. a) $W = m\,g\,h = 200\cdot 9{,}8\cdot 3 = 5880$ J; P útil $= 5880/10 = 588$ W. b) $\eta = 588/800 = 0{,}735 = 73{,}5$ %. c) $P = 60\cdot 9{,}8\cdot 3{,}6/8 = 265$ W.
3. $Q = 1{,}5\cdot 4180\cdot(100 - 15) = 532\,950$ J = 0,148 kWh; energía eléctrica $= 532\,950/0{,}90 = 592\,167$ J = 0,164 kWh; $t = 592\,167/2000 = 296$ s ≈ 4,9 min; coste $= 0{,}164\cdot 0{,}15 = 0{,}025$ € (unos 2,5 céntimos, precio ilustrativo).
4. a) $d = 343\cdot 6 = 2058$ m ≈ 2,1 km. b) La onda recorre ida y vuelta: $d = 343\cdot 0{,}20/2 = 34{,}3$ m. c) $I(10\text{ m}) = 0{,}5/(4\pi\cdot 10^2) = 3{,}98\cdot 10^{-4}$ W/m² ≈ 86 dB; $I(20\text{ m}) = 9{,}95\cdot 10^{-5}$ W/m² ≈ 80 dB.

Ficha 4

1. Lista de seguridad: todas las casillas marcadas antes de empezar; el responsable firma al terminar.
2. Rebote esperable (suelo duro): $h_1 = 0{,}50$-$0{,}60$ m; $h_2 = 0{,}27$-$0{,}36$ m; $h_3 = 0{,}15$-$0{,}21$ m. Con $m = 0{,}058$ kg: $E_0 = 0{,}568$ J; $E_1 = 0{,}313$ J.
3. Mezcla esperable: T_f teórica 38,0 °C; medida entre 36,5 y 37,7 °C (0,3-1,5 °C menos por pérdidas al vaso y al aire).

Ficha 5

1. Energías: 0,568; 0,313; 0,171; 0,097; 0,051 J; fracción ≈ 0,55 por bote. Curva exponencial decreciente, nunca llega a cero.
2. Primer bote: $\Delta E = 0{,}568 - 0{,}313 = 0{,}256$ J = 45 %. v antes $= \sqrt{(2\cdot 9{,}8\cdot 1{,}00)} = 4{,}43$ m/s; v después $= \sqrt{(2\cdot 9{,}8\cdot 0{,}55)} = 3{,}28$ m/s; cociente 0,74. La energía disipada pasa a la deformación y el calentamiento de la pelota y el suelo y al sonido.
3. Q cedido $= 0{,}150\cdot 4180\cdot(50{,}0 - 37{,}2) = 8026$ J; Q ganado $= 0{,}100\cdot 4180\cdot(37{,}2 - 20{,}0) = 7190$ J; diferencia 836 J ≈ 10,4 % perdido al vaso y al entorno. T_f teórica = 38,0 °C.
4. Errores: lectura de la altura (paralaje; usar vídeo lento), pérdida de calor al vaso y al aire (usar vaso aislante y tapar), lectura del termómetro antes de que se estabilice (esperar al máximo).

Ficha 6

1. Tubos: 504 kWh, 75,6 €, 50,4 kg CO_2. Ordenadores: 15·0,12·3·175 = 945 kWh, 141,75 €, 94,5 kg. Proyector: 175 kWh, 26,25 €, 17,5 kg. Stand-by: 16·0,004·16·175 = 179,2 kWh, 26,88 €, 17,9 kg. Total: 1803,2 kWh, 270,48 €, 180,3 kg CO_2.
2. a) LED: 12·0,018·6·175 = 226,8 kWh; ahorro = 504 − 226,8 = 277,2 kWh, 41,58 € y 27,7 kg CO_2. b) Sin stand-by: 179,2 kWh, 26,88 € y 17,9 kg CO_2. Ahorro conjunto: 456,4 kWh ≈ 68,5 € y 45,6 kg CO_2 (25 % del total).
3. Producción: 4,8·1500 = 7200 kWh/año frente a 720 kWh/año: cubre 10 veces el consumo en balance anual. Limitación: se produce a mediodía y los focos se usan por la tarde-noche, por lo que haría falta conexión a la red o batería (y el excedente solo vale si se vierte o se comparte).
4. Revisión cruzada: abierta; las propuestas deben ser concretas (añadir unidades, justificar el origen de datos), no genéricas.

Ficha 7

1. a) $v = \sqrt{(2 \cdot 9{,}8 \cdot 20)} = 19{,}8$ m/s = 71,3 km/h. b) Ec = 0,88·400·9,8·20 = 68 992 J; $v = \sqrt{(2 \cdot 68\,992/400)} = 18{,}6$ m/s = 66,9 km/h; h máx = 0,88·20 = 17,6 m.
2. P útil = 400·9,8·20/40 = 1960 W; P eléctrica = 1960/0,60 = 3267 W = 3,27 kW; energía por subida = 3,27·40/3600 = 0,0363 kWh; 600 subidas = 21,8 kWh; coste = 3,27 € al día (precio ilustrativo).
3. d = 343·4,0 = 1372 m ≈ 1,4 km. La luz viaja a $3{,}00 \cdot 10^8$ m/s y el sonido a 343 m/s: la luz llega prácticamente al instante.
4. Medidas: LED y apagado de stand-by, más rendimiento del motor (60 % a 80 % reduciría el consumo a 3/4), contrapesos o frenos regenerativos, autoconsumo solar; valoración numérica abierta.

Refuerzo (Anexo 8)

1. Ec = ½·0,4·10^2 = 20 J. Ep = 8·9,8·1,5 = 117,6 J. P = 500/10 = 50 W.
2. Q = 0,2·4180·10 = 8360 J. LED: 0,010 kW·5 h = 0,05 kWh; coste = 0,05·0,15 = 0,0075 €.
3. v = 2·170 = 340 m/s.

Ampliación (Anexo 9)

1. m g h = m g (2r) + ½ m (g r) → h = 2r + r/2 = 2,5 r = 10 m. Con un 12 % de pérdidas hasta lo alto del rizo: h = 10/0,88 = 11,4 m.
2. $\beta(10\text{ m}) = 10 \log(3{,}98 \cdot 10^{-4}/10^{-12}) = 86{,}0$ dB; β(20 m) = 80,0 dB; β(40 m) = 74,0 dB: baja 6 dB al duplicar la distancia.
3. 65 dB → $I = 10^{-12} \cdot 10\text{^}6{,}5 = 3{,}16 \cdot 10^{-6}$ W/m²; $r = \sqrt{(P/(4\pi I))} = \sqrt{(0{,}5/(4\pi \cdot 3{,}16 \cdot 10^{-6}))} = 112$ m.

Errores frecuentes

- Confundir energía (J, kWh) con potencia (W, kW) y escribir «consume 3 kW al día».
- Pensar que la energía «desaparece» al rozar: se transforma en calor y sonido; solo la energía mecánica disminuye.
- Confundir calor y temperatura, o creer que el calor pasa del cuerpo frío al caliente.
- Olvidar pasar g a kg, cm a m o kWh a J antes de calcular.
- Usar la masa en la velocidad al caer sin rozamiento (no depende de la masa) o la altura medida de forma equivocada.

Criterios para valorar respuestas abiertas

- Se valora el método: sistema, estados inicial y final, balance de energía, cálculo con unidades y comprobación; un resultado correcto sin balance no alcanza el nivel 4.
- Los datos de consumo, precios y factor de emisión de F6 son ilustrativos; el mix de F7 procede de REE (cierre de 2025). Conviene actualizar con la factura real del centro.
- Seguridad: agua a 50 °C como máximo, servida por el docente; controlar derrames y la zona de botes.
- Se admiten diferencias del 5-10 % en los resultados experimentales respecto a los de la guía.

Créditos, fuentes y condiciones de uso

Edición revisada: octubre de 2026

Situaciones de aprendizaje · Física y Química · 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 propuestas usan material escolar y sustancias de bajo riesgo, sin llama abierta, alta tensión, recipientes presurizados ni reactivos peligrosos. Las **fichas de seguridad** de los productos y las **normas del centro** prevalecen siempre sobre este cuaderno.

Fuentes de referencia

Bureau International des Poids et Mesures (BIPM, *El Sistema Internacional de Unidades*) y Centro Español de Metrología; IUPAC (tabla periódica y recomendaciones de nomenclatura) y RSEQ; NIST (constantes y datos de referencia); Red Eléctrica (REE), IDAE y Ministerio para la Transición Ecológica (datos de energía); AEMET; Dirección General de Tráfico (seguridad vial); NASA y ESA; y las fuentes citadas en cada dossier. Los casos, personajes y conjuntos de datos señalados como ficticios o ilustrativos han sido creados para el aula.

Diseño

Esquemas, modelos, 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.