

¡STAGE 3

FÚTBOL EN LA ENSEÑANZA DE CIENCIAS



INFORMACIÓN LEGAL

PUBLICADO POR

Science on Stage Deutschland e. V.
Poststraße 4/5
10178 Berlín (Alemania)

COORDINADORES DE LOS TALLERES

Biosfera

Jean-Luc Richter
Collège Jean-Jacques Waltz, Marckolsheim, Francia
jeanluc.richter@gmail.com

Cuerpo

Prof. Dr. Miguel Andrade
Universidad Johannes Gutenberg de Mainz, Alemania
andrade@uni-mainz.de

Balón

Dr. Jörg Gutschank (coordinador principal)
Leibniz Gymnasium | Dortmund International School,
Dortmund, Alemania
Presidente Science on Stage Deutschland e. V.
j.gutschank@science-on-stage.de

Big Data

Bernard Schriek (ret.)
Marien-Gymnasium Werl, Alemania
bernard.schriek@t-online.de

COORDINACIÓN Y EDICIÓN GENERAL SCIENCE ON STAGE DEUTSCHLAND E. V.

Stefanie Schlunk, Director Ejecutivo
Johanna Schulze, Subdirector Ejecutivo
Daniela Neumann

REVISIÓN Y TRADUCCIÓN

TransForm Gesellschaft für Sprachen- und Mediendienste mbH
www.transformcologne.de

CRÉDITOS

Los autores han comprobado todos los aspectos relacionados con los derechos de autor de las imágenes y textos que figuran en esta publicación según su leal saber y entender.

DISEÑO

WEBERSUPIRAN.berlin

ILUSTRACIÓN

Tricom Kommunikation und Verlag GmbH
www.tricom-agentur.de

CON EL APOYO DE

SAP

PEDIDO DE EJEMPLARES

www.science-on-stage.de
info@science-on-stage.de

ISBN (PDF) 978-3-942524-46-9

Licencia Creative Commons: Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual



Primera edición publicada en 2016
© Science on Stage Deutschland e. V.

ÍNDICE

04 Bienvenida

05 Prólogo iStage 3

06 Participantes

07 BIOSFERA

08 Verde que te quiero, verde

12 Pisoteando la huella de carbono

16 La frecuencia perfecta

21 CUERPO

22 En forma física

26 Bebe y piensa

32 Manejo del balón

39 BALÓN

40 Bajo presión

46 Que no toque el suelo

52 Física con efecto

57 BIG DATA

58 Juego de datos

64 Pena máxima

68 Mercado de goles

74 Las TIC ayudan a marcar goles

76 Material y recursos adicionales · eventos del proyecto

77 Parejas de cartas



BIENVENIDA



El fútbol es más que un juego. Ningún otro deporte une a tanta gente en todo el mundo. Antes, el fútbol consistía en una combinación de fuerza y resistencia, y los métodos de entrenamiento se correspondían con estos requisitos. Pero hoy en día, para “marcarse un tanto”, los clubs usan cada vez más tecnologías innovadoras, para identificar rápidamente a los mejores jugadores del mercado, desarrollar el talento de los que ya son suyos de forma más eficaz y fidelizarlos a largo plazo, adaptando la filosofía de juego del club si es necesario, y desarrollar estrategias ganadoras. Esto se aplica tanto a jugadores como a entrenadores, cazatalentos, equipos médicos y a los procesos de negocio de los clubs.

Con herramientas de última generación como *SAP Sports One*, ahora los partidos se pueden analizar digitalmente en tiempo real en un smartphone. Jugadores y entrenadores pueden usar tecnologías de información y comunicación (TIC) ultramodernas para analizar parámetros de rendimiento y preparar así los partidos con mayor eficacia. La selección alemana ganó el Mundial de Brasil en 2014 con ayuda de esta herramienta ana-

lítica. Clubs como el Bayern de Múnich también la utilizan en los entrenamientos. Las soluciones de SAP para el deporte les ofrecen una ventaja competitiva, por lo que siempre van un paso por delante de los rivales.

Pero el análisis del juego no es solo para profesionales. ¡Ni mucho menos! También se puede integrar eficazmente en el aula en la enseñanza de las asignaturas de ciencias. Usando el fútbol como ejemplo, se pueden investigar directamente en la práctica muchas cuestiones interdisciplinarias de los campos de la ciencia y la tecnología. El entusiasmo de los alumnos por este deporte puede despertar el deseo de saber más, e incluso ser el principio de una gran carrera. Esto es algo especialmente importante para nosotros como empresa de TI.

Por eso SAP tiene como prioridad especial fomentar el interés de los jóvenes en las asignaturas de ciencias usando métodos prácticos en una fase temprana. El dossier *iStage 3 – Fútbol en la enseñanza de ciencias* muestra cómo puede hacerse con éxito. El material ofrece muchos ejemplos de enseñanza creativa que profesores y alumnos recordarán durante mucho tiempo.

Estoy encantado de poder apoyar a Science on Stage Deutschland e.V. en este proyecto. Estoy seguro de que, tras los dos dossiers anteriores, *iStage 1 – Materiales para la enseñanza de TIC en ciencias naturales* y *iStage 2 – Smartphones en la enseñanza de ciencias*, este también será un gran éxito. Mi agradecimiento especial a Science on Stage Deutschland por nuestra colaboración fluida y, sobre todo, a los profesores de 15 países europeos que han hecho posible este dossier gracias a su profundo compromiso personal y su gran esfuerzo.

MICHAEL KLEINEMEIER

Miembro del Consejo de SAP SE

ISTAGE 3: HECHO POR PROFESORES PARA PROFESORES

EL PROFESOR Y EL TEMA SON LO QUE DE VERDAD IMPORTA.

En el año 2000, cientos de profesores de toda Europa respondían a la llamada de la Unión Europea y EIROforum para mejorar la educación científica en la UE. Nos reunimos en el CERN con motivo del evento "Physics on Stage", precursor de los festivales Science on Stage que se celebran ahora cada dos años en distintos países europeos. Por aquel entonces, mucho antes de la famosa encuesta realizada por John Hattie, ya teníamos cada vez más claro que uno de los factores decisivos para el éxito de la enseñanza es el profesor.

Para que los profesores europeos tuvieran más oportunidades de compartir sus excelentes ideas, además de los festivales, Science on Stage ha desarrollado actividades de seguimiento. Una de estas actividades es iStage, que cuenta con el generoso apoyo de SAP. En iStage 3 tratamos un tema que interesa mucho a nuestros alumnos: el fútbol.

20 de los mejores profesores de 15 países europeos trabajaron juntos durante año y medio para compartir sus conocimientos. Crearon unidades didácticas para los campos de la biología, química, física, informática y matemáticas, sobre temas como la biosfera, el cuerpo humano, el balón o el big data. Aquí podemos ver que el fútbol se presta muy bien a la enseñanza de las ciencias naturales.

El proceso de creación de los dossiers iStage es algo especial, ya que nos centramos sobre todo en las aptitudes profesionales de los profesores. Durante las reuniones personales, estos expertos de distintos países desarrollan las ideas para los dossiers teniendo en cuenta la situación en sus centros educativos.



Los profesores prueban las unidades didácticas en clases reales y por ello estamos seguros de que presentamos ejemplos que funcionan en la vida real. Para crear este dossier, los participantes en iStage 3 trabajaron duro durante su tiempo libre, compatibilizándolo con su trabajo habitual. ¡Gracias por este esfuerzo! Los resultados son fantásticos.

Nuestra trilogía iStage ya está completa. Naturalmente, seguiremos trabajando, pues Science on Stage sabe bien que lo que de verdad importa son el profesor y el tema.

DR. JÖRG GUTSCHANK

Leibniz Gymnasium | Dortmund International School
Presidente de Science on Stage Deutschland e. V.
Coordinador principal



PARTICIPANTES

20 PARTICIPANTES DE 15 PAÍSES

Nombre	Apellido	País	Sección
Miguel	Andrade	Alemania	Coordinador Cuerpo
Kirsten	Biedermann	Alemania	Balón, Cuerpo
Pere	Compte	España	Big Data
David	Featonby	Reino Unido	Cuerpo
Anders Erik	Florén	Suecia	Balón
Márta	Gajdosné Szabó	Hungría	Biosfera
Jörg	Gutschank	Alemania	Coordinador Balón
Janine	Hermann	Suiza	Biosfera
Philippe	Jeanjacquot	Francia	Balón
Stephen	Kimbrough	Alemania	Big Data
Dionysis	Konstantinou	Grecia	Balón
Maeve	Liston	Irlanda	Big Data
Andreas	Meier	Alemania	Balón, Cuerpo
Georgia	Messori	Italia	Biosfera
Marco	Nicolini	Italia	Big Data
Jean-Luc	Richter	Francia	Coordinador Biosfera
Bernard	Schriek	Alemania	Coordinador Big Data
Maaïke	Smeets	Países Bajos	Biosfera
Richard	Spencer	Reino Unido	Biosfera
Damjan	Štrus	Eslovenia	Big Data
Emmanuel	Thibault	Francia	Cuerpo
Corina	Toma	Rumanía	Balón, Cuerpo
Zbigniew	Trzmiel	Polonia	Balón
Stefan	Zunzer	Austria	Cuerpo



BIOSFERA

El proceso fundamental de aprendizaje de la ciencia requiere mirar alrededor para comprender cómo funciona la naturaleza, pensar en cómo describirlo y experimentar con diferentes teorías para poder validar alguna.

A veces resulta difícil hacerlo en el aula, pues a los profesores les puede costar que sus alumnos se sientan realmente implicados en un “descubrimiento”. Esta tarea resulta más sencilla si encontramos una forma de llamar su atención. Al relacionar los experimentos con el fútbol, hacemos más accesible este proceso, ya que a la mayoría de los alumnos les gusta este deporte y enseguida se entusiasman al verse capaces de conectar su deporte favorito con las ciencias.

En la sección Biosfera nos centramos en el aspecto medioambiental del fútbol. La primera tarea consiste en estudiar el campo de fútbol y observar con más detalle el césped sobre el que se juega. En la unidad “Verde que te quiero, verde”, los alumnos cultivan semillas de césped en un estuche de CD bajo diferentes condiciones de luz, humedad, temperatura, etc., y analizan las propiedades del césped además de obtener una perspectiva única del desarrollo de las raíces.

En la segunda unidad didáctica de esta sección, “Pisoteando la huella de carbono”, jugamos con un tema tan serio como el impacto medioambiental de un campeonato de fútbol como el de Francia en 2016. En este juego de cartas, los alumnos tienen que encontrar formas de reducir la huella de carbono de un estadio de fútbol y crear un entorno más sano, pensando en los efectos del estadio sobre el ruido, el agua, etc. El juego, que combina la búsqueda de soluciones abiertas y preguntas de elección limitada, es parecido al “memory”, por lo que será divertido para alumnos de distintas edades, pues puede adaptarse fácilmente a sus necesidades. Además, el profesor puede inventarse sus propias preguntas, pues todas las unidades didácticas del dossier están diseñadas para que puedan adaptarse al currículo de cada país. Para que a los alumnos les resulte fácil formular preguntas, ofrecemos documentación adicional en la web de Science on Stage^[1].

Durante el proceso de creación de iStage 3, nuestro colega inglés Richard Spencer, nombrado uno de los diez mejores profesores del mundo en 2015, oyó que los parásitos conocidos como nematodos eran un gran problema en los campos de fútbol.



Se le ocurrió probar distintas formas de erradicarlos. Así pues, fue con sus alumnos a un estadio para tomar muestras de tierra. El grupo realizó una sesión de reflexión para determinar cómo estructurar los experimentos: recuento de nematodos, experimentación con distintos métodos de exterminio y comprobación de los resultados finales. Lamentablemente, tras horas de preparación, los alumnos descubrieron que había muy pocos nematodos en las muestras recogidas, por lo que la erradicación era innecesaria. En el proceso también aprendieron algo muy importante en la ciencia: incluso un experimento fallido puede enseñarnos algo. Como los estudiantes habían pasado mucho tiempo estudiando el césped, descubrieron que en algunos estadios se utilizaba luz artificial para acelerar la recuperación del campo después de un partido. Esto les inspiró para proponer la unidad didáctica “La frecuencia perfecta”, que se centra en los efectos de la luz con diferentes longitudes de onda en el crecimiento del césped.

JEAN-LUC RICHTER

Collège Jean-Jacques Waltz
Marckolsheim, Francia
Coordinador

[1] www.science-on-stage.de/iStage3_materials

MÁRTA GAJDOSNÉ SZABÓ · JANINE HERMANN · MAAIKE SMEETS

VERDE QUE TE QUIERO, VERDE



🔍 Césped del campo de fútbol, morfología del césped, especies de césped

📖 Biología

👥 12–15 años

🔍 Los estudiantes deben saber utilizar un microscopio óptico.

1 | SUMARIO

Esta unidad didáctica trata sobre cómo identificar las propiedades del césped necesario para conseguir el mejor césped. ¿Qué cualidades debe tener?

Cada tipo de césped tiene sus cualidades. Algunas características son necesarias para el césped de un campo de fútbol, mientras que otras no son tan importantes. En este proyecto intentamos encontrar la especie de césped perfecto y comparar su morfología con las especies existentes.

2 | INTRODUCCIÓN DE CONCEPTOS

Cada especie de césped tiene sus propias cualidades. ¿Cuáles se necesitan para el césped de un campo de fútbol?

- Un firme sistema radicular impide que el césped salga volando.
- Las formas de mayor crecimiento horizontal son más resistentes (menor probabilidad de que resulten dañadas al pisotearla con las botas de fútbol).
- El césped con menor cantidad de estomas es más resistente a la sequía.

Para este proyecto se necesitará lo siguiente:

- Cajas de CD (para cultivar el césped, FIG. 1)
- Tierra para macetas
- Semillas (raigrás perenne [*Lolium perenne*], grama común [*Cynodon dactylon*], espiguilla [*Poa annua*], cualquier otra especie de césped que pudiera ser adecuada)
- Un microscopio (para ver los estomas)
- Esmalte de uñas
- Cinta de embalar
- Una lupa

3 | QUÉ HACEN LOS ALUMNOS

3|1 Introducción general sobre el césped de fútbol

El césped de un campo de fútbol sufre mucho. Es pisoteado por los jugadores, y sufre un gran desgaste. Sin embargo, es importante que el césped esté bonito todo el año, especialmente para los partidos internacionales y de primera división. En el mundo existen unas 8.000 especies distintas de césped aproximadamente. No todas son adecuadas para el césped de fútbol. Dos de las cualidades que requiere el césped de fútbol son raíces que se agarren firmemente al suelo y hojas que no queden dañadas al pisotearlas. En esta unidad diseñaremos el césped perfecto para un campo de fútbol y compararemos sus características con las de los céspedes que se utilizan en los campos profesionales.

3|2 Diseño del césped perfecto para el fútbol

Los alumnos dibujarán el césped perfecto (sistema radicular, hojas, tallos) para jugar al fútbol. Para ello:

Buscarán una imagen de algún tipo de césped en Internet para ver la forma de crecimiento del césped en general. Hay que tener en cuenta que el césped no debe resultar demasiado dañado cuando lo pisoteen, y que debe estar unido firmemente a la tierra, además de poseer otras cualidades deseables.

3|3 Cultivo de césped para fútbol

Se llena un estuche de CD hasta la mitad con compost, y se plantan las semillas a 1 cm de profundidad de la superficie. Se coloca el estuche de CD de pie en una bandeja llena con 2 cm de agua (de modo que la tierra se mantenga húmeda). Debe quedar como en la imagen de la FIG. 1. Se deja crecer durante un tiempo (FIG. 2) en un alféizar soleado, comprobando de vez en cuando que tenga suficiente agua. Se puede hacer con raigrás, grama común, espiguilla u otras especies que crezcan cerca del centro educativo o de las casas de los alumnos. Cada especie debe tener su propio estuche de CD y estar colocada en el mismo alféizar.

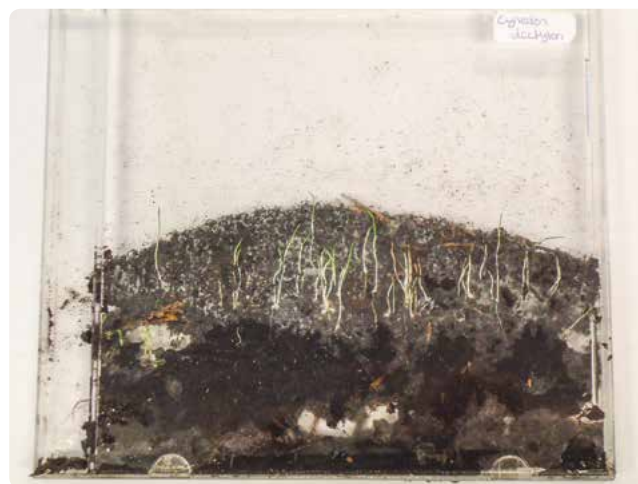


FIG. 1 *Cynodon dactylon*

Se necesita un tiempo para que el césped germine y crezca hasta un tamaño adecuado para estudiarlo. En esta tabla puede verse el tiempo necesario (FIG. 2).

FIG. 2 Tiempo de cultivo

Especies	Días hasta la germinación	Días de estudio
<i>Cynodon dactylon</i>	11	Más de 30
<i>Poa annua</i>	5	30
<i>Lolium perenne</i>	4	30

3|4 Estudio de los tallos y las hojas

¡Enhorabuena, el césped ha crecido! Ahora se hacen dos dibujos por cada especie de césped. El primero, de los tallos y las hojas para mostrar cómo se han distribuido en el estuche de CD (pue-

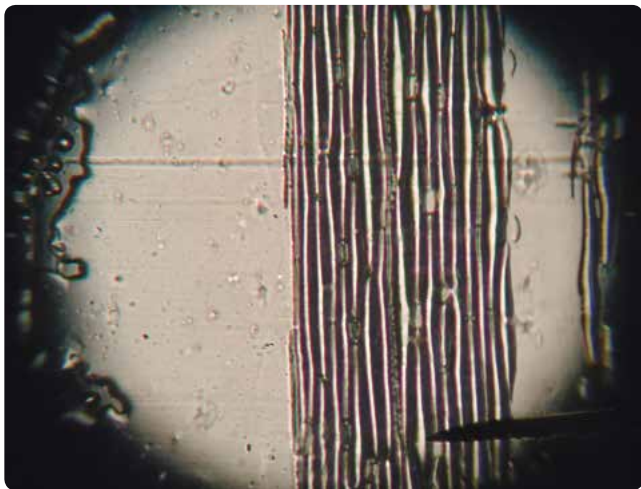


FIG. 3 Estoma de *Poa annua* con un aumento de 100x

de abrirse para verlo mejor]. El segundo dibujo será del tallo y las hojas de una brizna de césped.

Se deberán responder las siguientes preguntas:

- ¿Qué longitud tiene el tallo?
- ¿A qué distancia aparece la primera hoja?

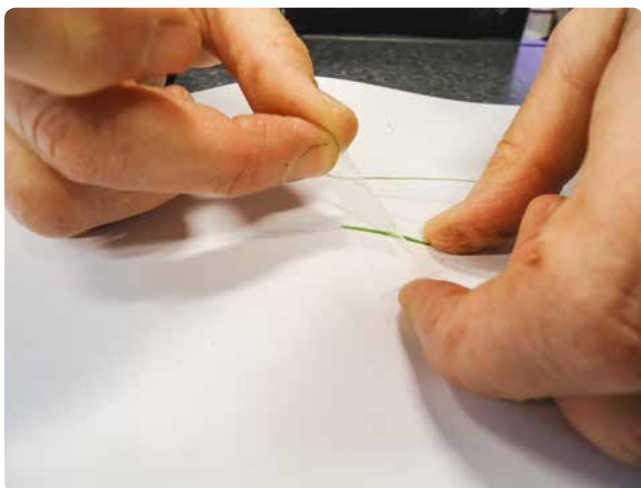
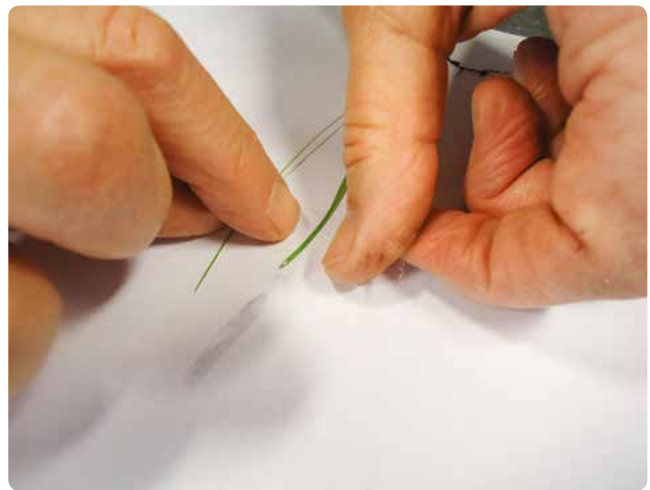
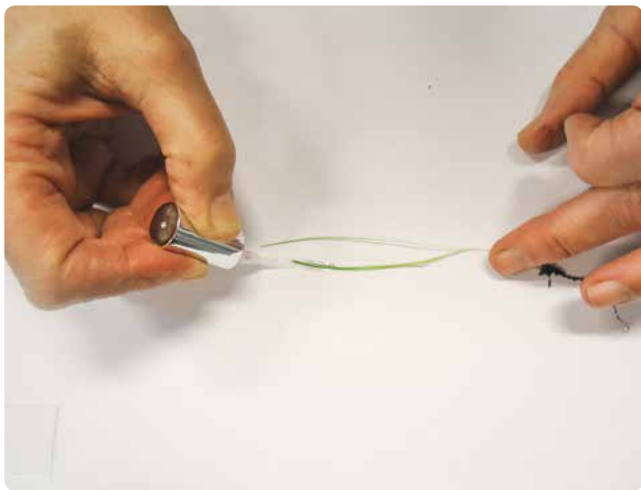


FIG. 4-7 Técnica para averiguar el número de estomas

- ¿Cuántas hojas se han formado?
- ¿Qué longitud tienen las hojas? ¿Qué anchura tienen en su punto más ancho?
- ¿Qué especie es la que más se aproxima al césped ideal para fútbol?

3 | 5 Estudio del estoma (FIG. 3)

El estoma de la parte inferior de las hojas permite el intercambio de gases. Cuando los estomas se abren, el dióxido de carbono entra y el oxígeno sale para facilitar la fotosíntesis. El agua también sale de la planta a través de los estomas abiertos. De esta forma se mantiene el flujo de agua a través del césped, flujo que es fundamental para que la planta absorba minerales. Pero en un día seco y caluroso, el césped se marchitará y morirá si los estomas se quedan abiertos. Cuando hay muchos estomas aumenta la cantidad de fotosíntesis, pero también el riesgo de que el césped se marchite.

Los alumnos contarán el número de estomas de todos los céspedes de acuerdo con las instrucciones siguientes (FIGS. 4-7):

- Pintar con esmalte de uñas transparente la parte inferior de la primera hoja. Dejar que se seque.
- Usar cinta adhesiva para quitar el esmalte de uñas y colocar

la cinta adhesiva (con la impresión del esmalte) sobre un portaobjetos (marcar el portaobjetos).

Colocar el portaobjetos bajo el microscopio con un aumento de 400×. Dibujar un estoma, junto con las células que lo rodean. A continuación, reducir el aumento a 100×, definir la superficie de la hoja en el campo visual y contar todos los estomas que quedan en el campo. Calcular el número de estomas por mm². Repetir con todas las especies.

Se deberán responder las siguientes preguntas:

- ¿Cuántos estomas había por campo visual para cada especie de césped?
- ¿Cuál está mejor adaptado a un clima seco?
- ¿Cuál está mejor adaptado a un clima húmedo?
- ¿Cuál crecería mejor en vuestro país? Explicad porqué.

3 | 6 Estudio del sistema radicular

Ahora que el césped ha crecido, también podemos estudiar las raíces. Primero hay que dibujar la forma en que se han organizado las raíces en el estuche de CD (puede abrirse para verlo mejor). El segundo dibujo será el de la raíz de una brizna de césped. Para ello se debe extraer una con cuidado y usar una lupa para aumentarla.

Se deberán responder las siguientes preguntas:

- ¿Qué longitud tiene la raíz?
- ¿Cuántas divisiones tiene la raíz?
- ¿En qué parte de la raíz (superior, media, inferior) se encuentran las divisiones?
- ¿Hay alguna raíz capaz de mantener el suelo junto? (Se debe pensar en una forma de comprobarlo).
- ¿Qué especie es la que más se aproxima al césped ideal para fútbol?

4 | CONCLUSIÓN

Los alumnos habrán diseñado el césped perfecto para un campo de fútbol y sembrado distintas especies de césped para estudiar sus propiedades. A continuación se debe explicar cuál de las especies merece el título de "mejor césped para campo de fútbol" en vuestro país.

Hemos supuesto que el mejor césped es un monocultivo, pero quizás un cultivo mixto sería mejor. Se deben exponer dos razones por las que un cultivo mixto puede ser preferible a un monocultivo.

5 | OPCIONES DE COOPERACIÓN


Los alumnos de distintos países pueden hacer el trabajo en colaboración y comparar las mejores especies de césped para sus respectivos países. El césped más adecuado para los Países Bajos puede ser distinto del mejor para Hungría. Los alumnos pueden pensar qué factores contribuyen a un buen crecimiento (luz, humedad, temperatura, etc.). Al comparar los climas de los países participantes, los alumnos deben intentar explicar por qué eligieron un tipo de césped concreto.





MÁRTA GAJDOSNÉ SZABÓ · JANINE HERMANN · GIORGIA MESSORI · MAAIKE SMEETS · RICHARD SPENCER


PISOTEANDO LA HUELLA DE CARBONO



 huella de carbono, sostenibilidad, contaminación acústica, contaminación del aire, efecto invernadero, medio ambiente

 química, matemáticas, física, biología, geografía, ecología, idioma extranjero integrado (nivel de edad: 14-16)

 10 – 16 años

 Materiales: Todos los documentos adicionales se pueden descargar desde la web de Science on Stage ^[1].

Parejas de cartas para el juego (ver p. 77), cartas de información, ejemplos de preguntas y respuestas, calculadora

1 | SUMARIO

El fútbol es un deporte muy popular en la mayoría de los países europeos. En los últimos años, los clubs principales (de primera división) se interesan cada vez más por el impacto ambiental del fútbol y por cómo reducir su huella de carbono. El objetivo de este proyecto es instruir a los alumnos sobre el impacto ecológico y medioambiental del fútbol y aumentar la sensibilización sobre cómo los clubs de fútbol podrían ser más sostenibles.

El mundo actual requiere una perspectiva global en cada asignatura y cada aula. Como educadores, nuestra tarea es ayudar a los alumnos dándoles las habilidades, herramientas y perspectivas que necesitan para convertirse en seres humanos completos, ciudadanos responsables del mundo y eficaces promotores de un futuro sostenible.

2 | INTRODUCCIÓN DE CONCEPTOS

Hemos creado un juego formativo para los alumnos que les hará reflexionar sobre la huella de carbono de un gran acontecimiento deportivo.

Hay seis parejas de cartas, y cada una se centra en un aspecto de la sostenibilidad. Para completar el juego, los jugadores deberán cubrir cada uno de ellos. El juego es adecuado para una amplia gama curricular de alumnos entre 10 y 16 años. Al responder a las preguntas, los alumnos aprenden sobre los complicados efectos de un gran acontecimiento deportivo internacional. También les ayuda a darse cuenta de nuestra responsabilidad cuando desperdiciamos o utilizamos la energía y recursos como el agua o los alimentos, y a descubrir lo frágil que es nuestro planeta.

Hemos elegido seis aspectos sobre cómo afecta un gran acontecimiento deportivo a su entorno natural. Los seis temas estudiados son: luz, viajes, césped verde, residuos, contaminación acústica y alimentos.

Qué tiene que hacer el profesor

En la primera lección, el profesor ayudará a los alumnos a revisar sus habilidades y conocimientos con:

- preguntas (¿Qué es la huella ecológica? ¿Dónde podemos encontrar información sobre este tema? ¿Qué sabemos de la producción, distribución y el consumo de energía?) y aclarar el objetivo de esta actividad,

- activando conocimientos previos mediante la tormenta de ideas (usando palabras clave),
- y explicando la estructura y las reglas del juego.

El profesor imprimirá las parejas de cartas y las cartas de información.

En la lección de desarrollo, el profesor explica las reglas del juego, forma grupos de cuatro alumnos cada uno (dependiendo de la clase), designa a un jefe para cada grupo y participa en el juego.

Las cartas de información ofrecen detalles sobre los siguientes aspectos: valores de las emisiones de dióxido de carbono de distintos tipos de transporte; reacción de combustión de diferentes combustibles; información sobre formas de ahorrar carbono y agua; significado de la eficacia luminosa y consumo eléctrico de distintos tipos de bombilla; un mapa de la eficiencia de una red de distribución; velocidad del sonido y nivel de presión acústica, etc. Todos los datos son útiles para solucionar problemas.



Durante la última lección, los alumnos deben reflexionar sobre los temas tratados y las dificultades que han encontrado. Todos los alumnos deberían aprender a superar juntos las dificultades y a autoevaluar a su grupo.

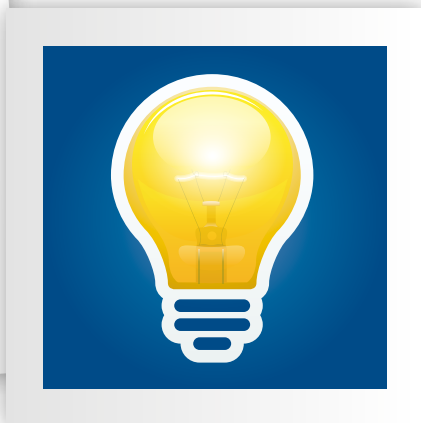
3 | QUÉ HACEN LOS ALUMNOS

El juego sigue las mismas reglas que el “memory”: 12 cartas, 6 parejas, 2 cartas por tema.

Temas: luz, viajes, césped verde, residuos, contaminación acústica, alimentos



Normas de trabajo: Se divide la clase en grupos con los nombres de sus equipos de fútbol favoritos. A continuación se colocan todas las cartas boca abajo sobre la mesa (también se puede utilizar una pizarra digital). El primer grupo coge una de las cartas, le da la vuelta, mira el símbolo y un miembro del grupo



explica lo que significa en un tiempo limitado (p. ej., se puede utilizar un cronómetro de cocina: recomendamos cinco minutos para un nivel superior y dos para uno más sencillo). Los alumnos más jóvenes pueden usar las palabras clave y los términos de las cartas de información como ayuda. Recomendamos que los alumnos más mayores usen sus conocimientos personales.

Opciones: Los alumnos más mayores pueden buscar en Internet datos científicos relevantes. El jefe del grupo contará al resto de la clase lo que ha averiguado sobre el tema.

Una vez transcurrido el tiempo dado, el profesor puede dar al equipo entre uno y cinco puntos. (Sugerencia: el profesor no debe decirle al grupo los puntos concedidos hasta que los demás grupos hayan hablado). A continuación, el grupo levanta una segunda carta; si coincide con el símbolo de la primera, el equipo deberá responder la pregunta del profesor sobre este tema especial, y podrá conseguir puntos adicionales (hasta un máximo de cinco). Si el equipo encuentra una pareja, esas cartas se quitan del juego.

Cada pareja de cartas vale como máximo diez puntos.

Si el equipo no encuentra la pareja de la primera carta, le tocará el turno al grupo siguiente. El siguiente grupo puede levantar una nueva carta o usar la misma, pero en este caso el equipo no podrá dar la misma explicación que el primer grupo. Este equipo dispondrá del mismo tiempo que el primero, y el profesor también le dará una puntuación.

Al final del juego, cuando no queden cartas sobre la mesa, la suma de todos los puntos determinará quién ha ganado.



4 | CONCLUSIÓN

Como profesores, debemos enseñar a nuestros alumnos la importancia de la sostenibilidad e infundirles un sentido de responsabilidad personal. Los temas tratados en el juego se refieren a ciencias naturales y matemáticas, y con los datos que obtienen los alumnos pueden reflexionar sobre ecología, la huella de carbono que dejan y la sostenibilidad de sus acciones diarias.

Algunas preguntas se pueden simplificar usando los datos de las cartas de información, ya que algunos problemas (que solo se leyeron una vez) eran difíciles. También se podrían imprimir las tareas para facilitar la colaboración dentro de los grupos cuando busquen las soluciones. Cuando probamos el juego en nuestras clases (de 14 años), todos los equipos intentaron solucionar los problemas para poder responder y conseguir dos puntos más si los otros equipos cometían algún fallo. El juego lo coordinó un alumno de un curso superior para fomentar la enseñanza mutua.

Ejemplo de sesión de juego de los alumnos

Después de dar a los alumnos información sobre los temas tratados en el juego, el profesor coloca las cartas sobre la mesa.

Ejemplo de introducción del profesor para el tema LUZ

“Cuando nos sentamos en un estadio, no solemos pensar en la forma en que se produce o distribuye la energía que utilizamos, o si la fuente principal es renovable. Cuando vemos los resultados y la repetición de las jugadas más interesantes en una pantalla, no sabemos si está fabricada con tecnología LED o si el estadio utiliza una fuente de luz que ahorre energía. Tenemos que cambiar nuestra forma de pensar e intentar adoptar un estilo de vida sostenible”.

El primer grupo escoge una carta y descubre el símbolo de la luz. El profesor pide al jefe del equipo que explique qué saben sobre la producción, distribución y consumo de energía, y qué diferencia hay entre eficiencia energética y conservación de la energía. El profesor escribe en la pizarra algunas palabras clave que serán de utilidad para que la clase organice sus ideas sobre el tema de la LUZ. Se otorgan cinco puntos como máximo.

El grupo elige otra carta y, si tiene suerte, será de la misma categoría. Ahora el grupo tiene que resolver un problema con los datos de las cartas de información. El profesor lee una pregunta y todos los grupos tienen que hacer sus cálculos en cinco minutos.

Ejemplo de tarea: “Comprueba el consumo eléctrico diario en tu casa (suponiendo que tu familia tenga cuatro miembros)”.

Para responder, todos los equipos deben leer la carta de información para encontrar la fórmula necesaria para la solución:

Consumo eléctrico diario de un hogar:

$$\frac{(\text{Número de personas} \times 500 \text{ kWh}) + 500 \text{ kWh}}{365 \text{ días}}$$

Respuesta: $2.500 \frac{\text{kWh}}{365 \text{ días}} = 6,8 \frac{\text{kWh}}{\text{día}}$

Una respuesta correcta suma cinco puntos para el equipo; una respuesta equivocada le da dos puntos al equipo contrario. Se quita el par de cartas de la mesa y le toca jugar a otro equipo.

Algunas preguntas para el juego

Ejemplo para el tema VIAJES:

¿Qué sabéis de la huella de carbono? ¿Cuántos kg por km de dióxido de carbono producen los aficionados (40.000 por partido) en los 51 partidos de la Eurocopa 2016 si un $\frac{1}{4}$ de ellos viaja en tren, un $\frac{1}{4}$ en bicicleta, un $\frac{1}{4}$ en autobús y un $\frac{1}{4}$ en avión?

Respuesta: El total sólo ida es de $295.800 \frac{\text{kg}}{\text{km}}$.
($591.600 \frac{\text{kg}}{\text{km}}$ es el total ida y vuelta)

Ejemplo para el tema VIAJES:

¿Qué es el ciclo de producción de los alimentos? Se debe buscar en la carta de información la huella de carbono y de agua de algunos alimentos, y calcular cuántos litros de agua se ahorran comiendo 1 kg de patatas a la semana en lugar de 1 kg de ternera.

Respuesta: Se han ahorrado 15.214 litros

Ejemplo para el tema RUIDO:

¿Cuál es el umbral de audición del ser humano? La OMS (Organización Mundial de la Salud) ha determinado que el umbral de audición de riesgo es de 85 dB, y el umbral del dolor, de 120 dB. ¿Cuánto aumenta la intensidad de sonido?

Respuesta: 3.125 veces

Ejemplo para el tema CÉSPED:

Si cortamos el césped (2,5 cm) de un estadio (120 m x 60 m), ¿cuál será el volumen del césped cortado en metros cúbicos?

Respuesta: 180 m³

Ejemplo para el tema RESIDUOS:

¿Cuántos m³ de basura se producirán con el uso de 7.000 vasos de papel si cada uno de ellos ocupa un volumen de 0,25 dm³?

Respuesta: 1,75 m³

5 | OPCIONES DE COOPERACIÓN

- Se pueden compartir las preguntas y temas con otros centros educativos o clases.
- Cada clase que juegue deberá escribir una nueva pregunta y compartirla con clases de otros países.
- El juego puede ponerse en una plataforma multimedia y jugarse en varios sitios al mismo tiempo.
- Si participa el profesor de inglés, con este juego interdisciplinar puede obtenerse un beneficio para todos.

RECURSOS

- ^[1] Todo el material adicional (cartas de información y ejemplos de preguntas) está disponible en www.science-on-stage.de/iStage3_materials.



MÁRTA GAJDOSNÉ SZABÓ · JANINE HERMANN · GIORGIA MESSORI · MAAIKE SMEETS · RICHARD SPENCER

LA FRECUENCIA PERFECTA



🔍 césped, campo de fútbol, fotosíntesis, fase luminosa, longitud de onda, espectro de absorción, indicador redox, clorofila, cloroplasto

📖 Biología

👥 16–18 años

1 | SUMARIO

En este proyecto, los alumnos utilizan luces de distinto color para estudiar el efecto de la longitud de onda en la tasa de fotosíntesis y el crecimiento del césped. Después de evaluar las pruebas experimentales, los alumnos podrán recomendar el color de la luz que debe usarse en los focos para ayudar al crecimiento y la recuperación del césped del campo entre partidos.

2 | INTRODUCCIÓN DE CONCEPTOS

En las regiones templadas apenas hay luz natural durante gran parte de la temporada futbolística, sobre todo durante los cortos días del invierno. Así pues, se utilizan focos para acelerar el crecimiento del césped en las partes del campo que quedan en sombra y para la rápida recuperación del césped dañado durante los partidos (FIG. 1).

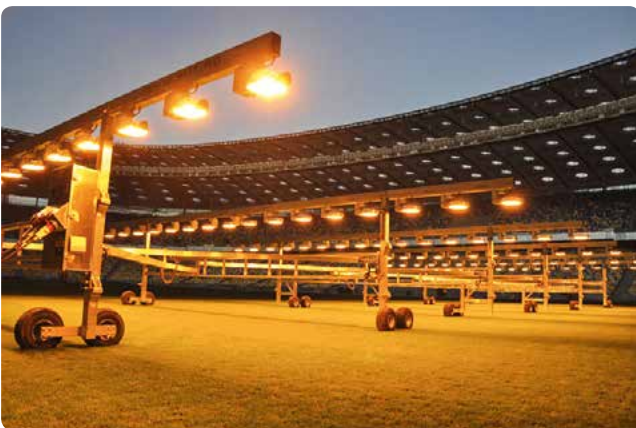


FIG. 1 La luz de los focos acelera el crecimiento del césped

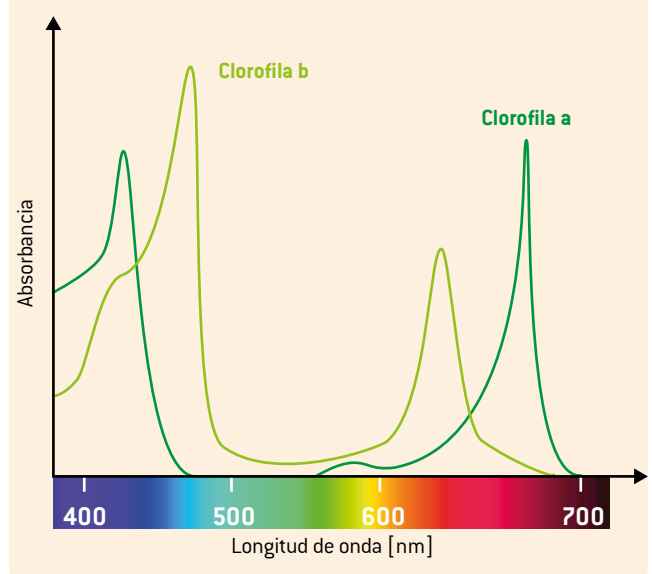
FIG. 2 El espectro visible [1]



V: violeta, B: azul, G: verde, Y: amarillo, O: naranja, R: rojo

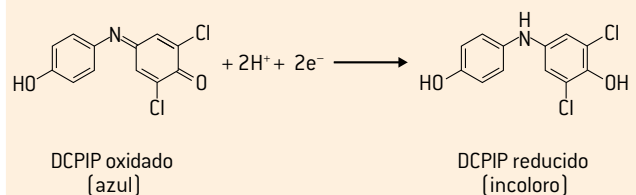
El espectro visible está formado por una serie de longitudes de onda de luz, es decir, distintos colores (FIG. 2). El pigmento fotosintético más común, la clorofila, es en realidad una mezcla de dos pigmentos (clorofila A y clorofila B) que absorben algunas longitudes de onda de luz más que otras, mostrando una absorción máxima de luz roja y azul y una absorción mínima de luz verde (FIG. 3).

FIG. 3 Absorción de la clorofila según la longitud de onda de la luz [2]



La energía absorbida por la clorofila se usa en la fase luminosa de la fotosíntesis para excitar los electrones a niveles de energía mayores. La energía que obtienen estos electrones se usa después en reacciones redox para liberar energía, que se usa para fabricar ATP. Este producto, junto con otro producto de la fase luminosa (NADP reducida), es utilizado por la planta en el ciclo de Calvin para fabricar glucosa. La planta utiliza la glucosa como fuente de energía y materia prima para sintetizar una serie de materias orgánicas necesarias para que la planta crezca sana.

FIG. 4 DCPIP: 2,6-Diclorofenol indofenol



La tasa de fotosíntesis puede estudiarse con un indicador redox denominado DCPIP, que es azul cuando se oxida e incoloro cuando se reduce (FIG. 4). Cuando se añade DCPIP a cloroplastos recién extraídos de las plantas, los electrones producidos durante la fase luminosa de la fotosíntesis lo reducen al iluminar los cloroplastos. Cuanto más rápida sea esta fase, más deprisa se reduce el DCPIP. En una investigación, los alumnos calculan la velocidad a la que el DCPIP se reduce (decolora) bajo luces de distinto color para determinar el efecto de la longitud de onda de la luz en la tasa de fotosíntesis. En otra investigación, los alumnos iluminan bandejas de césped durante una semana con luces de distinto color, y después cosechan el césped para pesar la cantidad de materia fresca como medida de crecimiento del césped. A continuación evalúan los resultados de ambos

experimentos para recomendar el color de la luz que debe usarse en los focos para ayudar al crecimiento y la recuperación del césped del campo entre partidos.

3 | QUÉ HACEN LOS ALUMNOS

3|1 Advertencia de seguridad

Los productos químicos usados son de bajo riesgo, pero los alumnos tienen que ser conscientes del riesgo que entraña el uso de equipos eléctricos (lámparas, batidora y balanza electrónica), y deben utilizar gafas de seguridad como buena práctica de laboratorio.

3|2 Preparativos

La lista completa de materiales necesarios puede descargarse de la web de Science on Stage.^[3]

1. Se plantan semillas de raigrás en 7 bandejas pequeñas (8 cm × 16 cm × 5 cm fondo). Cada bandeja debe contener la misma masa de compost y sembrarse por igual con la misma cantidad de semillas de césped (suficiente para cubrir la superficie del compost). Se colocan las bandejas en un alféizar soleado y se cultivan durante cinco semanas. Se debe regar con la frecuencia adecuada con agua destilada para que la tierra esté húmeda, añadiendo el mismo volumen de agua en cada bandeja. Los factores ambientales como la humedad o la temperatura no se pueden controlar, pero como todas las bandejas están en el mismo sitio, están sometidas a las mismas fluctuaciones medioambientales.
2. Transcurridas las cinco semanas, se corta el césped con tijeras, dejándolo con una altura de 3 cm. El césped recogido se utiliza para el estudio "tasa de fotosíntesis" (pasos 3–12), y las siete bandejas de césped se emplean para el estudio "tasa de crecimiento" (3.4). En los dos estudios se necesitan siete flexos con una bombilla de luz global LED RGB 3W B22 (estas bombillas se encuentran a bajo coste en tiendas de internet normales). Las bombillas vienen con un mando a distancia para poder ajustar el color en rojo, naranja, amarillo, verde, azul, violeta o blanco (FIG. 5).



FIG. 5 En los flexos se colocaron bombillas de luz LED RGB 3W B22 global, que se suministran con un mando a distancia para poder ajustar el color en rojo, naranja, amarillo, verde, azul, violeta o blanco.

Los mismos siete flexos con sus bombillas se pueden utilizar en ambos estudios para ahorrar costes.

3|3 Efecto de la longitud de onda de la luz en la tasa de fotosíntesis

3. Se añaden unos 30 g de hojas de césped fresco (cosechados en el paso 2) a 250 cm³ de una solución tampón fría de sacarosa/pH 7,5. La solución se prepara disolviendo 2,7 g de fosfato disódico de hidrógeno hidratado, 1,0 g de fosfato diácido de potasio anhidro, 33 g de sacarosa y 0,25 g de cloruro de potasio en 250 cm³ de agua destilada.
4. Se mezcla durante 60 segundos para que se abran las células y se liberen los cloroplastos. Se filtra con una muselina para eliminar restos celulares. Se conserva el filtrado en hielo.
5. Se moja un extremo de un tubo capilar en el extracto de cloroplastos de modo que el extracto suba por él. Se retira el tubo capilar y se seca la parte exterior del mismo con un pañuelo de papel. Este tubo es el tubo de referencia de color (es de color verde).
6. Con un cuentagotas, se añade una solución de DCPIP al 1,0% al resto del extracto de cloroplasto, gota a gota, sacudiendo suavemente la botella para mezclar. La solución de DCPIP se prepara disolviendo 0,1 g de DCIP y 0,4 g de cloruro de potasio en 100 cm³ de agua destilada. Debe estar recién preparada.
7. Se añade suficiente DCPIP hasta que el extracto cambie permanentemente de color verde a verde azulado; se envuelve deprisa la botella en papel de aluminio para mantener el extracto de cloroplastos y DCPIP a oscuras.
8. Se coloca un flexo con luz violeta 8 cm por encima de una baldosa blanca (pero sin encenderla todavía). Se coloca el tubo de referencia de color del paso 6 sobre la baldosa. Ahora se mojan los tubos capilares en el extracto de cloroplastos y DCPIP, se secan como antes y se colocan bajo la lámpara violeta junto al tubo de referencia de color. Debe hacerse lo más deprisa posible. Estos son los tubos de ensayo (FIG. 6).



FIG. 6 Comparación del color de los tubos de ensayo (que contienen extracto de cloroplasto y DCPIP) antes de la iluminación respecto a un tubo de referencia de color (con extracto de cloroplasto sin DCPIP).

FIG. 7 Datos de muestra sobre el efecto de la longitud de onda en la tasa de reducción de DCPIP (como medida de la tasa de fotosíntesis)

Color de la bombilla	Longitud de onda de la luz [nm]	Tiempo que tarda el tubo de ensayo en coincidir con el color de referencia [s]				Tasa media de reducción de DCPIP = $\frac{1.000}{t} \left[\frac{1}{s} \right]$
		Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3	Media	
Violeta	420	660	660	640	653	1,53
Azul	450	520	520	520	520	1,92
Verde	520	>900	>900	>900	>900	0,00
Amarillo	570	680	740	760	727	1,38
Naranja	620	520	520	560	533	1,88
Rojo	680	440	420	400	420	2,38
Blanco	/	500	520	540	520	1,92

- Se enciende la luz y se pone en marcha el cronómetro.
- Se debe registrar el tiempo necesario hasta que el color de cada tubo de ensayo coincide con el del tubo de referencia (t) en una tabla adecuada (datos de muestra en la FIG. 7). Como es muy difícil ver el color del contenido del tubo bajo distintas luces de color, se utiliza el mando a distancia para cambiar la bombilla a “blanco” durante un segundo cada 20 segundos para comprobar si el color coincide.
- Se repiten los pasos 9 y 10 con las otras bombillas de colores y una bombilla que emita luz blanca (FIG. 8).
- Calcular el tiempo medio de reducción y registrar la velocidad media de cambio de color ($1000/t$). Si el color no cambia después de 15 minutos, se anota “sin cambios” y la velocidad de cambio de color se registra como “0”.



FIG. 8 Los tubos de ensayo y de color de referencia se iluminaron con luces de distinto color, registrando el tiempo hasta la coincidencia de color como indicador de la tasa de decoloración del DCPIP, y por tanto la de fotosíntesis.

3 | 4 Efecto de la longitud de onda de la luz en la tasa de crecimiento

Se colocan las siete bandejas del paso 2 en una habitación a oscuras, iluminando cada bandeja con un flexo con una bombilla de luz LED RGB 3W B22. Para cada bandeja se debe utilizar el mando a distancia suministrado para ajustar el color en rojo, naranja, amarillo, verde, azul, violeta o blanco. Se dejan las bandejas iluminadas durante seis días, regándose periódicamente cuando sea necesario (FIG. 9).



FIG. 9 Las bandejas se iluminaron con luces de distintos colores durante seis días antes de cosechar el césped y pesar la materia fresca como indicador de la tasa de crecimiento.

Transcurridos seis días, se recoge el césped de cada bandeja (recortando con unas tijeras en la base del tallo) y, con una balanza electrónica, se pesa la materia fresca del césped recogido en cada bandeja. Los datos se registran en una tabla adecuada (ver muestra en la FIG. 10).

FIG. 10 Datos de muestra del efecto de la longitud de onda de la luz en la materia fresca del césped recogido tras seis días de iluminación (como medida de la tasa de crecimiento)

Color de la bombilla	Longitud de onda de la luz [nm]	Materia fresca del césped cosechado tras 6 días de iluminación [g]
Violeta	420	4,15
Azul	450	6,02
Verde	520	3,66
Amarillo	570	4,09
Naranja	620	5,54
Rojo	680	6,23
Blanco	/	5,43

4 | CONCLUSIÓN

Los alumnos que participaron en este proyecto comprendieron mejor la fase luminosa y la fase oscura de la fotosíntesis (ciclo de Calvin); en concreto, la manera en que los productos de las fases luminosas se usan en el ciclo de Calvin y cómo afectan a la velocidad de crecimiento de la planta. Los alumnos debatieron con aprovechamiento la importancia de controlar todas las variables posibles durante la germinación y el crecimiento de los plantones (p. ej., profundidad de la tierra, régimen de riego, distancia de las bombillas de color a las bandejas) y durante el estudio de la tasa de fotosíntesis (p. ej., distancia de las bombillas de color al extracto con cloroplastos). Gracias a estos debates, los alumnos comprendieron mejor la importancia de un diseño experimental válido en investigación.

Tras evaluar los resultados de ambos experimentos, los alumnos determinaron que había una correlación entre la tasa de fotosíntesis y la de crecimiento del césped para las luces de distintos colores, y que la tasa de fotosíntesis y de crecimiento fue mayor con luz roja y menor con luz verde. Los resultados fueron los esperados, dado el espectro de absorción de clorofila (**FIG. 3**).

Los resultados con luz azul no fueron tan altos como se esperaba, lo que dio pie a un interesante debate sobre sus causas. Los alumnos sugirieron que podía deberse a las distintas proporciones de clorofila A y clorofila B de los cloroplastos (ya que la clorofila A absorbe menos luz azul que la clorofila B). Aun así, la luz azul tiene más energía que la roja y, por lo tanto, teóricamente debería excitar más electrones que la roja, produciendo una tasa de fotosíntesis más rápida y un mayor crecimiento. Estudios posteriores indicaron una posible explicación: los cloroplastos contienen otro grupo de pigmentos fotosintéticos llamados carotenoides que incluyen pigmentos naranja (carotenos) y amarillos (xantofilas). Estos pigmentos muestran una absorción máxima de la luz azul y, como la clorofila B, transfieren la energía absorbida a la clorofila A para provocar la excitación de los electrones en una reacción de fase luminosa. Sin embargo, la transferencia de energía es ineficiente. Aunque esta disipación de energía pueda parecer excesiva, quizás sea necesaria para proteger a la planta de posibles efectos dañinos de la alta energía de la luz azul.

En su recomendación final, los alumnos planteaban que los focos podrían conllevar un crecimiento y una recuperación más eficientes con luz roja, pero los campos de fútbol usan luces de sodio a alta presión (HPS). El inventor de los focos móviles (Kolbjørn Saether, comunicación personal) explicó que su empresa ha participado en varios programas de investigación junto con el Instituto noruego de investigación de cultivos para averiguar más sobre el efecto de la luz artificial en el crecimiento del césped. Estudiaron varios parámetros tales como intensidad, cantidad de luz por día, temperatura y nutrición. Sin embargo, no investigaron el efecto de la longitud de onda de la luz y están muy interesados en los resultados de nuestra investigación.

Experiencia personal

Durante la extracción de cloroplastos, la mezcla libera enzimas que dañan los cloroplastos y frenan la tasa de fotosíntesis (la actividad de estas enzimas se reduce con un tampón de extracción frío y manteniendo el extracto de cloroplastos en hielo). En el estudio, los alumnos se dieron cuenta de que los extractos de cloroplastos pierden actividad con el tiempo. Para solucionar este problema y hacer comparaciones válidas, los alumnos realizaron los experimentos de tasa de fotosíntesis lo más deprisa posible, escalonando los experimentos y utilizando distintas bombillas en el tiempo más breve posible para que los extractos fueran muy recientes.

Era imposible comparar el color de los extractos de cloroplastos en los tubos de ensayo con el color del tubo de referencia bajo distintos regímenes de iluminación. Esta fue una de las ventajas de utilizar bombillas con mando a distancia para cambiar periódicamente la luz a “blanca” y comprobar la coincidencia de color. Otra ventaja de estas bombillas es que no se calientan, ya que cualquier aumento de temperatura habría afectado tanto a la tasa de crecimiento del césped como a la de decoloración de DCPIP. Esto permitió a los alumnos dejar las luces encendidas con seguridad durante seis días.

Las cifras de la **FIG. 7** y la **FIG. 10** para la longitud de onda de la luz de distintos colores son aproximadas, ya que cada color está formado por una serie de longitudes de onda en un espectro continuo.

5 | OPCIONES DE COOPERACIÓN

Los alumnos de diferentes centros educativos e institutos podrían comparar sus resultados para ambos estudios, sus mejoras en el diseño del experimento y sus investigaciones sobre los efectos de la longitud de onda de la luz sobre la tasa de fotosíntesis en otras especies de plantas.

REFERENCIAS

- [1] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Linear_visible_spectrum.svg [08/03/2016]
- [2] Chlorophyll_ab_spectra2.PNG: Aushulz derivative work: M0tty [CC BY-SA 3.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0>) o GFDL (<http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>)], a través de Wikimedia Commons [08/03/2016]
- [3] www.science-on-stage.de/iStage3_materials

CUERPO

En este dossier tratamos la ciencia relevante para distintos aspectos del fútbol. Primero, en la sección Biosfera, lo hemos observado a gran escala. Después estudiamos los principales componentes del juego (el balón y los jugadores) en las secciones Cuerpo y Balón. Por último, veremos lo que ocurre en el propio juego en la sección Big Data.

La sección Cuerpo, al centrarse en el elemento humano activo del juego, ofrece proyectos con los que los alumnos pueden identificarse al máximo, ya que pueden asumir el papel de jugadores o incluso participar en juegos. En estos proyectos, la propia experiencia de los alumnos les ayudará no solo a comprender mejor la ciencia, sino también a aprender sobre su propia biología.

Cuando nos movemos en un partido de fútbol, nuestros cuerpos se aceleran y cambian de forma de acuerdo con las leyes de la física. El cuerpo necesita agua, sales minerales y nutrientes según nuestra bioquímica, y nuestros músculos se desgastan, pero también se adaptan y desarrollan fisiológicamente. Por consiguiente, usando nuestro cuerpo podemos aprender cómo la física, la química, la biología y la fisiología determinan nuestras vidas e influyen en nuestros movimientos físicos. Grandes estrellas del fútbol como Pelé, Maradona, Cristiano Ronaldo, Messi o Romario obedecen a las mismas reglas de la naturaleza. ¿Puede contarnos la ciencia los secretos que les han hecho tan especiales?

¡Claro que sí! Por una parte, los jugadores de fútbol profesionales pasan la mayor parte del tiempo entrenando. En la sección "En forma física", los alumnos llegarán a comprender por qué es así y experimentarán por sí mismos la influencia positiva del ejercicio físico en su rendimiento. Puede ser una experiencia que les cambie la vida.

Una hidratación y nutrición adecuadas son muy importantes para llevar una vida saludable, y también para un buen rendimiento deportivo. A menudo vemos que a los jugadores les dan botellas de agua, especialmente cuando llevan mucho tiempo jugando y hace calor. En "Bebe y piensa", los alumnos podrán hablar sobre este aspecto del fútbol. Este proyecto puede ayudarles a que sean conscientes de las modas y los mitos de las supuestas "bebidas energéticas", y también puede dar lugar a debates entre los alumnos de más edad sobre temas espinosos como el dopaje y sus efectos en la salud de los deportistas.



¿Qué es eso de que de no se pueden usar las manos en el fútbol? En "Manejo del balón", los alumnos se darán cuenta de que es una regla muy importante que cambia la física del fútbol en muchos niveles. Si pudiéramos usar las manos, el fútbol sería un deporte muy diferente. Todos los jugadores, incluso Diego Maradona (y su famosa mano de Dios) lo saben muy bien.

Una última advertencia: como siempre, procure que sus alumnos realicen las actividades físicas en un entorno seguro y sigan las instrucciones de las unidades correspondientes. Tanto si están experimentando con líquidos para hidratación o con elementos del deporte, usted es responsable de garantizar que las actividades sean seguras.

PROF. DR. MIGUEL ANDRADE

Instituto de Biología Molecular (IMB)





Facultad de Biología, Universidad Johannes Gutenberg de Mainz, Alemania

Coordinador

DAVID FEATONBY · STEFAN ZUNZER

EN FORMA FÍSICA



-  rendimiento del ejercicio, forma física, mejora, medición
-  educación física, física, biología, matemáticas, informática
-  todas las edades
-  fútbol, balón medicinal (2 kg), cronómetro, cinta métrica, tres vallas regulables, cinco postes, tiza, pared oscura o colchoneta de gimnasia (2 m × 4 m)

1 | SUMARIO

En esta unidad presentamos una serie de pruebas de rendimiento deportivo que se aplican a distintos aspectos del fútbol. Los alumnos deben diseñar después un programa de ejercicios que mejore su rendimiento deportivo. Se proporciona a los alumnos un diario de entrenamiento para que controlen y comenten sus progresos.

2 | INTRODUCCIÓN DE CONCEPTOS

2 | 1 | Objetivos

La forma física y el ejercicio no solo son fundamentales para los jugadores de fútbol, sino que aportan diversos beneficios para la salud.

2 | 2 | Información previa

La capacidad para ejercitar una habilidad futbolística depende de varios factores. Dichos factores deben combinarse en el jugador para producir un rendimiento de alta calidad. Hay varias listas de factores (p. ej. Davis, B. et al. (2000) Training for physical fitness; Tancred, B. (1995) Key Methods of Sports Conditioning). Todas ellas incluyen un determinado nivel de forma física y fuerza, un cierto equilibrio y una dedicación mental a la tarea. Merece la pena tener en cuenta dichas listas. Ignorar cualquiera de los factores puede reducir drásticamente el rendimiento general. Si damos por hecho que hay una dedicación a la tarea, podemos dividir la capacidad para rendir bien en “habilidad” y “forma física”.

Dicho de forma sencilla, la habilidad se puede mejorar con la práctica y la forma física con el ejercicio. La combinación de mejora de estos dos factores tendrá como resultado una mejora del rendimiento cuantificable. Debe considerarse que cada tarea, cuando se desarrolla, va a mejorar el rendimiento general deportivo. Estas divisiones amplias pueden subdividirse, ya que hay distintos tipos de habilidades:

- Cognitiva: capacidades intelectuales que requieren procesos mentales
- Perceptiva: interpretación de la información presentada
- Motora: control del movimiento y de los músculos
- Motora perceptiva: incluye capacidades intelectuales, de interpretación y de movimiento

En este experimento, las habilidades asociadas al fútbol serán mayoritariamente motoras. La medición de la forma física está asociada a los numerosos músculos del cuerpo y su fuerza, flexibilidad y resistencia. Diferentes tareas exigen que distintos músculos funcionen eficazmente, ya sean los músculos de las piernas, la fuerza abdominal o la de la parte superior del cuerpo.

Podríamos decir que en los distintos ejercicios propuestos apuntamos a un conjunto de músculos concretos, pero también a varios componentes de la forma física.

- Prueba 1 · Eslalon: se comprueba la coordinación del deportista así como la fuerza de los músculos de las piernas.
- Prueba 2 · Prueba de salto vertical: se salta para golpear el balón con la cabeza, comprobando así la coordinación del deportista así como la fuerza de los músculos de las piernas y el abdomen.
- Prueba 3 · Lanzamiento por encima de la cabeza de un balón medicinal: comprueba la potencia, coordinación, equilibrio y fuerza de la parte superior del cuerpo del deportista.
- Prueba 4 · Carrera de vallas boomerang: se comprueba la coordinación de movimientos, el equilibrio y la fuerza de las piernas del deportista.
- Prueba 5 · Prueba de Cooper: se comprueba la forma física y la capacidad de resistencia del deportista.

2 | 3 | Posibilidades interdisciplinares

Este proyecto permite la colaboración interdisciplinar en las asignaturas de biología (p. ej. ritmo cardíaco, frecuencia respiratoria, músculos), física (p. ej., aceleración, velocidad, mediciones), educación física (información previa sobre entrenamiento), matemáticas e informática (p. ej., estadísticas, gráficos, correlaciones).

2 | 4 | Precauciones

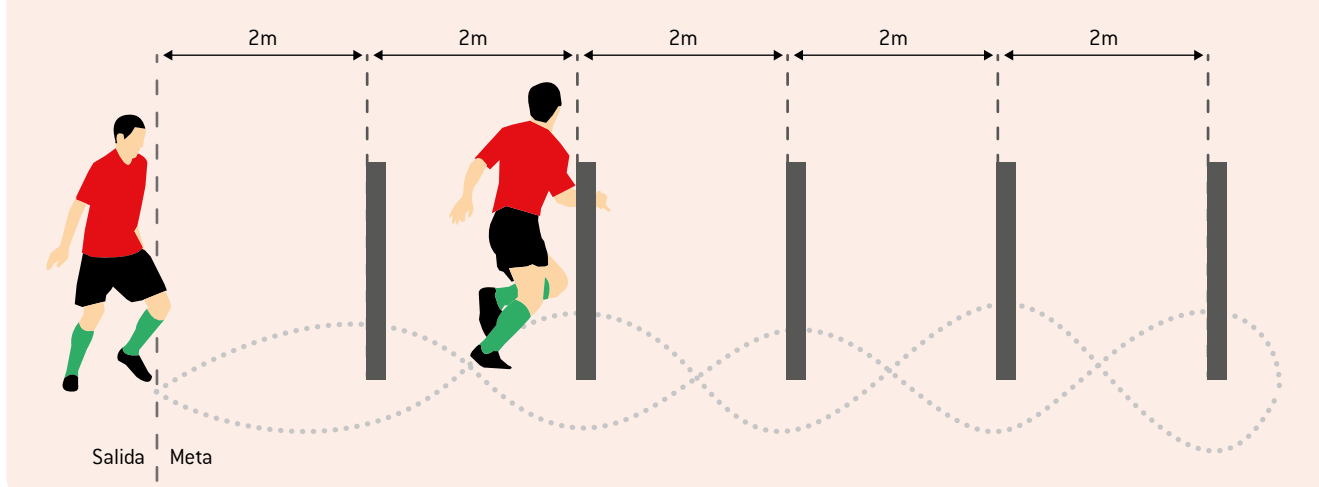
Aunque las pruebas de rendimiento deportivo no son invasivas, asegúrese de que se respeten las reglas de salud y seguridad de su instituto/centro educativo. Todas las pruebas de rendimiento deportivo y las sesiones de entrenamiento posteriores deben tener en cuenta la capacidad de los alumnos. Es fundamental hacer calentamiento antes de la prueba de rendimiento deportivo y de los entrenamientos.

3 | QUÉ HACEN LOS ALUMNOS

Los alumnos tienen que hacer cinco pruebas distintas de rendimiento deportivo en varias veces. El entrenamiento posterior debe mejorar el rendimiento deportivo, lo que se constatará en una segunda prueba al final del periodo de entrenamiento. Los métodos de entrenamiento adecuados deben seleccionarse individualmente. Cada profesor puede aportar sugerencias constructivas al programa de entrenamiento. Las sesiones de entrenamiento individuales deben durar un mínimo de tres semanas y un máximo de seis. Hay que animar a los alumnos a desarrollar sus propios programas de ejercicio. En el material adicional se dan sugerencias para los profesores^[1]. El programa de entrenamiento puede incluir ejercicios específicos y actividades físicas (p. ej., ciclismo, correr, etc.). Además, el entrenamiento debe documentarse en un diario de entrenamiento.

El número y frecuencia de las pruebas de rendimiento deportivo puede regularse individualmente, pero debe organizarse junto con el profesor correspondiente. Las pruebas de rendimiento

FIG. 1 Prueba de eslalon



deportivo deben realizarse tal como se muestra a continuación, aunque este orden no es obligatorio.

3|1 Primera habilidad: aceleración y velocidad (eslalon)

- **Equipamiento necesario:** cinco postes, cinta métrica, cronómetro y balón de fútbol
- **Preparación:** Se definen las zonas de salida y llegada. Se colocan los cinco postes en línea recta, separados 2 metros entre sí. Para el cronometraje se debe utilizar un cronómetro o un control por barrera luminosa.
- **Prueba A:** Correr en zigzag entre los palos, girar en el último poste y volver corriendo a la línea de meta de la misma forma (FIG. 1). Medir el tiempo con la mayor precisión posible y registrarlo.
- **Prueba B:** Repetir la prueba A conduciendo el balón. Centrarse en mantener el balón cerca del pie y bajo control. Registrar el tiempo utilizado.
- Hacer tres intentos cada uno y quedarse con el mejor. Si se cae un poste o el eslalon no se completa correctamente, el intento no cuenta.

3|2 Segunda habilidad: potencia y fuerza de salto (prueba de salto vertical)

- **Equipamiento necesario:** pared oscura o colchoneta de gimnasia (2 m × 4 m) y, si se tiene, equipo de medición alternativo, tiza, cinta métrica y escalera de mano
- **Preparación:** Hay varios métodos comunes para medir la altura del salto vertical. Se debe comprobar el equipo de medición disponible (p. ej., plataforma de fuerzas, sistemas de vídeo, "Vertec", etc.). Sin embargo, el método más sencillo es medir el salto contra una pared oscura (p. ej., papel oscuro pegado a la pared) o una colchoneta gruesa (altura recomendada aprox. 4 m). Si se utiliza una colchoneta, se debe apoyar contra la pared y asegurarse de que no se caiga. Otros elementos necesarios son tiza, cinta métrica y, en su caso, una escalera de mano.
- **Prueba:** Ponerse de pie junto a la colchoneta. Usar la tiza para marcar el dedo de la mano más próxima a la pared.

Estirarse lo máximo posible y marcar esa altura en la colchoneta o la pared. Tenga en cuenta que los dos pies deben estar en el suelo. Marcar de nuevo el dedo, separarse un poco de la pared y saltar lo más alto posible, ayudándose de ambos brazos y piernas. Intentar tocar la colchoneta o la pared en el punto más alto del salto. Medir la distancia entre la altura alcanzada de pie y la altura máxima del salto, y ese será el resultado. Hacer tres intentos cada uno y quedarse con el mejor.

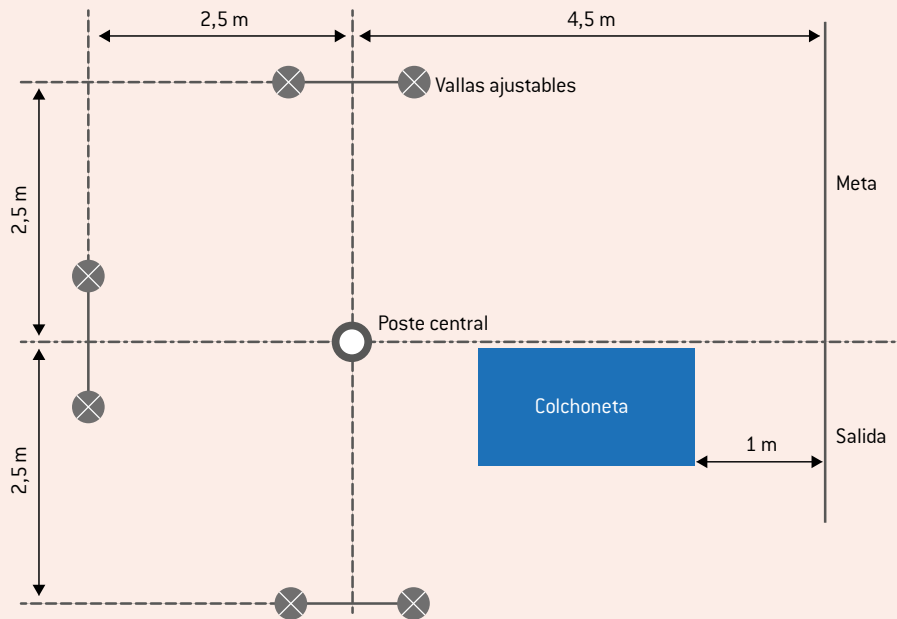
3|3 Tercera habilidad: fuerza en miembros superiores y potencia explosiva (lanzamiento de balón medicinal por encima de la cabeza)

- **Equipamiento necesario:** balón medicinal (2 kg) y cinta métrica
- **Preparación:** Elegir un recinto que permita lanzamientos de larga distancia y altura. Si las pruebas se hacen en el exterior, tener en cuenta el viento, que podría influir en los resultados. Definir la línea de salida y colocar las marcas para simplificar la medición de la distancia de lanzamiento.
- **Prueba:** Colocarse en la línea de salida mirando en la dirección de lanzamiento del balón. Los pies deben estar uno al lado del otro ligeramente separados. Sujetar el balón por los lados con ambas manos un poco por detrás del centro. Llevar el balón detrás de la cabeza y flexionar un poco las rodillas. A continuación, lanzar el balón lo más lejos posible con un movimiento hacia arriba y hacia adelante. Se puede pisar la línea de salida una vez que se haya soltado el balón. Prohibido tomar carrerilla para mejorar la distancia de lanzamiento. Hacer tres intentos; solo contará el mejor.

3|4 Cuarta habilidad: agilidad y aceleración en la coordinación de movimientos (carrera de vallas boomerang)

- **Equipamiento necesario:** poste central, colchoneta, vallas ajustables, cinta métrica y cronómetro o control por barrera luminosa
- **Preparación:** Organizar el área de prueba como en la FIG. 2.

FIG. 2 Carrera de vallas boomerang



- **Prueba:** Antes de comenzar la prueba, ajustar las vallas según la altura del cuerpo: consultar la FIG. 3. Para no tener que ajustar las vallas frecuentemente, se recomienda agrupar a los alumnos por alturas. Los alumnos deben correr lo más deprisa posible en sentido contrario a las agujas del reloj. Si el poste central o una de las vallas se cae, la prueba no cuenta. Colocarse en posición recta en la línea de salida. Empezar con una voltereta hacia delante en la colchoneta. Dar un cuarto de vuelta alrededor del poste, saltar una valla, volver inmediatamente y deslizarse por debajo. Volver corriendo al poste central, dar otro cuarto de vuelta y saltar la valla siguiente. Después, correr al poste central, dar otro cuarto de vuelta y saltar/deslizarse por debajo de la tercera valla. Volver corriendo al poste central, dar un último cuarto de vuelta y cruzar la meta.

FIG. 3 Altura adecuada para las vallas en relación a la estatura

Altura del cuerpo [cm]	Altura de vallas [cm]
121 – 125	50
126 – 130	52
131 – 135	54 etc.

3 | **Quinta habilidad: forma física y capacidad de resistencia (test de Cooper)**

- **Equipamiento necesario:** pista plana (p. ej. 400 m de pista de tartán o similar) y un cronómetro
- **Preparación:** No se necesitan preparativos especiales de medición.
- **Prueba:** Los alumnos deben recorrer la mayor distancia posible en 12 minutos. La prueba empieza cuando suene la señal de inicio. Transcurridos 12 minutos, el ayudante hace sonar la señal y se registra la distancia recorrida.

4 | **CONCLUSIÓN**

En esta unidad hemos hecho sugerencias sobre ejercicios de motivación relacionados con las habilidades que se usan en el fútbol. Con estas actividades, los alumnos de todos los niveles de habilidad pueden mejorar su rendimiento medido. Estas sugerencias se pueden aplicar a niños y niñas. También se desarrollan habilidades científicas mediante la toma de mediciones, diseño y registro de programas de entrenamiento e interpretando los resultados.

La clave está en la motivación de los alumnos. Esto puede lograrse cuando los profesores supervisan el progreso de los alumnos a lo largo del programa, y cuando son conscientes de las habilidades que desarrollan. Por nuestra experiencia, cuando se aplica el programa, incluso el alumno más débil notará una mejora, y los que son más hábiles se motivarán al ver mejorar su nivel de rendimiento.

5 | **OPCIONES DE COOPERACIÓN**

Como en el proyecto participan muchos centros educativos, Science on Stage proporciona una lista de los mismos con información de contacto. Consulte la página de inicio de iStage^[1].

Los datos podrían usarse en exposiciones, para mejorar la motivación, para análisis estadísticos o para premiar el progreso y los logros. Se pueden hacer comparaciones por jugadores habituales, sexos, edades, etc.

REFERENCIAS

[1] Todo el material adicional se puede encontrar en www.science-on-stage.de/iStage3_materials.

KIRSTEN BIEDERMANN · EMMANUEL THIBAUT

BEBE Y PIENSA



☞ bebidas energéticas, bebidas isotónicas, cafeína, azúcar, esfuerzo

📖 química, biología, física, matemáticas

👥 parte 3.1: 14–18 años y parte 3.2: 8–18 años

El estudio de los ingredientes de las bebidas energéticas y sus riesgos para la salud es adecuado para alumnos de 8 a 18 años.

1 | SUMARIO

En el mercado hay muchas bebidas energéticas, revitalizantes o estimulantes que contienen ingredientes reconocibles que pueden mejorar el rendimiento del consumidor pero presentan riesgos para la salud. Aquí sugerimos cómo enseñar a los alumnos qué son estas bebidas y los métodos para averiguar sus ingredientes y sus efectos en la actividad cerebral y muscular.

2 | INTRODUCCIÓN DE CONCEPTOS

Esta unidad didáctica trata sobre bebidas asociadas al fútbol y el deporte. Actualmente se lanzan cada vez más bebidas al mercado para mejorar el rendimiento físico y mental de los consumidores.

Estas son las principales preguntas de este proyecto:

- ¿De qué están hechas estas bebidas? ¿Cómo podemos analizar su contenido?
- ¿Cuáles son sus efectos en la actividad física y mental? ¿Cómo podemos medir dichos efectos?

Este proyecto se centra en tres tipos de bebidas diferentes:

- Bebidas energéticas: aumentan la frecuencia cardíaca y la presión arterial
- Bebidas isotónicas: proporcionan azúcares y minerales para mejorar la actividad muscular y cerebral
- Bebidas tonificantes: solo agua

3 | QUÉ HACEN LOS ALUMNOS

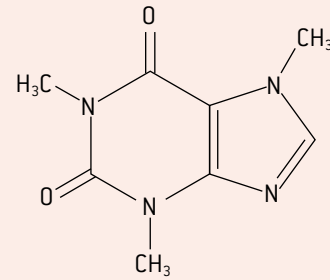
3 | 1 | Bebidas energéticas

Las bebidas energéticas están diseñadas para proporcionar una inyección de energía mediante una mezcla de ingredientes estimulantes. Entre los ingredientes está la cafeína, un alcaloide que actúa como estimulante y psicotrópico. También pueden llevar taurina, un aminoácido cuyos efectos en el organismo se desconocen hasta la fecha.

Biología

Primero, los alumnos de cualquier edad pueden hablar de las bebidas energéticas e investigar su contenido en cafeína leyendo las etiquetas de algunos productos comerciales (pueden hacer fotos en las tiendas, no hace falta que compren las bebidas). Pueden estudiar el contenido en cafeína y comparar sus resultados con el contenido en cafeína de un café expreso y debatir sobre los problemas para la salud.

FIG. 1 Cafeína



Conclusión

La cafeína, cuyos efectos en el organismo son bien conocidos, es el ingrediente que, con mucho, tiene el mayor efecto, ya sea bueno o malo, en las bebidas de este tipo.

Una lata de una bebida energética (250 ml) contiene unos 80 mg de cafeína, aproximadamente lo mismo que una taza de café solo concentrado. Esta cantidad es muy próxima a la dosis en la que se pueden esperar efectos secundarios (100 a 160 mg) y también al límite superior del consumo diario permisible (en adultos 200 mg/día). El riesgo para un deportista no está en dar positivo en un control antidopaje, sino en absorber una dosis tóxica.

Química para jóvenes de 14 a 18 años

El análisis de productos comerciales en las clases de laboratorio de química es un método consolidado para fomentar el interés, compromiso y comprensión de los alumnos. Se pueden hacer muchos análisis a distintos niveles y usando distintos métodos y materiales.

3 | 1 | Extracción e identificación de la cafeína

Se puede hacer un análisis cualitativo usando la cromatografía en capa fina para verificar que la bebida energética contiene cafeína. Primero los alumnos tendrán que extraer la cafeína usando un disolvente inocuo como acetato de etilo después de un tratamiento básico para solubilizar los ácidos y, en su caso, el tanino.

Método de extracción:

- Coger 50 ml de la bebida y agitar con una varilla de cristal para eliminar el gas si es necesario.

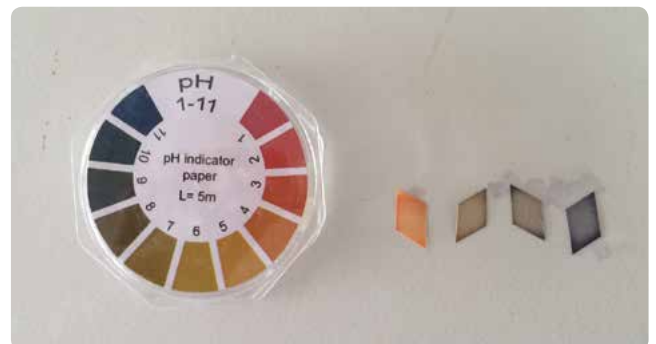


FIG. 2 Comprobando la alcalinización con papel pH



FIG. 3 Extracción del solvente de la cafeína



FIG. 4 Secado de la fase orgánica con un desecante



FIG. 5 Cromatografía de la fase orgánica

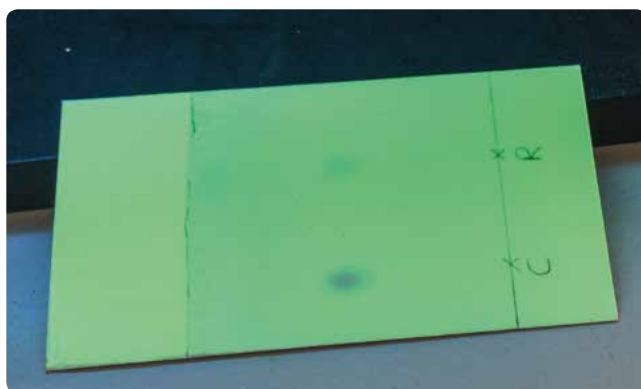


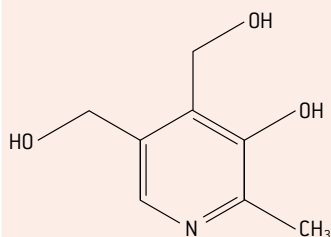
FIG. 6 Visualización de las sustancias químicas con luz ultravioleta

- Añadir una solución 1 molar de sosa [carbonato de sodio] mientras se agita el recipiente para obtener un pH cercano a 9.
- Extraer usando 15 ml de solvente y un embudo de decantación.
- Recoger la fase que contiene la cafeína en un vaso.
- Repetir la extracción con 15 ml de solvente.
- Recoger las fases orgánicas y secarlas usando sulfato de magnesio anhidro.

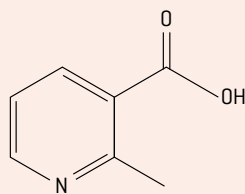
Los resultados de la cromatografía deben registrarse al final de esta fase, antes de que se evapore el disolvente.

- Eluyente (fase móvil) de cafeína: una mezcla de ácido fórmico y acetato de butilo (30 ml/50 ml)
- Fase estacionaria: una capa fina de sílice
- Visualización: UV
- Cafeína como referencia disuelta en etanol o el eluyente.

FIG. 7 B6 (piridoxina) y B3 (niacina o niacinamida)



B6 (piridoxina)



B3 (niacina o niacinamida)

Mediante la cromatografía, los alumnos pueden identificar la cafeína y otro compuesto que produce un punto separado (que indica que este 2º compuesto no puede ignorarse en la fase orgánica tras la extracción. Después de leer la composición de las bebidas, los alumnos podrían deducir que este segundo compuesto puede ser una vitamina con muchos enlaces dobles, como la B3 o B6.

Un paso más allá:

- Los alumnos podrían preparar otra cromatografía con las vitaminas B6 y B3 como referencia.
- Se puede evaporar el solvente para obtener un polvo compuesto de cafeína.



FIG. 8 Evaporación del solvente con un evaporador rotativo [izquierda] Polvo al lado del recipiente tras la evaporación del solvente

3 | 1 | 2 Dosificación de cafeína

Primero se puede hacer un análisis usando la ley de Beer-Lambert.

- Los alumnos pueden determinar el espectro de una solución acuosa de cafeína y de las bebidas energéticas para hallar el máximo nivel de absorción. Pueden preparar una solución que contenga la concentración de cafeína aproximada que declara el fabricante. Debido a la saturación de absorbancia, tendrán que diluir la solución. Deberían decidir trabajar a 271 nm, porque a esa longitud de onda hay un pico de absorción.
- Entonces pueden producir una curva de calibración con varias soluciones acuosas de cafeína y probarla en una bebida energética disuelta 20 veces.
- Con este método pueden deducir que la bebida energética contiene un 17 % más de cafeína (373 mg/l) de lo que indica (320 mg/l) el fabricante. No es que el fabricante mintiera en las cifras, ya que tiene procedimientos de control de calidad internos y externos. Sin embargo, el segundo compuesto encontrado en la cromatografía (vitamina B6 y/o B3), que también absorbe en la región UV, tiene un efecto en la curva de calibración.

FIG. 9 Espectro de absorción de la cafeína

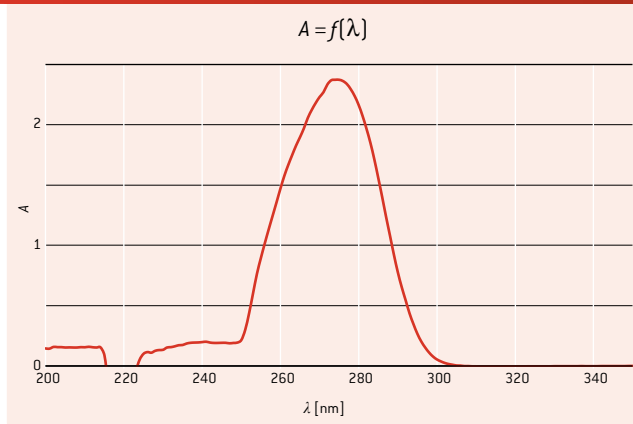
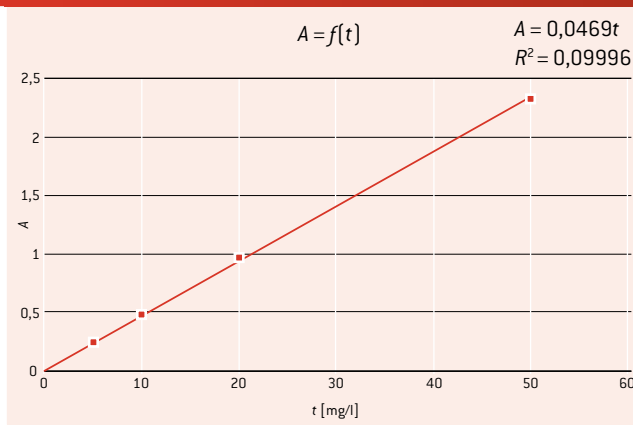


FIG. 10 Curva de calibración de absorción relativa a la concentración de cafeína



Para obtener una curva de calibración mejor:

- Los alumnos pueden producir un espectro de absorción de la vitamina B6 y/o B3 para determinar si absorben mucho a

la longitud de onda elegida anteriormente. Dependiendo del resultado, pueden decidir si eligen otra longitud de onda. Ahora que ya tienen los espectros de B6 y B3, pueden elegir una longitud de onda a la que la absorción sea baja (por ejemplo, entre 240 y 250 nm).

FIG. 11 Espectro de absorción de la vitamina B6

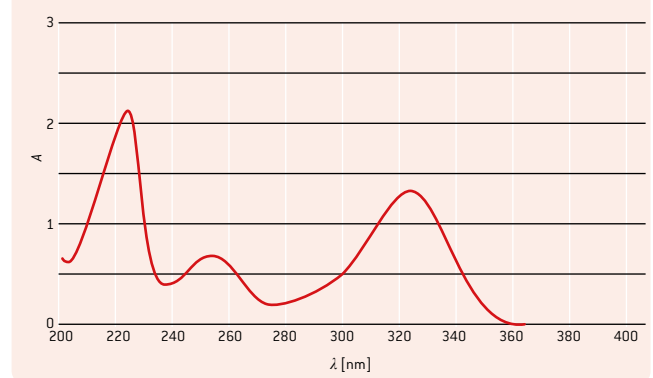
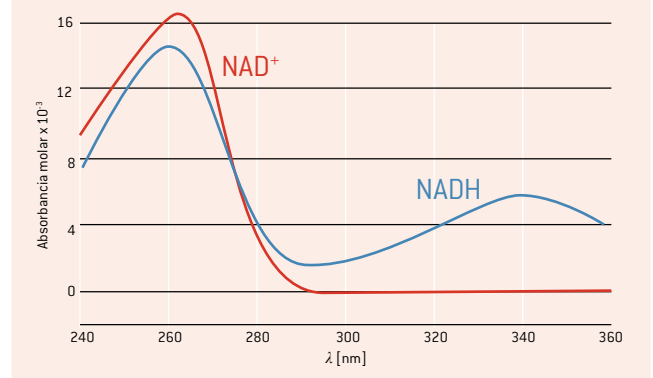


FIG. 12 Espectro de absorción de la vitamina B3 [1]



- Podría ser muy interesante que los alumnos buscaran otro método de análisis, como HPLC, en un laboratorio, con lo que podrían obtener mejores resultados.

3 | 2 Cómo se mide el efecto de las bebidas isotónicas y el agua en el cerebro

Nuestro organismo necesita agua, azúcar y sales minerales para funcionar bien. Se puede ver una demostración impresionante de esto en el vídeo de Gabriela Andersen-Schiess en la maratón olímpica de 1984, cuando no bebió en el último puesto de avituallamiento. Hay varios vídeos sobre este tema en Internet.

Vamos a desarrollar métodos, diseñar un estudio y pensar en la objetividad, validez y fiabilidad al medir el efecto de las bebidas isotónicas y el agua en la eficacia del cerebro.

Biología:

Los alumnos de todas las edades pondrán en común sus conocimientos. Los mayores de 13 años pueden investigar otras funciones del cerebro (sensores, actores, actividades modales e intermodales, etc.) y la influencia del agua y las bebidas isotónicas.

FIG. 13 Ejemplo de tabla para test de sustitución de dígitos por símbolos

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<	∩	Δ	X	+	⊥	∧	○	=
2	1	5	4	7	6	9	3	8
∩	<							
6	3	1	2	6	7	3	9	2

Luego pueden presentar sus resultados en pósters antes de empezar a pensar sobre cómo medir el efecto antes mencionado.

Pueden elegir los métodos siguientes:

[A] Test de símbolos y dígitos (que se hace en muchos test de CI); recomendado para mayores de 13 años

Este test, que también se denomina test de sustitución de dígitos por símbolos (DSST), ayuda a evaluar si el sujeto tiene una actividad intermodal normal.

En un papel hay una lista de números, p. ej., del 1 al 9. Cada número está asociado a un símbolo (p. ej., - / & / 0). Debajo de la lista hay una tabla con una serie de números repetidos al azar. El sujeto debe poner el símbolo asociado debajo de cada número lo más deprisa posible.

Un alumno del grupo puede tener, p. ej., 90 segundos para completar la hoja. A la mitad, es decir, 45 segundos, hace una pausa. Después podrá comprobar si el alumno va más deprisa asociando números con símbolos. Este tipo de actividad cerebral se denomina aprendizaje.

Cinco minutos después, se puede pedir al alumno que escriba los símbolos correctos asociados a los números para ver cuántos recuerda. Este es otro tipo de actividad cerebral denominada memoria a largo plazo.

[B] Prueba de la regla: recomendada para todas las edades

El supervisor de la prueba deja caer una regla entre el dedo pulgar y el índice del sujeto, quien intenta cogerla lo más rápidamente posible. Los alumnos pueden debatir cuál es la mejor posición de inicio de la regla. Pueden averiguar fácilmente cuánto debe caer la regla antes de que el sujeto pueda atraparla.

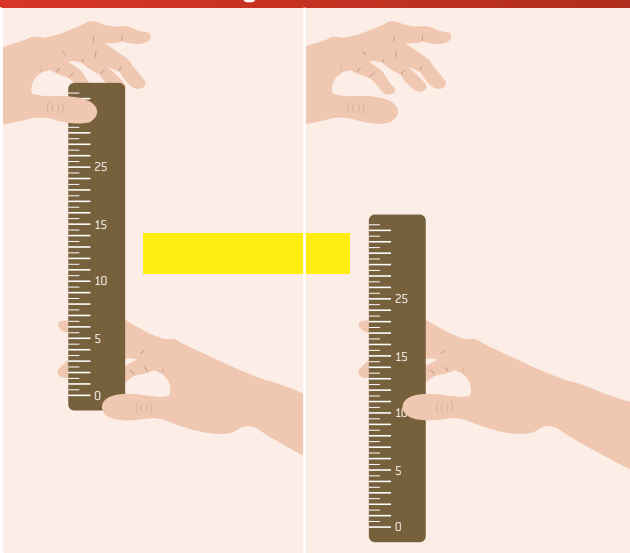
Además, tienen que encontrar el mejor diseño para el estudio, incluyendo el tiempo que necesita un alumno que no haya consumido bebidas. Naturalmente se trata de un diseño de control experimental, lo que significa que comparan simultáneamente dos grupos aleatorios (un grupo de control y otro experimental). Esta configuración permite comparar la actividad cerebral de dos grupos sin otras influencias ni factores de confusión aparte del factor de la bebida. En otras pruebas, los alumnos pueden medir y comparar los efectos de distintos tipos de bebida.

Matemáticas:

[Para la prueba A] Los alumnos (de más de 13 años) recopilarán y analizarán datos y presentarán sus hallazgos.

[Para la prueba B] Los alumnos deberán hacer algunos cálculos (mentales) para averiguar cuántos centímetros ha caído la regla si no sitúan la posición de inicio del pulgar del sujeto en 0 cm. Los alumnos más pequeños podrían comparar resultados individuales, mientras que los mayores pueden hacer cálculos que tengan en cuenta la incertidumbre de medir y averiguar el promedio de varias mediciones.

FIG. 14 Prueba de la regla



Física:

[Para la prueba B] Los alumnos de más de 13 años podrían calcular el tiempo de caída de la regla usando la altura h que hayan medido.

$$E_{c(1)} + E_{p(1)} = E_{c(2)} + E_{p(2)}$$

$$E_{c(1)} + 0 = 0 + E_{p(2)}$$

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = m \cdot g \cdot h \quad | : m$$

$$\frac{1}{2} \cdot v^2 = g \cdot h$$

con $v = g \cdot t$ porque $v = a \cdot t$ y $a = g$

$$\frac{1}{2} \cdot a^2 \cdot t^2 = g \cdot h \quad | \frac{2}{g^2}$$

$$t^2 = 2 \cdot \frac{h}{g} \quad | \sqrt{\quad}$$

$$t = \sqrt{2 \cdot \frac{h}{g}}$$

a : aceleración [$\frac{m}{s^2}$]

h : altura [m]

g : aceleración gravitacional, $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$

t : tiempo [s]

v : velocidad [$\frac{m}{s}$]

Puede comparar bebidas que se encuentran en distintos países y las actitudes hacia su consumo. También pueden comentar el diseño de los estudios, recopilar más ideas y hacer los ejercicios en dos o más centros colaboradores para obtener más datos para el análisis de los efectos.

Por último, pueden compartir los resultados encontrados en colaboración con otros centros educativos. Encontrará información adicional en nuestra web.^[2]

REFERENCIAS

^[1] Fuente: Cronholm144 [trabajo propio] [de dominio público], a través de Wikimedia Commons https://en.wikipedia.org/wiki/Nicotinamide_adenine_dinucleotide#/media/File:NADNADH.svg (08/03/2016)

^[2] www.science-on-stage.de/iStage3_materials

4 | CONCLUSIÓN

Este proyecto puede adaptarse y utilizarse para enseñar a alumnos de entre 8 y 18 años cómo medir la actividad cerebral y cómo optimizar un método para minimizar la necesidad de evaluación mediante cálculos, recuentos, etc. Los alumnos aprenderán sobre el diseño de control experimental y pueden aportar aspectos científicos que hayan aprendido en biología, matemáticas o física.


5 | OPCIONES DE COOPERACIÓN


Le recomendamos que se plantee este proyecto como un proyecto entre centros educativos e internacional. Si su centro no tiene el equipamiento técnico necesario para la sección de química, podría ponerse en contacto con centros cercanos para realizar los experimentos en colaboración. Los alumnos tendrán que explicar sus investigaciones y protocolos a otros alumnos; para ellos esto tiene más sentido que limitarse a escribir sus resultados en un cuaderno de ejercicios. Este tipo de cooperación e intercambio les motiva y genera más información, además de añadir una opción bilingüe a la enseñanza y el aprendizaje de asignaturas de ciencias.


ANDREAS MEIER · CORINA TOMA

MANEJO DEL BALÓN



 biomecánica, movimiento, aceleración, energía, potencia, tiempo de reacción, superficie

 física, biología, matemáticas, deporte

 10–18 años

Esta unidad se puede utilizar para enseñar a estudiantes de diferentes edades, principalmente de primaria y secundaria. Algunas partes de la unidad también se pueden utilizar en educación infantil. Cada parte se puede adaptar para adecuarla a diferentes niveles.

1 | SUMARIO

Esta unidad trata algunos aspectos y actividades relacionados con el uso de manos y piernas en un partido de fútbol. Se divide en tres secciones:

1. Movimientos típicos de un futbolista
2. Ampliación del área de la superficie corporal
3. Tiempo de reacción de los jugadores

Asimismo, con esta unidad se pretende animar al alumno a buscar nuevos métodos de observación.

2 | INTRODUCCIÓN DE CONCEPTOS

El fútbol es un deporte muy atlético y dinámico. En las últimas décadas su intensidad ha aumentado notablemente. Resistencia, velocidad y rapidez de reacción son habilidades típicas del fútbol que los jugadores deben coordinar durante los partidos o incluso durante los entrenamientos. Un jugador debe utilizar brazos y manos para rendir más, correr más deprisa o saltar más alto. Por este motivo, existe la posibilidad de que un jugador toque el balón con la mano durante un partido, sea o no de forma deliberada.

A modo de breve introducción, nos gustaría dar algunos datos sobre la relación entre la mano humana y el fútbol. En primer lugar, vamos a ver la regla 12 de la FIFA^[1], que dice que “tocar el balón con la mano implica la acción deliberada de un jugador de tocar el balón con las manos o el brazo”. Es decir, normalmente no se puede tocar el balón con la mano. Las excepciones se denominan “posiciones naturales de la mano”.

En última instancia, los árbitros deben decidir si el contacto es “no natural” y por lo tanto si es o no deliberado. Si ve un partido de fútbol en el estadio o por televisión, sabrá que estas decisiones inmediatas pueden dar lugar a discusiones acaloradas. Algunas de estas decisiones han cambiado el curso de un partido. Seguramente el caso más conocido de mano es el gol de la “mano de Dios” que marcó Maradona para Argentina en el partido de cuartos de final contra Inglaterra de la Copa Mundial de 1986 en México; Argentina acabaría alzándose con el título mundial^[2]. En el partido de clasificación entre Irlanda y Francia en 2009, Thierry Henry marcó un gol para la selección francesa ayudándose con la mano. La FIFA tuvo que pagar 5 millones de euros a la Football Association of Ireland (FAI)^{[3],[4]}.

Estos dos ejemplos muestran que brazos y manos pueden tener un papel importante en un partido. Puede usar estos ejemplos para motivar a sus alumnos a observar atentamente el uso de las manos en el fútbol.

2 | 1 Movimiento

Como hemos dicho, la dinámica tiene una importante función en un partido. Primero nos gustaría centrarnos en los aspectos ergonómicos de los movimientos del jugador. Nos gustaría centrarnos en dos tipos de movimiento típicos que el jugador tiene que coordinar durante un partido de fútbol: correr y saltar.

Todas las observaciones pueden registrarse fácilmente con instrumentos de medida como cinta métrica y cronómetro. Si los alumnos tienen cámaras digitales o smartphones y analizan vídeos, los resultados pueden utilizarse para seguir estudiando el movimiento, la aceleración, fuerza, energía y potencia.

Para moverse más deprisa y saltar más hay que usar las manos. Esto se debe a que el movimiento de péndulo de los brazos reduce el movimiento de las caderas y la amplitud de movimiento de los hombros y reduce la aceleración angular del cuerpo resultante del movimiento de las piernas. A la inversa, cuando una persona corre con los brazos pegados al cuerpo o por detrás, la velocidad lineal es menor.^[5] Esto se puede demostrar comparando lo que se tarda en recorrer una distancia con distintos movimientos de los brazos (ver **FIG. 1**^[6]).

FIG. 1 Correr de distintas formas (distancia $s = 20$ m)

	movimiento regular tiempo [s]	brazos rectos tiempo [s]	brazos en la espalda tiempo [s]
Niño	3,12	4,03	4,03
Niña	4,07	5,03	4,18

El concepto biomecánico de “potencia de arranque” explica por qué se puede saltar más alto si se gana impulso al balancear los brazos. Al medir y comparar la altura de distintos tipos de salto (brazos pegados al cuerpo, detrás de la espalda, balanceo de los brazos), los alumnos pueden investigar el efecto de balancear los brazos (ver **FIG. 2**).

Después de medir las distintas alturas, los alumnos pueden calcular las diferencias entre las alturas alcanzadas. La cantidad de energía obtenida se calculará de la forma siguiente:

$$\Delta E_p = m \cdot g \cdot \Delta h.$$

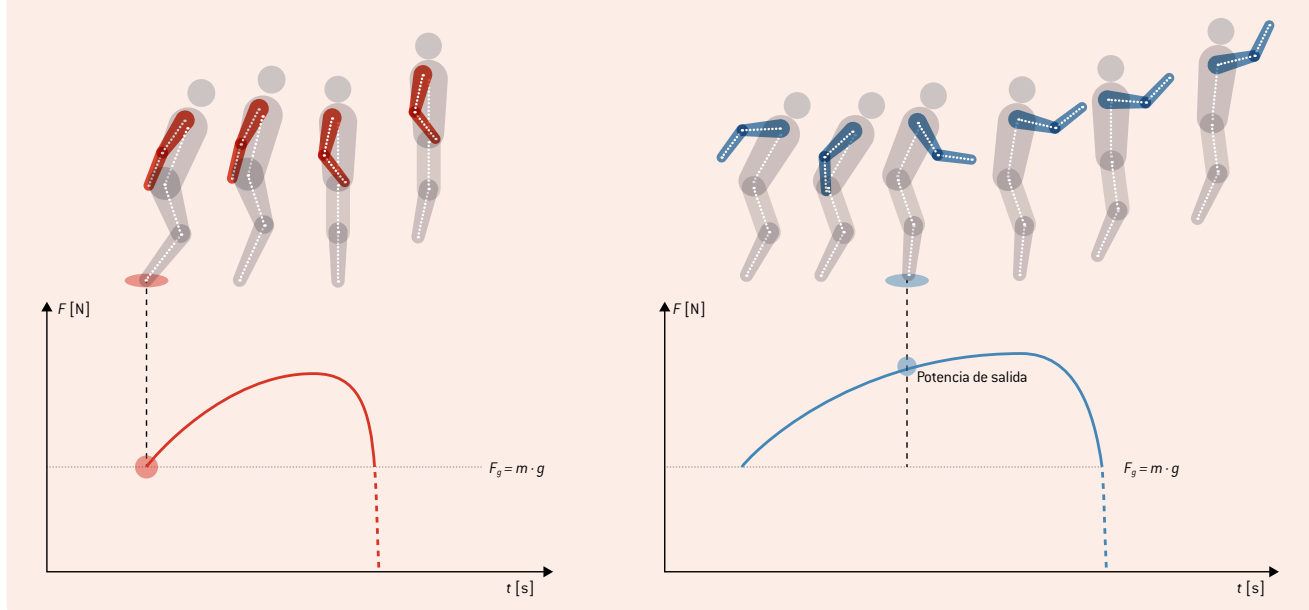
ΔE_p : cantidad de energía potencial obtenida [J]

m : masa del alumno que salta [kg]

g : aceleración gravitacional, $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Δh : diferencia entre alturas saltadas [m]

FIG. 2 Fuerzas según las distintas formas de saltar



Al medir la aceleración (p. ej., con sensores del smartphone), los alumnos pueden comparar las fuerzas máximas y hallar la relación entre el diagrama de movimiento y el de aceleración. Mediante el análisis del vídeo pueden calcular la potencia media de las distintas formas de salto como sigue:

$$\bar{P} = \frac{W}{\Delta t} = \frac{(m \cdot g \cdot h)}{\Delta t}$$

\bar{P} : potencia media [W]

W : trabajo por el incremento de energía potencial [J]

m : masa del alumno que salta [kg]

g : aceleración gravitacional, $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$

h : altura saltada [m]

Δt : tiempo para estirar las piernas [s] (desde el punto más bajo del movimiento hasta que los pies no tocan el suelo)

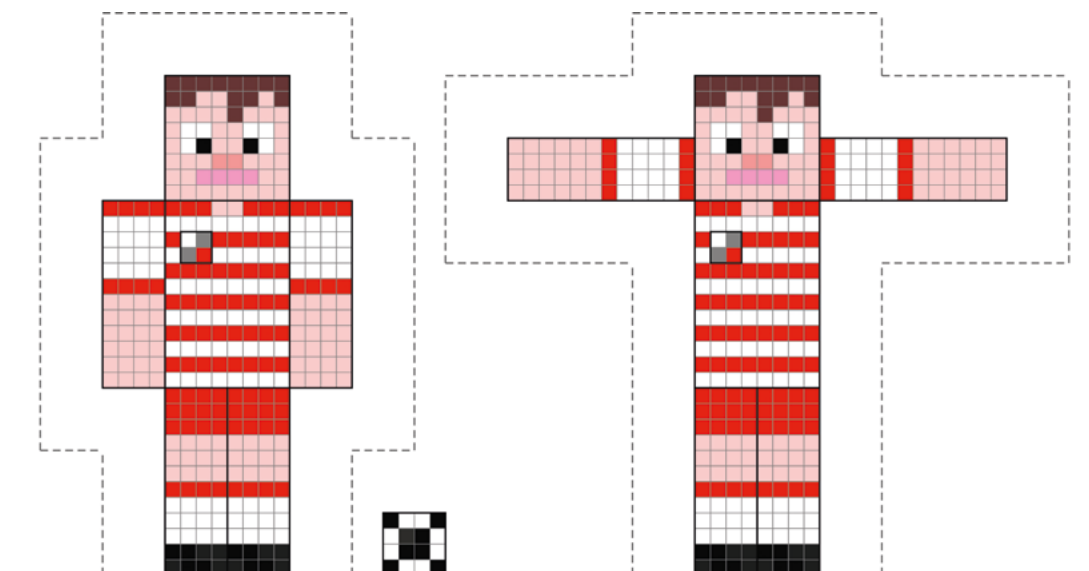
2 | 2 Superficie corporal del jugador

Al estirar los brazos aumenta la superficie corporal del jugador que el balón puede golpear. Por lo tanto, se incrementa la capacidad del jugador para evitar un pase o dar ventaja a su equipo. El porcentaje de ampliación puede calcularse con métodos matemáticos.

En el primer paso, la forma del cuerpo humano puede simularse fácilmente con skins de figuras de Minecraft (que la mayoría de los alumnos conocerán bien).^[7] Los alumnos pueden asignar a sus futbolistas diseños individuales (ver FIG. 3).

Como el cuerpo simulado está formado solo por rectángulos, es fácil calcular la superficie que puede golpear el balón. Los valores de las distintas áreas pueden compararse y la diferencia se puede expresar como porcentaje.

FIG. 3 Siluetas de los jugadores: aumento aproximado del 17% del área de la superficie



En un enfoque más exigente, se pueden analizar fotos reales de los alumnos. Los alumnos pueden usar GeoGebra^[8] para intentar calcular la superficie de su cuerpo que puede alcanzar el balón (ver FIG. 4). Este método se puede usar para animar a los alumnos a utilizar el cálculo integral para encontrar métodos de integración numérica.

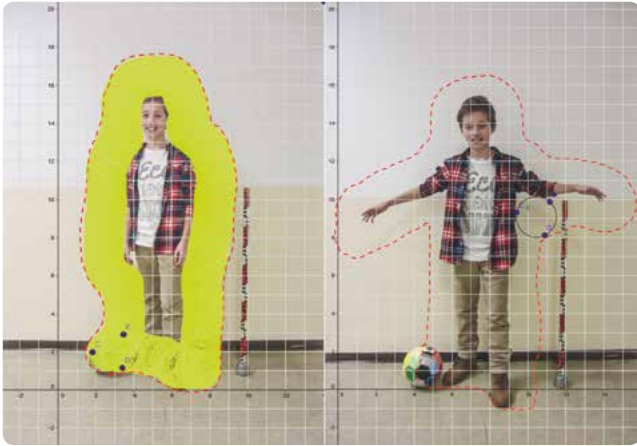


FIG. 4 Calcular el área de la superficie corporal con GeoGebra

2 | 3 Tiempo de reacción

Para evitar tocar el balón, un jugador con las manos en una posición natural tiene que reaccionar a las acciones de los otros jugadores sobre el balón y a la trayectoria de éste. Esta reacción dependerá de muchos parámetros, como la distancia entre el jugador y el balón, la velocidad del balón y el tiempo de reacción del jugador. El tiempo de reacción del jugador se puede calcular con un experimento muy sencillo. Los alumnos solo tienen que medir la distancia que recorre una regla que cae.

Este experimento pueden hacerlo incluso los alumnos de primaria, usando una tabla para evaluar sus datos experimentales (ver FIG. 9). El experimento también puede hacerse mediante cálculos, con las fórmulas que rigen la caída libre de objetos (aceleración lineal), véase la unidad “Bebe y piensa”, p. 30.

$$s = \frac{1}{2} g \cdot t^2$$

$$t = \sqrt{\left(\frac{2 \cdot h}{g}\right)}$$

t: tiempo de reacción [s]

h: distancia recorrida [m]

g: aceleración gravitacional, $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$

3 | QUÉ HACEN LOS ALUMNOS

Los experimentos pueden hacerse sin necesidad de ningún equipamiento técnico. Para usar el análisis de vídeo o smartphones, consulte el dossier iStage 2^[9].

Las fórmulas fundamentales, p. ej., para calcular el área de un rectángulo o expresar un resultado como porcentaje, no se explican a estas alturas.

3 | 1 Movimiento

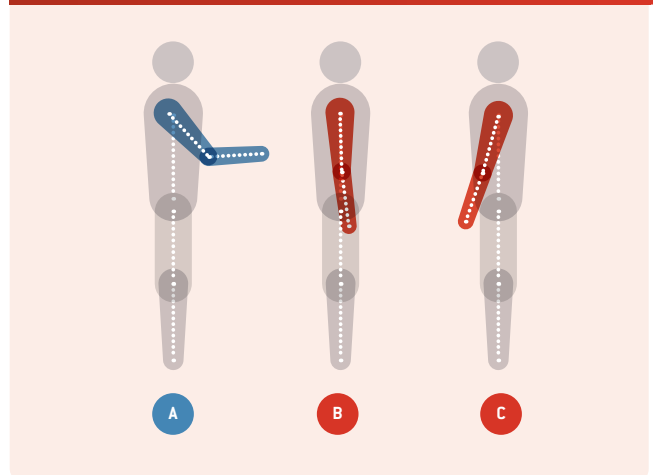
3 | 1 | 1 Cómo correr deprisa

Qué se necesita: cinta métrica, cronómetros, herramientas para marcar

Para un análisis más detallado, se necesita: cámara digital o smartphone, software de análisis de vídeo (p. ej. Tracker^[10])

- Marcar una pista de carreras (longitud: 15–20 m) con líneas de salida y meta claramente visibles. Colocar el punto de inicio a poca distancia (aprox. 5 m) delante de la línea de salida.
- Registrar los tiempos para recorrer la distancia cuando se adoptan las siguientes posiciones de brazos y manos: A) movimiento regular (normal), B) brazos rectos hacia abajo, C) brazos a la espalda (ver FIG. 5). Los corredores deben hacer una buena salida.
- Repetir las mediciones tres veces para cada tipo de carrera (para un alumno). Para obtener más datos, pueden correr dos o tres alumnos a la vez.
- Analizar y comparar los tiempos medidos (después de calcular el tiempo medio para cada tipo de carrera). ¿Corres más cuando usas las manos normalmente (como en la FIG. 1)?

FIG. 5 Diferentes posiciones de brazos y manos



Actividades adicionales:

- Hacer vídeos de las distintas carreras. Se puede usar el código de tiempo del vídeo para medir el tiempo de la carrera.
- Con una cámara fija, hacer vídeos para usarlos con el software de análisis de vídeo. El software calcula automáticamente la velocidad y aceleración del alumno en el vídeo.

- Estimar la pérdida de energía cuando corres sin usar las manos (movimientos B y C). Calcular la velocidad media y la energía cinética de los tres tipos de movimiento de esta forma:

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot \bar{v}^2.$$

E_c : energía cinética [J]

m : masa del alumno que salta [kg]

\bar{v} : velocidad media [$\frac{m}{s}$]

- Analizar otros movimientos para las tres posiciones de la mano típicas del fútbol, p. ej., cambio de dirección, inicio del movimiento.

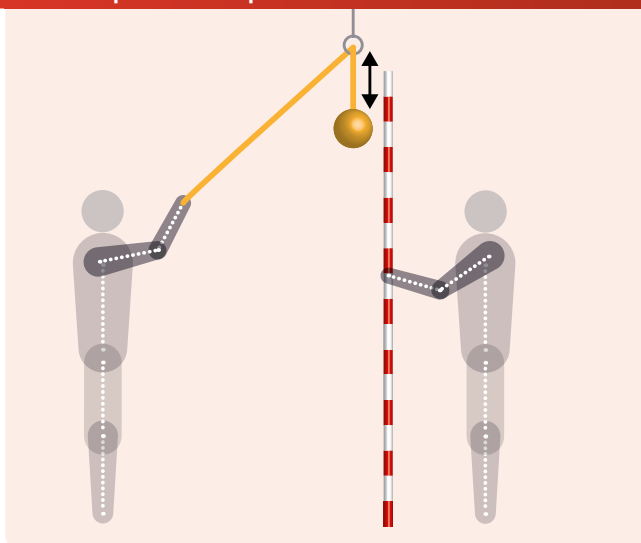
3 | 1 | 2 **Cómo saltar alto**

Qué se necesita: cuerda (o sogá), un balón blando (o un objeto que se pueda golpear con la cabeza), herramienta de medir

Para un análisis más detallado, se necesita: cámara digital o smartphone, software de análisis de vídeo (p. ej. Tracker^[10])

- Construir un péndulo simple (cuerda, balón blando) (ver **FIG. 6**). Comprobar que se puede cambiar con facilidad la altura del péndulo.

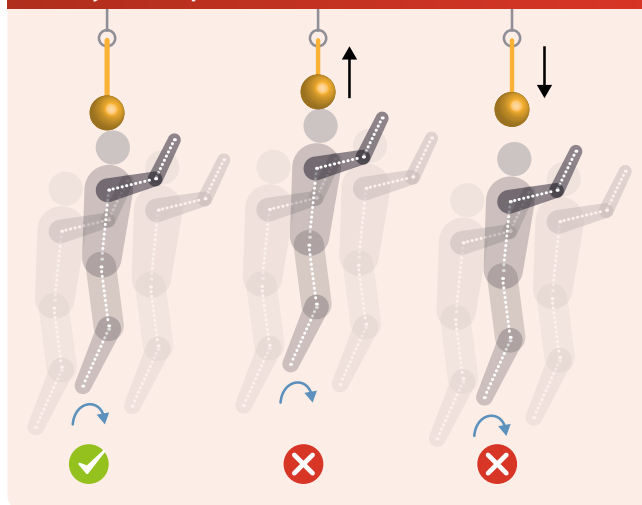
FIG. 6 Preparación del péndulo



- Medir la altura de los saltos con los brazos en las posturas siguientes: A) brazos rectos hacia abajo, B) detrás de la espalda, C) con balanceo (típico). Ajustar la altura del balón para que el alumno no pueda tocarlo con la cabeza cuando está de pie a su lado.

- Colócate justo debajo del balón.
- Salta e intenta dar al balón con la cabeza.
- Si casi alcanzas el balón con la cabeza, mide la distancia entre la parte inferior del balón y el suelo. Si das al balón, cuelga el péndulo más alto y repite el salto. Si no llegas al péndulo, bájalo y repite el salto (ver **FIG. 7**).

FIG. 7 Ajuste del péndulo



Antes de saltar, adopta una posición agachada. Asegúrate de empezar desde la misma posición en cada salto.

- Analiza y compara la altura medida en los saltos. ¿Saltas más alto cuando balanceas y subes los brazos? ^[6]

Actividades adicionales:

- Mide tu altura (de puntillas). Calcula la energía que produce tu cuerpo al saltar con la fórmula de 2.1 Movimiento.
- Con una cámara fija, haz vídeos para usarlos con el software de análisis de vídeo. De esta forma no se necesita un péndulo. No olvides poner la escala en el vídeo para identificar las alturas en el vídeo. También puedes calcular el tiempo aproximado de salto (punto inferior de las caderas – dedos fuera del suelo). De esta forma se puede calcular la energía que produce el cuerpo al saltar con la fórmula de 2.1 Movimiento.
- Usa el sensor de aceleración del smartphone. Sujétalo cerca del hombro ^[6] para registrar la aceleración adicional resultante del movimiento de los brazos durante el salto (ver **FIG. 8**). También puedes ponerte el smartphone en el bolsillo del pantalón para registrar la aceleración total del centro de masa. ¿Qué resultados esperas?
- Analiza el espectro de aceleración durante el salto. Intenta identificar varias posiciones durante el salto.

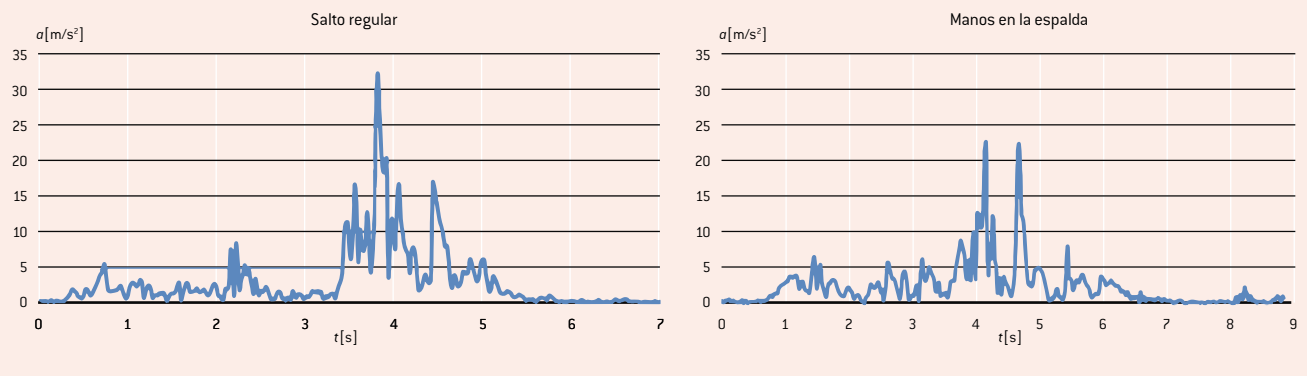
3 | 2 **Superficie corporal del jugador**

Qué se necesita: papel milimetrado, lápiz, regla

Para un análisis más detallado, se necesita: una cámara digital o un smartphone, GeoGebra ^[8]

- Dibuja la forma del cuerpo del jugador con una skin de Minecraft. (Se puede usar un editor de skins, p. ej. nova skin ^[7].) Dibuja otro jugador con los brazos en horizontal. Añade un balón a cada dibujo y marca la superficie donde el balón podría golpear a cada jugador (ver **FIG. 3**).

FIG. 8 Aceleración del salto registrada con la aplicación para smartphone Accelerometer Analyzer^[11]



- Calcula el área de la superficie. ¿Qué jugador tiene la mayor área donde puede golpear un balón? Compara las dos áreas y expresa la diferencia como porcentaje.

Actividades adicionales:

- Hazte fotos con las manos pegadas al cuerpo y también con tu forma natural de colocarlas. Intenta imitar algunos de los movimientos típicos de los futbolistas. No olvides poner una escala y un balón en el dibujo.
- Importa los dibujos a GeoGebra e intenta calcular el área del cuerpo que podría ser golpeada por un balón. Añade un círculo (balón) y selecciona *Show Trace* en el menú contextual. Después de dibujar el cuerpo, añade un contorno con *Pen* (ver FIG. 4). Intenta distintos métodos para calcular el área. ¿Cómo podrías optimizar tu(s) método(s)?

3 | 3 **Tiempo de reacción**

Qué se necesita: regla (30 cm)

Para un análisis más detallado, se necesita: una cámara digital o un smartphone

- La clase debe dividirse por parejas. Uno de los alumnos de la pareja sujeta la regla, el otro pone los dedos de la mano junto a la marca de 0 cm.
- El primer alumno deja caer la regla, el otro intenta cogerla lo más deprisa posible. Lee la distancia que ha caído la regla.
- Ahora puedes saber tu tiempo de reacción comparando la distancia con la FIG. 9.

FIG. 9 Tiempo de reacción

<i>h</i>	<i>t</i>	<i>h</i>	<i>t</i>	<i>h</i>	<i>t</i>
[cm]	[s]	[cm]	[s]	[cm]	[s]
1	0,045	11	0,150	21	0,207
2	0,064	12	0,156	22	0,212
3	0,078	13	0,163	23	0,217
4	0,090	14	0,169	24	0,221
5	0,101	15	0,175	25	0,226
6	0,111	16	0,181	26	0,230
7	0,119	17	0,186	27	0,235
8	0,128	18	0,192	28	0,239
9	0,135	19	0,197	29	0,243
10	0,143	20	0,202	30	0,247

Actividades adicionales:

- Calcula tu tiempo de reacción con la fórmula de 2.3 *Tiempo de reacción*.
- Prepara una tabla para los alumnos más pequeños que les ayude a averiguar su tiempo de reacción en este experimento.
- Desarrolla un experimento para medir el tiempo de reacción con recursos digitales.

4 | **CONCLUSIÓN**

Esta unidad muestra que la forma en que usa un jugador los brazos y las manos (aunque no sujete el balón), tiene un papel clave para mejorar su rendimiento en un partido. Al mismo tiempo, aumenta la posibilidad de que el jugador cometa una falta.

Que tengamos noticia, este es el primer estudio sobre los distintos aspectos del manejo del balón en el fútbol. Por consiguiente, solo ofrece algunas ideas para abordar este tema.

Otros temas importantes para pensar sobre ellos podrían ser:

- Protección (p. ej. tiro libre): Los jugadores no pueden usar las manos para protegerse el cuerpo (p. ej., la cara) contra los tiros. Los alumnos calculan la fuerza del balón cuando golpea el cuerpo del jugador.

- Tiempo de reacción y movimientos de la mano: ¿Cuál es la forma más rápida de acercar las manos al cuerpo? Los alumnos miden el tiempo y la trayectoria de las manos estimadas cuando se acercan al cuerpo.
- Manejar desde la perspectiva del portero: ¿Cuál es la mejor forma de mover/estirar las manos para evitar un gol?

5 | OPCIONES DE COOPERACIÓN

Se pueden compartir los resultados e ideas:

- cargando los archivos/resultados en una web/plataforma online. Los datos pueden utilizarlos otros estudiantes. ^[6]
- jugando al fútbol con vuestros amigos y hablándoles de iStage 3.

REFERENCIAS

- ^[1] FIFA: Reglas de juego 2015/2016
http://es.fifa.com/mm/Document/FootballDevelopment/Refereeing/02/36/01/11/LawsofthegamewebES_Spanish.pdf
(p. 121)
- ^[2] Argentina vs. Inglaterra [1986]
[https://es.wikipedia.org/wiki/Argentina_vs._Inglaterra_\(1986\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Argentina_vs._Inglaterra_(1986))
(08/03/2016)
- ^[3] 2009 Republic of Ireland vs. France football matches
https://en.wikipedia.org/wiki/2009_Republic_of_Ireland_v_France_football_matches (08/03/2016)
- ^[4] Eamon Dunphy: The FIFA payment to the FAI was like something from The Sopranos
www.independent.ie/sport/soccer/international-soccer/eamon-dunphy-the-fifa-payment-to-the-fai-was-like-something-from-the-sopranos-31279282.html; publicado el 04/06/2015
- ^[5] Christopher J. Arellano, Rodger Kram: "The metabolic cost of human running: Is swinging the arms worth it?"
<http://jeb.biologists.org/content/217/14/2456.abstract>
- ^[6] En www.science-on-stage.de/iStage3_materials encontrará vídeos para estas actividades y formas para compartir los resultados.
- ^[7] <http://minecraft.novaskin.me/>
- ^[8] www.geogebra.org
- ^[9] iStage 2 – Smartphones in Science Teaching;
www.science-on-stage.de/iStage2_publication_EN
- ^[10] www.physlets.org/tracker
- ^[11] <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.lul.accelerometer> [27/04/2016]

BALÓN

Ahora vamos a centrarnos en lo más importante del fútbol: el balón. El balón es el fundamento del juego. Si sabes cómo manipular (¿o deberíamos decir “pedi-pular”?) este artefacto aparentemente sencillo, tus oportunidades de ganar aumentan significativamente. La ciencia puede decirte mucho sobre el complejo comportamiento de este cuerpo esférico. ¿Es realmente esférico? ¿Es macizo? Tendremos que hacer algunos cálculos aproximados, por supuesto, pero después podremos predecir muchas cosas, tan solo con lo aprendido en el centro educativo.

Nuestros participantes han desarrollado tres unidades didácticas que arrojan luz sobre distintos aspectos de la física del balón.

Antes del partido hay que inflar el balón. En la unidad didáctica “Bajo presión”, los alumnos aprenderán que el aire tiene masa y que pueden medir el peso del aire con aparatos domésticos muy simples. Además, la cantidad de aire dentro del balón cambia la presión, que a su vez modifica las propiedades de rebote del balón. La presión del interior del balón cambia el coeficiente de restitución, es decir, cuánto rebota un balón. Todo esto puede entenderse si se considera que el aire es un gas ideal formado aproximadamente por un 20% de oxígeno y un 80% de nitrógeno. Las leyes de los gases son útiles.

En la siguiente unidad didáctica estaremos en la mitad del partido. El portero piensa “Que no toque el suelo”, porque sabe que la dirección y la velocidad del balón cuando rebota puede cambiar mucho cuando el balón toca el suelo. La mecánica clásica puede ayudar a entender lo que sucede. Al analizar un balón que rebota desde el suelo, los alumnos llegarán a entender de qué forma la transformación de la energía cinética de rotación en energía cinética de traslación puede producir el extraño efecto de que el balón se vuelva mucho más rápido solo con tocar el suelo. El cambio de dirección del balón también puede entenderse con la ayuda de la mecánica clásica.

Para cambiar de dirección, esta esfera aparentemente simple ni siquiera tiene que rozar el suelo. La interacción del balón con el aire que lo rodea es suficiente para que un jugador dispare con efecto. La unidad didáctica “Física con efecto” trata sobre la aerodinámica de un balón. Como sabemos por los trabajos de Daniel Bernoulli, al moverse el aire más deprisa, se reduce la presión. Mediante la fricción, el balón que gira cambia la velocidad del aire de un lado en relación con el otro lado. La diferencia de presión resultante puede cambiar la trayectoria del balón;



esto se conoce como efecto Magnus. Puede ser bastante difícil comprender este efecto y los fabricantes de balones dedican mucho tiempo y esfuerzos a conformar la superficie del balón para conseguir un buen flujo de aire, es decir, garantizar un incremento monótono de la resistencia del aire al aumentar la velocidad. No obstante, nuestros participantes han desarrollado una unidad didáctica que, mediante experimentos y simulaciones, hace este difícil tema accesible a estudiantes de secundaria.

Estas tres unidades son magníficos ejemplos para demostrar que la física en las aulas puede explicar el comportamiento de un balón, uno de los objetos diarios más importantes desde la perspectiva de los alumnos. Es un estupendo trabajo de algunos de los mejores profesores de física de Europa.


DR. JÖRG GUTSCHANK


Leibniz Gymnasium | Dortmund International School
Presidente de Science on Stage Deutschland e. V.
Coordinador principal


KIRSTEN BIEDERMANN · ANDERS FLORÉN · PHILIPPE JEANJACQUOT · DIONYSIS KONSTANTINOU · CORINA TOMA

BAJO PRESIÓN



 balón, masa, balanza, bomba, presión, gas ideal, colisión elástica, coeficiente de restitución

 física, matemáticas, TIC

 Esta unidad se puede utilizar para enseñar a estudiantes de diferentes edades, principalmente de primaria y secundaria. Cada parte se puede adaptar para adecuarla a diferentes niveles.

Nivel 1: Para primaria (edad: 9–12 años)

Nivel 2: Para secundaria (edad: 12–15 años)

Nivel 3: Para secundaria (institutos, edad: 15–18 años)

1 | SUMARIO

¿Alguna vez te has preguntado lo importante que es la presión del aire del balón? Esta unidad presenta distintas actividades centradas en la presión. La primera actividad empieza con la medición de la masa del aire dentro del balón y destaca su proporcionalidad directa con la presión interna. La segunda estudia la dependencia de la altura máxima alcanzada por el balón después de la primera colisión o rebote de la presión del aire dentro del balón y al mismo tiempo muestra la importancia de la condición de la superficie del terreno.

2 | INTRODUCCIÓN DE CONCEPTOS

Nuestro objetivo es destacar que con experimentos sencillos los alumnos pueden medir la masa del aire dentro del balón y verificar luego la dependencia lineal entre presión y masa según la ley de los gases ideales. Por último, estudiarán la importancia de la presión en el proceso de rebote y aplicarán la ley de conservación de la energía mecánica.

2 | 1 Parte 1: Masa de aire respecto a presión

Ver los detalles de las actividades en la parte 3 *Qué hacen los alumnos*.

Nivel 1:

Se pueden realizar dos actividades distintas e independientes. La primera se centra en la masa del aire y en cómo medir la masa de aire dentro del balón. El profesor podría usar un método a base de preguntas del tipo: “¿Cómo podéis averiguar la masa de aire dentro del balón?” Los alumnos sugerirán y realizarán experimentos, como usar la balanza, hinchar el balón y comprobar la masa del balón una vez hinchado. En la segunda actividad, los alumnos se centrarán en el volumen y los métodos para averiguar el volumen del balón (p. ej., con un cubo de agua).

Nivel 2:

Medir la masa de aire dentro del balón a distintas presiones. Encontrar la relación entre la presión y la masa de aire (supuesto: el volumen del balón no cambia cuando la presión aumenta). Los alumnos pueden dibujar un gráfico de la masa del gas respecto a la presión. Los alumnos también pueden medir el volumen del balón. También puede servir para averiguar la flotabilidad del balón (en el aire).

Nivel 3:

Los alumnos pueden hacer los mismos experimentos que los del nivel 2. Compararán su gráfico de dependencia entre la masa y la presión del aire dentro del balón con la ley de los gases ideales y calcularán los distintos parámetros del gas a partir de la pendiente del gráfico.

2 | 2 Parte 2: Altura de rebote respecto a presión

Nivel 1:

Centrarse en las diferencias de altura (cualitativamente): Lanzar dos balones desde la misma altura y observar el efecto directo de las distintas presiones del balón. Elegir un procedimiento y los datos que se van a recopilar, recoger los datos y comentarlos una vez terminado el experimento.

Nivel 2:

Centrarse en las diferencias de altura (cualitativamente): Medir la altura máxima después del primer rebote, repetir el experimento diez veces buscando la forma de detectar la altura, p. ej., haciendo una película a alta velocidad con un smartphone. Aprender sobre el azar y otros factores que explican los diferentes resultados y calcular la altura media.

Nivel 3:

Centrarse en el uso de un modelo matemático de caída libre para analizar los datos. Empezando con el nivel 2, analizar los datos para encontrar la pérdida de energía con la fórmula $E_p = m \cdot g \cdot h$ y comparando la energía al principio del experimento ($h = 1$ m u otro valor) y después del primer contacto del balón con el suelo. Los alumnos pueden calcular también la duración de un rebote y la velocidad máxima del primer contacto con el suelo e intentar medirlo. Por último, pueden comparar la energía potencial y la cinética (E_p y E_c) y calcular el coeficiente de restitución (ver 3.2.1).

E_p : energía potencial [J]

m : masa del balón [kg]

g : aceleración gravitacional; $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$

h : altura alcanzada por el balón [m]

La Parte 2 puede hacerse en distintas superficies como césped, el suelo del gimnasio, asfalto, hormigón, césped mojado, césped corto, césped alto y arena. Los alumnos de todos los niveles deben presentar sus hipótesis, debatirlas y analizar los experimentos a distintos niveles. Yendo más allá, sería interesante desarrollar una tabla que muestre la presión necesaria para conseguir la misma altura de rebote en diferentes superficies, por ejemplo, en distintos estadios.

3 | QUÉ HACEN LOS ALUMNOS

Esta unidad se divide en dos partes: medir la masa del gas respecto a la presión dentro del balón y medir la dependencia entre altura del rebote y la presión dentro del balón.

Hay dos formas distintas de medir la presión.

La presión relativa es la diferencia entre la presión dentro del balón y la presión atmosférica (fuera del balón); se utiliza un manómetro para medir la presión relativa. Utilizamos esta presión en la parte 1.

La presión absoluta es la cantidad total de presión. Utilizamos esta presión en la parte 2.

3 | 1 Parte 1: Medir la masa del gas respecto a la presión

Equipamiento necesario: bomba, manómetro (sistema de medición de presión), balanza (con una precisión de 0,1 g y un rango de medidas entre 0 y 1.000 g), boquilla para inflar el balón, vaso para poner el balón en la balanza, un balón.

Si el centro educativo no tiene este equipamiento, el experimento puede hacerse con instrumentos baratos.

[Lo más fácil es que la bomba lleve manómetro. Si no, se puede comprar un manómetro barato para neumáticos de automóvil; la boquilla es la misma que la que se usa para un balón].

3 | 1 | 1 Procedimiento

A continuación describimos los detalles del procedimiento propuesto. Algunas partes pueden obviarse si no corresponden al nivel de los alumnos.

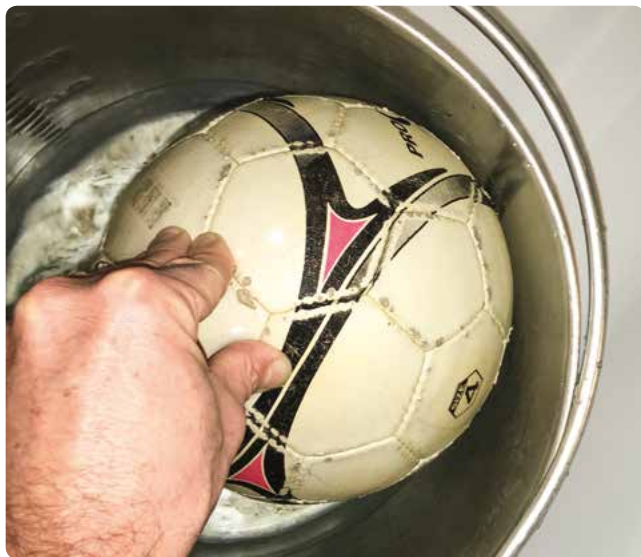


FIG. 1 El balón dentro del cubo

▪ Medir el volumen del balón (con y sin aire dentro)

Para medir el volumen del balón, se puede utilizar un cubo lleno de agua y medir los distintos niveles de agua con y sin el balón. Hay que tener cuidado porque el balón es de cuero y puede absorber agua, lo que incrementaría la masa del balón. Para evitarlo, se puede poner el balón en una bolsa de plástico. La presión del agua alrededor del balón "pegará" la bolsa contra el balón. El volumen será el mismo con y sin bolsa.



FIG. 2 Medir el nivel para obtener el volumen de agua

Si se toman las medidas sin la bolsa de plástico rodeando el balón, hay que medir el volumen después de medir la masa.

El volumen se puede medir con distintos niveles de agua dentro del cubo. Si los alumnos no pueden calcular el volumen de agua en el cubo, pueden llenar el cubo completamente, meter el balón dentro del cubo y medir el volumen de agua desalojada.

En este caso el volumen del balón vacío es de 1,65 l y el volumen del balón lleno es de 5 l. Esto significa que $5\text{ l} - 1,65\text{ l} = 3,35\text{ l}$ de aire dentro del balón.

▪ Medir la masa con aire dentro

Poner el vaso en la balanza, tararla, poner el balón en la balanza y medir la masa.

En este experimento usamos una balanza con una precisión de 0,1 g (entre 0 y 1.000 g), un balón de fútbol y una bomba con manómetro.

▪ Medir la masa del balón sin aire dentro

(por ejemplo $m_{\text{balón}} = 408,0\text{ g}$)

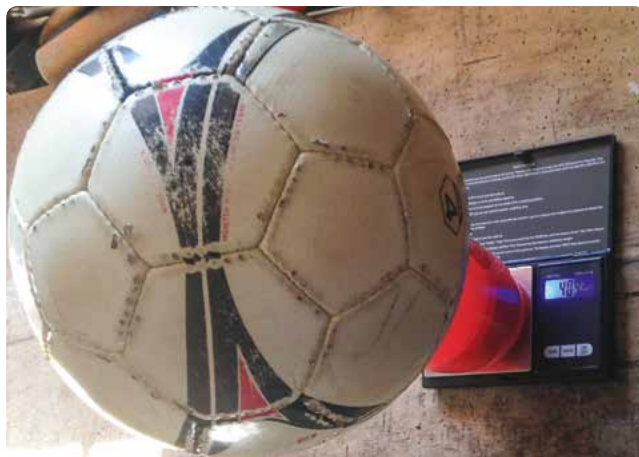


FIG. 3 El balón en la balanza



FIG. 4 Medir la masa del balón vacío

▪ **Inflar el balón para obtener la misma presión dentro que fuera**

La presión relativa, o la diferencia entre la presión interior y exterior del balón es $P = 0$ bar. Medir la masa del balón $m_{\text{balón}} = 408,0$ g (La misma masa que antes).

3 | 1 | 2 **Análisis: ¿Por qué es la masa igual con y sin aire dentro del balón?**

- **Pista:** El aire que nos rodea es un fluido que crea una fuerza con las mismas propiedades que la fuerza creada cuando metemos algo en el agua.
- **Respuesta:** La masa de aire dentro del balón se equilibra con la flotabilidad del aire que rodea el balón.
- Medir la masa del mismo balón a diferente presión. El manómetro dará la presión relativa.
- Recopilar los datos en una hoja de cálculo. Por ejemplo, se puede medir la masa para una presión relativa $P = 0,35$ bar; $P = 0,5$ bar; $P = 0,6$ bar; $P = 0,75$ bar; $P = 0,9$ bar; $P = 1,05$ bar, o elegir otras presiones.
- Dibujar la curva m en relación con P .
- Encontrar la curva que mejor se ajuste (es una función lineal).
- Encontrar la relación entre la pendiente de la línea recta y la ley de los gases ideales: $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$

Para ayudar a los alumnos a entender la ley de los gases ideales, el profesor puede dar pistas.

- **Primera pista:** La curva lineal tiene la fórmula

$$m_{\text{total}} = a \cdot P + m_{\text{balón}}$$

$$\text{o } m_{\text{total}} = m_{\text{gas}} + m_{\text{balón}}$$

Significa que: $m_{\text{gas}} = a \cdot P$.

- **Segunda pista:** $n_{\text{gas}} = \frac{m_{\text{gas}}}{M_{\text{gas}}}$.

m : masa [g]

P : presión relativa [Pa]

a : coeficiente de la pendiente de la curva [$\frac{\text{g}}{\text{bar}}$]

V : volumen [m^3]

n : cantidad de sustancia [mol]

M : masa molar [$\frac{\text{g}}{\text{mol}}$]

R : constante del gas ideal, $R = 8,31 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$

T : temperatura [K]

- **Tercera pista:** El gas (aire) se compone aproximadamente de un 20% de oxígeno y un 80% de nitrógeno.

$$M_{\text{O}_2} = 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \text{ y } M_{\text{N}_2} = 28 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

3 | 2 **Parte 2: Medir la altura de rebote respecto a la presión**

3 | 2 | 1 **Teoría**

¿Te has preguntado si la presión del aire interior del balón es importante? Vamos a demostrar que el coeficiente de restitución e (elasticidad) depende de esa presión.

¿Qué es el coeficiente de restitución? Cuando un balón cae, aterriza a cierta velocidad respecto al suelo, lo que se denomina velocidad de aproximación. Tras una colisión elástica con el suelo, la velocidad de separación tendrá un valor diferente de la velocidad de aproximación porque parte de la energía cinética inicial se habrá perdido:

$$e = \frac{V_{\text{separación}}}{V_{\text{aproximación}}}$$

Es muy fácil calcular este coeficiente si se mide la altura inicial h_1 desde la que cae el balón y la altura máxima h_2 que puede alcanzar cuando el balón rebota contra el suelo.

Usamos la ley de la conservación de energía:

$$mgh_1 = \frac{mv_{\text{aproximación}}^2}{2} \quad mgh_2 = \frac{mv_{\text{separación}}^2}{2}$$

$$\text{Por lo tanto: } e = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}$$

e : coeficiente de restitución

v : velocidad [$\frac{\text{m}}{\text{s}}$]

m : masa [g]

g : aceleración gravitacional; $g = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 9,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$

h : altura [m]

3 | 2 | 2 **El experimento**

Dejamos caer el balón desde una altura (h_1) y anotamos la altura (h_2) del rebote después de tocar el suelo. Podemos medir estas alturas en los vídeos.



FIG. 5 Sujetar el balón a la altura h_1 (izquierda); soltar el balón (derecha)

El experimento puede hacerse con distintos tipos de balón y de superficie [1].

4 | **CONCLUSIÓN**

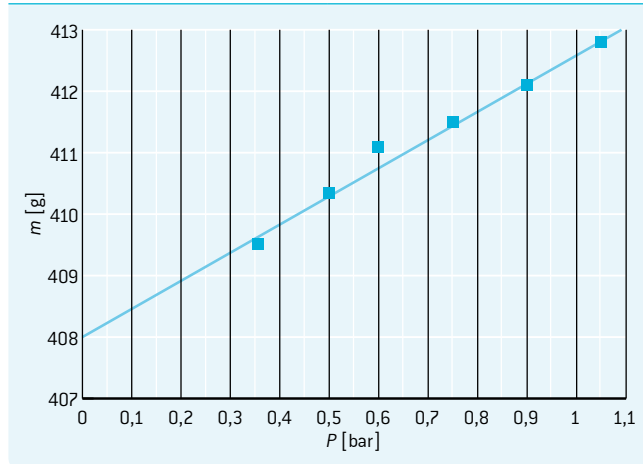
4 | 1 **Parte 1: Medir la masa del gas respecto a la presión**

4 | 1 | 1 **Ejemplo de medición de la masa respecto a la presión de un balón**

La masa del balón es $m_{balón} = 408,0$ g a $P = 0$ bar.
El volumen del aire en el balón es $V = 3,35$ l.

FIG. 6 m [g] respecto a P [bar] (presión relativa)

P [bar]	m [g]
0,75	411,5
0,35	409,5
1,05	412,8
0,9	412,1
0,6	411,1
0,5	410,3



4 | 1 | 2 **Ejemplo de cálculo con la ley de los gases ideales:**

Aquí, la fórmula de la curva es $m = 4,5711 \frac{\text{g}}{\text{bar}} \cdot P + 408,0$ g.

Vemos que el valor 408 es la masa del balón vacío en gramos o $m_{total} = a \cdot P + m_{balón}$.

m : masa total [g]

P : presión [bar]

a : coeficiente de la pendiente de la curva [$\frac{\text{g}}{\text{bar}}$]

En este caso $a = 4,5711 \frac{\text{g}}{\text{bar}}$.

El valor de a puede hallarse mediante la ley de los gases ideales:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T.$$

P : presión [Pa], 1 bar = 10^5 Pa

V : volumen [m^3]

n : cantidad de gas [mol]

R : constante del gas ideal, $R = 8,31 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$

T : temperatura [K]

M : masa molar [$\frac{\text{g}}{\text{mol}}$]

Esto significa que $n_{gas} = \frac{P \cdot V}{R \cdot T}$ y $m_{gas} = M_{gas} \cdot \frac{P \cdot V}{R \cdot T}$

$$\text{o } m_{gas} = \frac{M_{gas} \cdot V}{R \cdot T} \cdot P$$

y ya hemos visto en 3.2.1 que $m_{gas} = a \cdot P$,

$$\text{por tanto } a = \frac{M_{gas} \cdot V}{R \cdot T}.$$

El aire se compone de un 20% de oxígeno y un 80% de nitrógeno aprox., así pues

$$M_{gas} = \frac{20 \cdot M_{O_2} + 80 \cdot M_{N_2}}{100}$$

$$M_{gas} = \frac{20 \cdot 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 80 \cdot 28 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{100}$$

$$M_{gas} = 28,8 \frac{\text{g}}{\text{mol}}.$$

Con este balón

$$V = 3,35 \text{ l} = 3,35 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$T = 20^\circ\text{C} = 293 \text{ K}$$

$$a = \frac{M_{gas} \cdot V}{R \cdot T}$$

$$a = \frac{28,8 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 3,35 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{8,31 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 293 \text{ K}} = 3,96 \cdot 10^{-5} \frac{\text{g}}{\text{Pa}}.$$

Este es el valor cuando P se mide en Pa. Para P en bares, el valor tiene que multiplicarse por 10^5 (porque 1 bar = 10^5 Pa).

$$a = 3,96 \frac{\text{g}}{\text{bar}}$$

La curva que mejor se ajusta es $a = 4,57 \frac{\text{g}}{\text{bar}}$.

Si se comparan los dos resultados, la desviación relativa entre los dos resultados es:

$$d = \frac{4,57 - 3,96}{4,57} = 0,13.$$

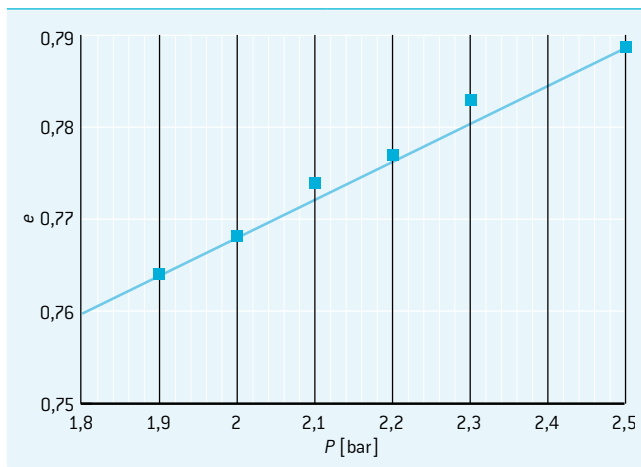
Podemos comentar los errores asociados a la medición: La precisión del manómetro es 0,05 bar en una medición aproximada de 1 bar. Puede seguir habiendo aire en el balón cuando medimos el volumen de un balón vacío.

4 | 2 Parte 2: Medir el rebote respecto a la presión

En nuestro experimento cambiamos la presión de aire interior en dos balones distintos y obtuvimos las cifras siguientes:

FIG. 7 Coeficiente de restitución e respecto a presión absoluta P (balón 1)

P [bar]	e
1,9	0,764
2,0	0,768
2,1	0,774
2,2	0,777
2,3	0,783
2,5	0,789



Aquí P es la presión absoluta en bares.

Para el primer balón, la dependencia es lineal porque la variación de la presión no es tan grande.

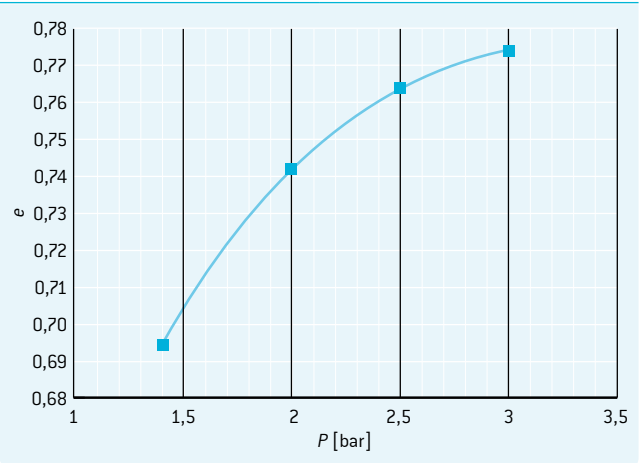
Para el segundo balón obtuvimos una curva. Cuando la presión es demasiado grande, el balón pierde elasticidad y el coeficiente de restitución parece llegar al límite.

En estos dos experimentos se dejó caer el balón en el suelo y puede verse que el coeficiente de restitución es más o menos de 0,77 para una presión de 3 bar.

Después cambiamos la superficie, pero la presión interior seguía siendo 3 bar. Sobre césped, el coeficiente de restitución era inferior: $e = 0,57$. En césped sintético, el coeficiente era de 0,74^[1].

FIG. 8 Coeficiente de restitución e respecto a presión absoluta P (balón 2)

P [bar]	e
1,4	0,695
2,0	0,742
2,5	0,764
3,0	0,774



5 | CONCLUSIÓN

Un balón es una buena herramienta para estudiar las leyes de los gases, las propiedades de la presión y la eficiencia de los rebotes. Los alumnos pueden estudiar las leyes de la física con un balón que forma parte del equipamiento deportivo. Pueden ver la relación entre las leyes de la física, como la ley de los gases ideales, y la vida diaria.

También es interesante observar que las actividades de esta unidad pueden enseñarse a alumnos de distintas edades, de los 6 a los 18 años. Es fácil encajar estas actividades en cualquier plan de estudios.

6 | OPCIONES DE COOPERACIÓN

Podemos compartir los resultados de distintos experimentos con balones.

Para ello, hay que descargar el archivo y seguir las instrucciones^[1].

Estamos seguros de que los estudiantes pueden compartir sus ideas sobre las diferencias entre sus mediciones o sus equipos experimentales. Pueden imaginarse otros experimentos con el balón: por ejemplo, grabar la deformación del balón cuando choca contra el suelo y la influencia de la presión en ese proceso.

REFERENCIAS

^[1] www.science-on-stage.de/iStage3_materials



DIONYSIS KONSTANTINOU · ANDREAS MEIER · ZBIGNIEW TRZMIEL

QUE NO TOQUE EL SUELO



🔧 movimiento, rotación, movimiento de rodadura, energía cinética de traslación, energía cinética de rotación, fricción

📖 física, TIC

👥 Se proporcionan dos conjuntos de actividades. El primero es apto para alumnos de 14–15 años, y ambos son aptos para alumnos de 16–18 años.

1 | SUMARIO

Los alumnos estudian el bote del balón en términos de movimiento, energía cinética e impulso. También descubren que la energía cinética de un cuerpo real se compone de energía cinética de traslación y de rotación.

2 | INTRODUCCIÓN DE CONCEPTOS

2 | 1 Sinopsis

Los porteros siempre dicen que cuando la pelota bota justo delante de ellos es mucho más difícil pararla. En esta unidad didáctica enseñamos a los alumnos a investigar los factores que provocan cambios en la energía y el movimiento de un balón cuando bota. En este contexto, los alumnos conocerán las leyes físicas relacionadas con los movimientos de traslación y de rotación de un cuerpo sólido, en especial con respecto al movimiento de rodadura. En la unidad se realizarán dos experimentos. Los alumnos grabarán el movimiento de un balón y lo analizarán con una herramienta de análisis de vídeo. Los experimentos se han escogido de manera que ofrezcan a los alumnos la oportunidad de estudiar los respectivos fenómenos. Así los alumnos sacarán sus conclusiones y serán capaces de explicar el bote de un balón en términos de fuerza, movimiento, impulso y energía.

2 | 2 Conocimientos necesarios

Los alumnos deberán estar familiarizados con la física del movimiento, el papel de la fuerza en el movimiento, y la energía cinética y potencial con respecto a masas puntuales. También deben ser capaces de trabajar con magnitudes vectoriales como velocidad o impulso lineal.

2 | 3 Trasfondo teórico

2 | 3 | 1 Cinética

El movimiento de rodadura es una combinación de movimiento de traslación y de rotación. En este tipo de movimiento:

1. El centro de la masa (cm) se mueve con un movimiento de traslación. Su velocidad con respecto al suelo es \vec{v}_{cm} .
2. El resto del cuerpo gira alrededor del centro de la masa, presentando dos tipos de movimiento: de traslación con \vec{v}_{cm} y de rotación.

Tomemos en consideración el punto i del cuerpo. En el segundo tipo de movimiento, su velocidad absoluta con respecto a su cm , es $v_{rel,cm}^i = r_i \omega$.

La velocidad angular se encuentra situada en el eje de rotación. La velocidad del punto i con respecto al cm es tangencial a la trayectoria del punto i . Las dos velocidades están conectadas por la regla de la mano derecha.

r_i : distancia del punto específico i desde el eje de rotación [m]

ω : velocidad angular del cuerpo [$\frac{1}{s}$]

v : velocidad [$\frac{m}{s}$]

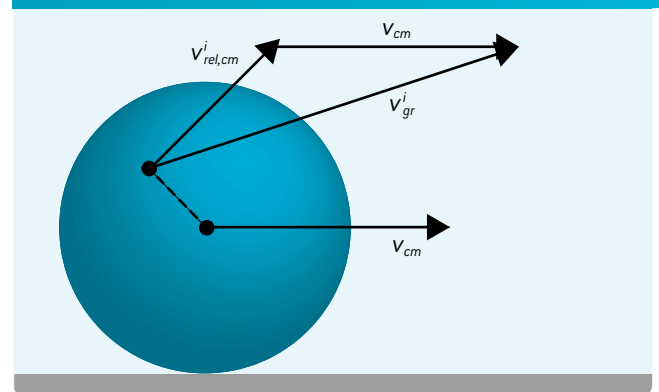
Con respecto a los puntos de la circunferencia, su $\vec{v}_{rel,cm}$ es $R\omega$.

R : radio del cuerpo [m]

Por tanto, la velocidad del punto i del cuerpo con respecto al suelo es la suma vectorial de las dos velocidades (FIG. 1).

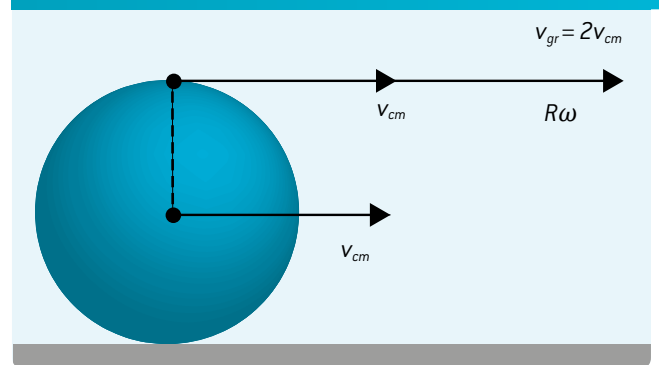
$$\vec{v}_{gr}^i = \vec{v}_{cm} + \vec{v}_{rel,cm}^i$$

FIG. 1



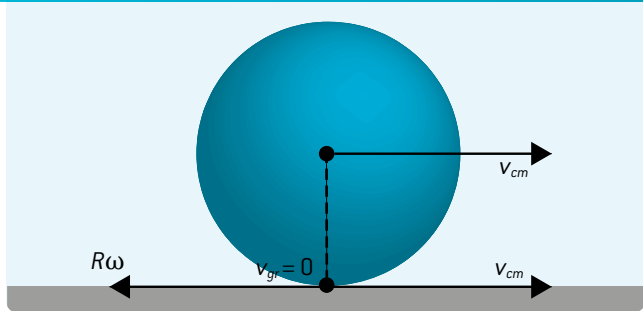
La velocidad \vec{v}_{gr} del punto más alto del cuerpo es igual a $2\vec{v}_{cm}$.

FIG. 2



La velocidad \vec{v}_{gr} del punto en contacto con el suelo es cero, es decir, momentáneamente se encuentra en reposo (FIG. 3).

FIG. 3



Finalmente, la condición $v_{cm} = R\omega$ significa que el cuerpo está rodando sin resbalar.

2 | 3 | 2 Energía cinética

Un cuerpo esférico en movimiento posee, en general, una energía cinética de traslación y de rotación: $E_{c,tr}$ y $E_{c,rot}$ respectivamente.

$$E_{c,tr} = \frac{1}{2}mv^2 \text{ y } E_{c,rot} = \frac{1}{2}I\omega^2$$

m : masa [kg]

I : momento de inercia [$\text{kg} \cdot \text{m}^2$]

v : velocidad absoluta [$\frac{\text{m}}{\text{s}}$]

ω : velocidad angular del cuerpo esférico [$\frac{1}{\text{s}}$]

Pensemos en un cuerpo cuando cae al suelo, y centrémonos en el breve espacio de tiempo justo antes y justo después del impacto, en el que podemos investigar las fuerzas que actúan entre el cuerpo y la tierra.

Antes del impacto:

$$E_{c,tr(1)} = \frac{1}{2}mv_1^2 \text{ y } E_{c,rot(1)} = \frac{1}{2}I\omega_1^2.$$

Tras el impacto, estas dos cantidades siguen existiendo, pero con valores diferentes:

$$E_{c,tr(2)} = \frac{1}{2}mv_2^2 \text{ y } E_{c,rot(2)} = \frac{1}{2}I\omega_2^2.$$

Los índices 1 y 2 corresponden a los valores de antes y de después del impacto sobre el suelo.

La fuerza que actúa entre el suelo y el cuerpo consta de componentes verticales y horizontales. Suponiendo que el balón no resbala en el suelo, el componente horizontal es de fricción estática. Su trabajo sobre el balón es cero, mientras que su par provoca una aceleración angular. Eso significa que la velocidad angular cambia su magnitud y, a veces, su dirección. No obstante, la energía no se transforma en calor, y tan solo se produce un intercambio entre energía de traslación y energía de rotación. El componente vertical y el peso del balón producen una aceleración vertical con respecto al balón. Suponiendo que la pelota no resbala sobre el suelo, podemos aplicar el principio de conservación de la energía mecánica:

$$E_{p(1)} + E_{c,tr(1)} + E_{c,rot(1)} = E_{p(2)} + E_{c,tr(2)} + E_{c,rot(2)}.$$

E_p es la energía potencial, mientras que los índices 1 y 2 se refieren a los estados de justo antes y justo después de que bote la pelota.

Ya que nos centramos en el caso de una pelota que bota en el suelo, $E_{p(1)} = E_{p(2)}$

$$\text{y } E_{c,tr(1)} + E_{c,rot(1)} = E_{c,tr(2)} + E_{c,rot(2)}.$$

Debido a diversos factores, como la superficie del suelo o la velocidad angular del balón justo antes del impacto, es difícil estimar el efecto de la fricción. Por lo tanto, no es fácil predecir los datos relativos al movimiento del balón justo después de botar, especialmente el vector de su velocidad.

2 | 4 Experimentos y procedimientos

1. A fin de despertar su interés, se pide a los alumnos que dejen caer un balón al mismo tiempo que le aplican una rotación inicial^[1]. Se espera que los alumnos asocien el “chut” del balón con el efecto que se le ha dado.
2. Primer experimento (primera serie de actividades)
Los alumnos montarán una rampa formada por dos barras paralelas. La distancia entre estas dos barras debe ser inferior al diámetro de la pelota.



FIG. 4 Montaje del primer experimento

Se pide a los alumnos que suelten una pelota pequeña desde lo más alto de la rampa, graben su movimiento y lo analicen con una herramienta de análisis de vídeo como, por ejemplo, Tracker^[2]. Puede encontrarse una presentación exhaustiva de este software en la publicación *iStage 1 – Teaching Materials for ICT in Natural Sciences (materiales para la enseñanza de TIC en ciencias naturales)*^[3]. Sería incluso mejor usar una “cámara rápida” (120 fotogramas por segundo o más).

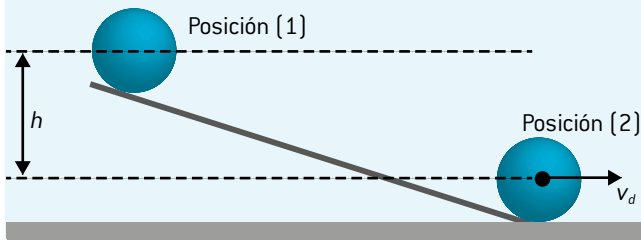
La pelota maciza (m, R) $I = \frac{2}{5}mR^2$ rueda sin deslizarse desde la posición (1) hasta el suelo, esto es, la posición (2), y continúa rodando por el suelo (FIG. 5).

Nota: el momento de inercia de un balón de fútbol de reglamento es más cercano a $\frac{2}{3}mR^2$.

En los experimentos se utiliza una pelota maciza.

A medida que la pelota baja rodando por la rampa, su velocidad v y su velocidad angular ω van cambiando de acuerdo a la fórmula $v = R\omega$.

FIG. 5



El principio de conservación de la energía es el siguiente:

$$mgh = \frac{1}{2}mv_d^2 + \frac{1}{2}I\omega^2 = \dots = \frac{7}{10}mv_d^2.$$

\vec{v}_d es la velocidad de la pelota en la base de la rampa. La energía cinética de traslación es igual a $\frac{5}{10}mv_d^2$, y por tanto la energía cinética de rotación es igual a $\frac{2}{10}mv_d^2$.

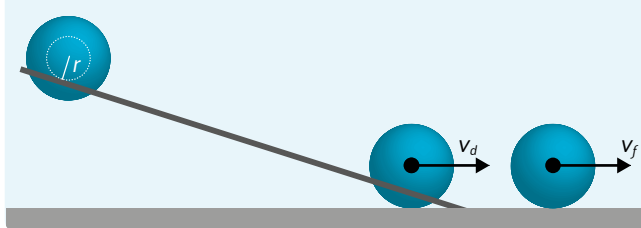
Por tanto, $\frac{E_{c,rot}}{E_{c,tr}} = \frac{2}{5}$.

En el experimento propuesto, el movimiento de la pelota en la rampa tiene lugar conforme a la fórmula $v = r\omega$, siendo r la distancia entre el eje de rotación y los puntos en los que la pelota toca la rampa.

El experimento se prepara (FIG. 6) de manera que $r < R$. Por consiguiente, el índice $\frac{E_{c,rot}}{E_{c,tr}}$

es mayor de $\frac{2}{5}$. Una vez que la pelota esté en el suelo, este índice será igual a $\frac{2}{5}$, de modo que el movimiento de rodadura adoptará una nueva configuración, en la que la distancia entre el eje de rotación y el punto en el que la pelota toca el suelo es igual a R .

FIG. 6



Esto es exactamente lo que ocurre y, tras una rápida transición, la velocidad de la pelota adquiere su valor final, siendo la velocidad \vec{v}_f mayor que la velocidad \vec{v}_d , con la que la pelota llega al suelo.

Los alumnos pueden apreciar, incluso a simple vista, que la pelota se desplaza más rápido en el suelo. A continuación pueden analizar el movimiento y definir las velocidades \vec{v}_d y \vec{v}_f .

Para hacerlo deben tener en cuenta la energía cinética de rotación. De lo contrario, no hay explicación en términos de conservación de la energía. Cualquier persona que sepa que un cuerpo sólido puede tener energía cinética de traslación y de rotación entenderá que parte de la energía cinética de rotación se ha transformado en energía cinética de traslación debido a la fricción entre el suelo y la pelota.

2 | 5 Materiales necesarios

Dos barras de un metro de largo cada una, con sus correspondientes soportes y conectores; una pelota pequeña, preferiblemente de goma dura maciza. Cualquier laboratorio típico de escuela estará equipado sin duda con estos materiales.

FIG. 7 Primera parte del movimiento, $v_d = 1,85 \text{ m/s}$

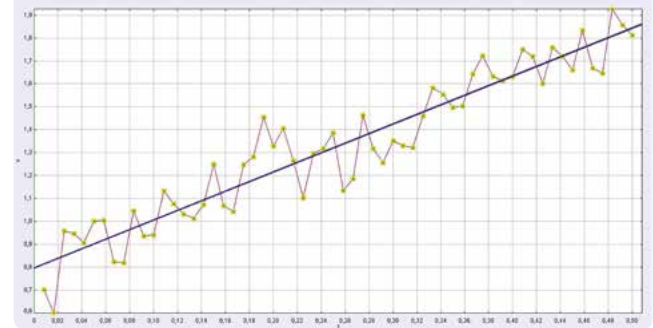
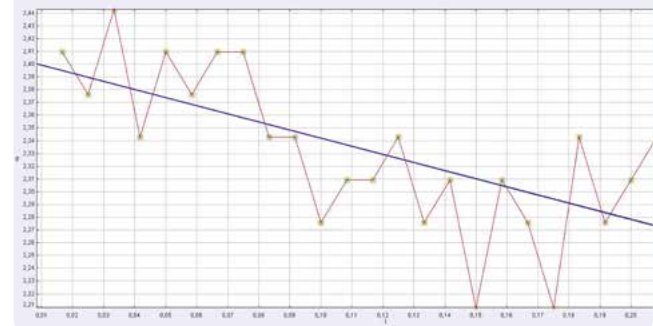


FIG. 8 Segunda parte del movimiento, $v_f = 2,4 \text{ m/s}$



3 | QUÉ HACEN LOS ALUMNOS

3 | 1 Primer experimento: primera serie de actividades

1. Preparar el experimento.
2. Grabar un vídeo [1].
3. Analizarlo con una herramienta de análisis de vídeo como, por ejemplo, Tracker [2].
4. Definir las velocidades justo antes y justo después del impacto con el plano horizontal (véase FIG. 6 y FIG. 7).
5. Medir el radio de la pelota y definir su velocidad angular cuando empieza a rodar por el suelo (FIG. 9).
6. Medir la masa de la pelota y definir la energía cinética de traslación justo antes ($E_{c,tr(1)}$) y justo después ($E_{c,tr(2)}$) del impacto con el plano horizontal (FIG. 9).
7. Explicar el cambio producido en la energía cinética.



FIG. 9 $\omega = 156 \text{ s}^{-1}$, $E_{c, \text{tr}(1)} = 2,46 \cdot 10^{-2} \text{ J}$, $E_{c, \text{tr}(2)} = 4,14 \cdot 10^{-2} \text{ J}$



FIG. 10 Montaje del segundo experimento

3 | 2 Segundo experimento

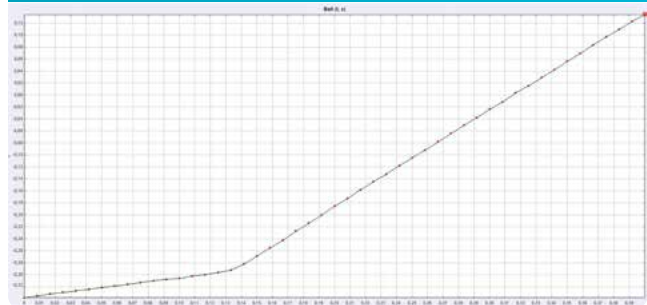
Los alumnos deben preparar un experimento parecido al primero. Sin embargo, esta vez el final de la rampa debe estar situado unos 0,6 metros por encima del plano horizontal.

Los alumnos deben dejar que la pelota ruede y caiga sobre la superficie de abajo. Deberán grabar el movimiento y analizarlo con una herramienta de análisis de vídeo como, p. ej., Tracker [2]. En este caso, el aspecto más interesante del movimiento comienza cuando la pelota sale de la rampa, y adquiere un giro considerable. En este experimento, los alumnos profundizarán en los temas "movimiento" y "energía".

Segunda serie de actividades

1. Preparar el experimento.
2. Dejar rodar la pelota cuesta abajo desde lo alto de la rampa y grabar el movimiento con una cámara [1].
3. Trazar un gráfico de x vs. t y definir el componente horizontal de la velocidad de la pelota v_x cuando cae y cuando se eleva. Explicar el cambio producido en v_x .

FIG. 11 Ejemplo de gráfico en el que se muestra el cambio de velocidad



4. Medir la masa de la pelota y calcular cuánta $E_{c, \text{rot}}$ de la pelota se transforma en $E_{c, \text{tr}}$. También se debe definir la velocidad de la pelota justo antes y justo después de que bote.

$$v_{\text{caída, fin}} = 2,55 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad E_{c, \text{tr}(1)} = 4,67 \cdot 10^{-2} \text{ J (FIG. 12) y}$$

$$v_{\text{elev, inic}} = 2,76 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad E_{c, \text{tr}(2)} = 5,47 \cdot 10^{-2} \text{ J (FIG. 13)}$$

$$\Delta E_{c, \text{tr}} = 0,8 \cdot 10^{-2} \text{ J} = -\Delta E_{c, \text{rot}}$$

FIG. 12

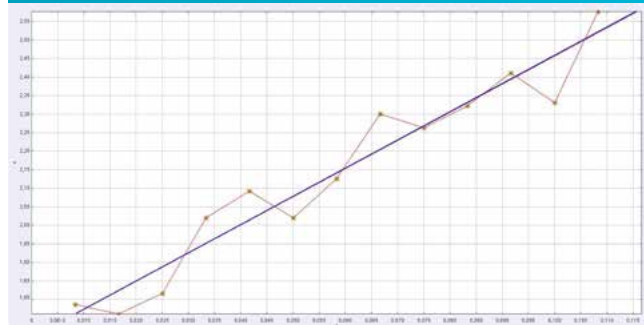
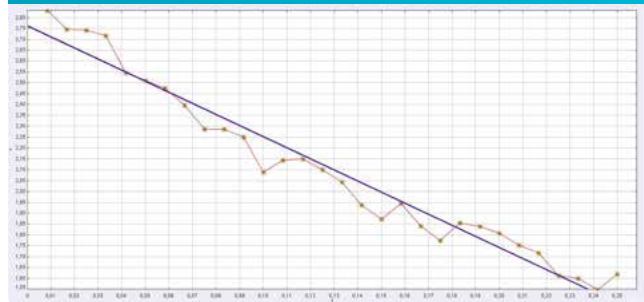


FIG. 13



5. Definir el cambio $\Delta \vec{p}$ [$\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$] en el impulso de la pelota durante su contacto con el suelo.

$$\Delta \vec{p} = m \Delta \vec{v}$$

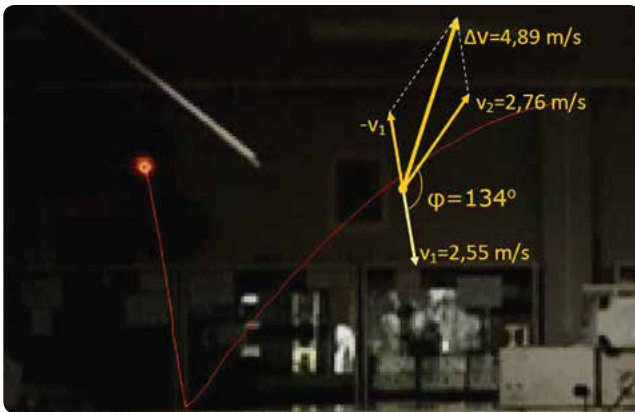


FIG. 14

\vec{v}_1 y \vec{v}_2 son las velocidades justo antes y justo después de botar. Sus valores absolutos en el experimento específico son $2,55 \frac{m}{s}$ y $2,76 \frac{m}{s}$ respectivamente, con un ángulo de $\phi = 134^\circ$ entre ellos.

$\vec{\Delta v}$ es el cambio en la velocidad. Su valor absoluto se calcula que es de $4,89 \frac{m}{s}$. El ángulo entre \vec{v}_2 y $\vec{\Delta v}$ se calcula que es de 24° .

El cambio en el impulso se obtiene de la fórmula $\vec{\Delta p} = m \vec{\Delta v}$.

Su dirección es la misma que la de $\vec{\Delta v}$ y su valor absoluto es $7 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \cdot \frac{m}{s}$.

6. Considerar la segunda parte del movimiento como si la pelota se hubiera lanzado desde el nivel del suelo. Definir las magnitudes iniciales que caracterizan este lanzamiento y calcular la altura máxima y el rango del lanzamiento. Comparar los valores que se hayan determinado con los respectivos valores del programa Tracker. Explicar las posibles diferencias entre el análisis de datos y los valores teóricos.

4 | CONCLUSIÓN

Los alumnos deben observar los cambios producidos en el movimiento y la energía de una pelota, y relacionarlos con la fuerza (especialmente su componente horizontal) que actúa entre la pelota y el suelo, y con el par de torsión de esta fuerza. Al mismo tiempo, también deben llegar a la conclusión de que la energía cinética de un cuerpo sólido se compone de dos cantidades (energía cinética de traslación y de rotación). Finalmente, también deben superar algunas ideas preconcebidas, posiblemente derivadas del hecho de que se suele trabajar con el modelo de masa puntual al estudiar mecánica.

5 | OPCIONES DE COOPERACIÓN

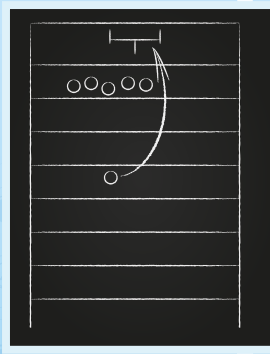
Alumnos de diferentes escuelas, no necesariamente del mismo país, pueden comunicarse e intercambiar vídeos, principalmente sobre la primera actividad. Se supone que llegarán a las mismas conclusiones, que podrán debatir mediante teleconferencia.

Finalmente, pueden reunirse y realizar una serie de actividades, como por ejemplo:

1. Salir con una cámara de vídeo; grabar un vídeo de una pelota cayendo al suelo y observar los datos del movimiento de la pelota durante su impacto con el suelo.
2. Analizar este movimiento.
3. Extraer conclusiones sobre las características de la fricción durante el impacto de la pelota con el suelo.
4. Definir la velocidad de la pelota antes y después de tocar el suelo, medir la masa de la pelota y calcular la energía cinética de traslación.
5. Pedir a alguien de la clase (que juegue bien al fútbol) que chute el balón con diferentes técnicas, grabarlo en vídeo y describir los resultados cuando el balón toca el suelo.
6. Dar una respuesta definitiva a la pregunta crucial: ¿por qué los porteros tienen más dificultades cuando la pelota bota en el suelo justo delante de ellos?
7. Una vez completadas las actividades, jugar un partido de fútbol dedicado a la ciencia. Naturalmente, será un partido en el que todos salgan ganando, sea cual sea el resultado final.

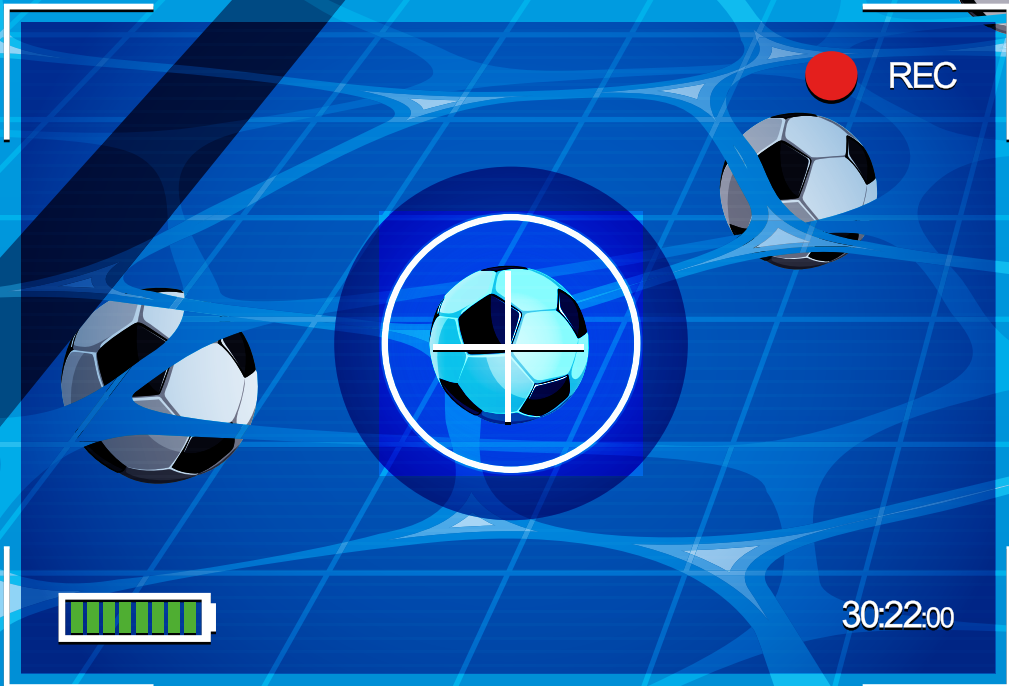
RECURSOS

- [1] www.science-on-stage.de/iStage3_materials
- [2] www.physlets.org/tracker
- [3] www.science-on-stage.de/iStage1-download



ANDERS FLORÉN · PHILIPPE JEANJACQUOT · DIONYSIS KONSTANTINOU · ANDREAS MEIER · CORINA TOMA · ZBIGNIEW TRZMIEL

FÍSICA CON EFECTO



Efecto Magnus, dinámica de fluidos

física, matemáticas

16–19 años

1 | SUMARIO

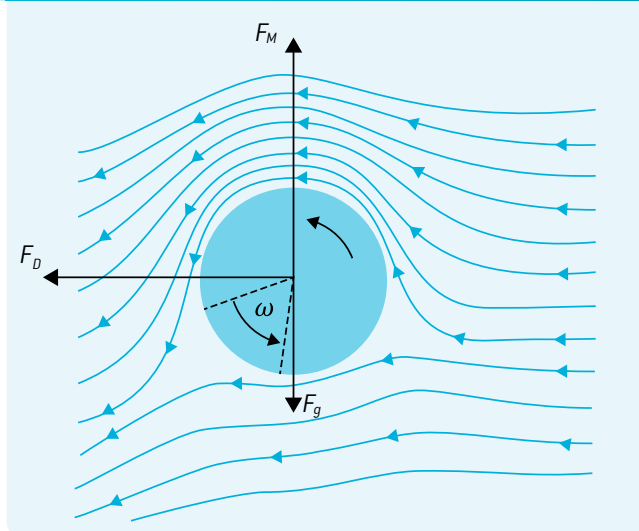
Una pelota en rotación desplazándose por el aire curvará su trayectoria debido al efecto Magnus, una fuerza que actúa en perpendicular a la dirección y al eje de rotación de la pelota. Aquí presentamos algunos experimentos prácticos, simulaciones y métodos para calcular la trayectoria.

2 | INTRODUCCIÓN DE CONCEPTOS

En junio de 1997, Roberto Carlos marcó un sorprendente gol de libre directo desde 35 metros que aún hoy sigue desconcertando a todo el que lo ve. [1] ¿Cómo puede comportarse así el balón, yendo en una dirección para luego curvar su trayectoria hacia la portería como por arte de magia? La respuesta es que el balón, al girar en el aire, está sometido a la fuerza del efecto Magnus. Si quieres ver una introducción sobre tiros libres a cargo del mismísimo maestro Roberto Carlos, recomendamos este vídeo de la web de UEFA Training Ground. [2] Para ver una introducción sobre el efecto Magnus, sigue leyendo.

Para analizar la trayectoria de un balón, necesitamos evaluar las tres fuerzas que actúan sobre él: la gravedad F_g , el efecto Magnus F_M y la resistencia aerodinámica F_D .

FIG. 1 Fuerzas [3]



La fuerza de la gravedad viene determinada simplemente por la segunda ley de Newton, $F_g = mg$, siendo m la masa del balón y g la aceleración gravitacional.

El efecto Magnus F_M se produce por la diferencia de presión en los lados opuestos del balón. Los cambios en la presión se pueden describir mediante el principio de Bernoulli. Para un punto que se desplaza por una superficie con una velocidad v , la presión total p es igual a la presión estática circundante p_0 más la presión di-

námica q (**ECUACIÓN 1**), siendo ρ la densidad del medio, en nuestro caso la densidad del aire. Pero cuando un balón o un cilindro R presenta un movimiento de rotación (con una velocidad angular de ω en radianes por segundo), un punto en la superficie de un lado del balón está sometido a un mayor flujo de aire ($v + \omega R$) que el punto opuesto del otro lado ($v - \omega R$). Así pues, podemos deducir la diferencia de presión $\Delta p = 2\rho\omega vR$ con la **ECUACIÓN 1**.

$$p = q + p_0 = \frac{\rho v^2}{2} + p_0 \tag{ECUACIÓN 1}$$

$$\Delta p = \left(\frac{\rho (v + \omega R)^2}{2} + p_0 \right) - \left(\frac{\rho (v - \omega R)^2}{2} + p_0 \right) = \frac{\rho [(v + \omega R)^2 - (v - \omega R)^2]}{2} = 2\rho\omega vR$$

$$F_M = \Delta p A = (2\rho\omega vR)A$$

Para un cilindro: $F_M = 4\rho\omega vR^2h$. **(ECUACIÓN 2)**

Para una esfera: $F_M = 2\rho\omega v\pi R^3$. **(ECUACIÓN 3)**

La presión que actúa en la superficie será F_M . Sin profundizar demasiado en la parte matemática de este fenómeno, solo necesitamos determinar las fuerzas que actúan en perpendicular al flujo del fluido. Cualquier fuerza que actúe en una dirección que no sea la perpendicular al flujo será anulada por otra fuerza opuesta debido a la simetría. Así pues, solo tenemos en cuenta el área de cruce efectiva A del objeto. Para un balón, A será simplemente un círculo con un radio R (utilizado en la **ECUACIÓN 3**); para un cilindro, A será un rectángulo con una altura $2R$ y una anchura h (utilizado en la **ECUACIÓN 2**). En términos de vectores, \vec{F}_M es proporcional al producto vectorial de la velocidad direccional y la velocidad angular.

Finalmente, debemos evaluar la resistencia aerodinámica F_D . La resistencia es complicada, pues el flujo de aire puede ser laminar o turbulento, dependiendo en gran medida de la forma del objeto y de la naturaleza del fluido en el que se desplace. Para nuestros experimentos, basta con suponer que el flujo es laminar (como en la **FIG. 1**) y utilizar la ecuación de resistencia estándar, en la que la fuerza va dirigida en la dirección opuesta v y de forma proporcional a la velocidad: $F_D = \beta v$. β es una constante que depende de las propiedades del fluido y las dimensiones del objeto; para un balón de fútbol en el aire, es $\beta = 0,142 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$. [4].

3 | QUÉ HACEN LOS ALUMNOS

Aquí presentamos tres opciones diferentes para demostrar el efecto Magnus. Todos estos experimentos se pueden realizar como demostraciones simples, pero también se pueden grabar los experimentos y utilizar nuestros modelos para analizar las trayectorias. En ese caso, se debe grabar con una cámara fija a la misma altura que los objetos y en perpendicular a la trayectoria, y al menos a unos metros de distancia para minimizar la distorsión angular. El vídeo se puede analizar después con un programa de seguimiento del movimiento. Para ello recomendamos el software



FIG 2 Cilindro en una pendiente

Tracker^[5]. Encontrará instrucciones detalladas sobre cómo utilizar Tracker en nuestro primer libro de iStage^[6]. También hay una app excelente llamada VidAnalysis^[7] que graba la trayectoria y realiza el análisis directamente en un dispositivo Android (FIG. 2C). Los datos también se pueden exportar para analizarlos más exhaustivamente; para ello utilizamos el software gratuito GeoGebra^[8].

3 | 1 Experimentos con cilindros

Se hacen diferentes cilindros con hojas de papel de tamaño A4 o A3 y pegamento. Se coloca un tablero inclinado y se dejan caer los cilindros rodando por la pendiente para obtener así una caída libre con rotación (FIG. 2A).

Los alumnos pueden examinar qué ocurre si cambian la inclinación de la pendiente, o bien el radio o la altura del cilindro. Así,



FIG. 3 El efecto Magnus en el agua

los alumnos pueden determinar de forma experimental los parámetros que provocarán un mayor efecto a simple vista, y relacionarlo con la **ECUACIÓN 2**, o pueden llegar aún más lejos, extrayendo los datos y llevando a cabo un análisis de dichos datos (Modelo II) tal como se describe más adelante.

El efecto Magnus en el agua (FIG. 3) es aún más espectacular por la mayor densidad del medio. El cilindro debe tener una mayor densidad que el agua, y una superficie rugosa para aumentar la fricción. Nosotros utilizamos una varilla maciza de Teflon con Velcro pegado a la superficie. Para ajustar el peso del cilindro, pueden pegarse monedas en los extremos del mismo.

Una preparación aún más espectacular, aunque más complicada, es pegar entre sí, con pegamento o cinta adhesiva, las bases de dos vasos de poliestireno, obteniéndose así un cilindro con una cintura en el medio.^[9] Se enrolla una cuerda alrededor de la cintura y se lanza el cilindro al aire tirando bruscamente de la cuerda (FIG. 4; también hay un enlace a un vídeo en nuestra página de GeoGebra^[10]). Se requiere un poco de práctica, pero el resultado es espectacular. Este experimento es menos reproducible que otros experimentos con cilindros, pues la trayectoria dependerá del ángulo y de la fuerza con que se tire bruscamente de la cuerda. No obstante, las trayectorias de los intentos con éxito se pueden analizar individualmente. En la FIG. 4, los vasos voladores realizan un movimiento circular. Si el efecto Magnus es considerablemente mayor que la fuerza de la gravedad, F_M se comportará como una fuerza centrípeta. Esta suposición resulta muy útil, y se utilizará más adelante en el análisis de datos.

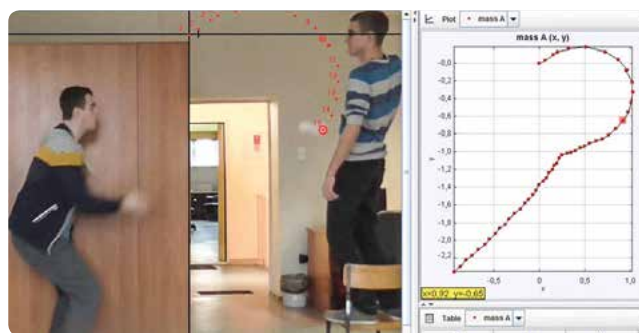


FIG. 4 Vasos voladores

3 | 2 Análisis de datos

Hemos desarrollado diferentes modelos matemáticos para analizar las trayectorias. Estos modelos están accesibles directamente en Internet en nuestra página de iStage 3 GeoGebra^[10]. Recomendamos abrirlos antes de seguir leyendo este texto. Se abren directamente en su navegador; solo hay que hacer clic en el enlace.

En todos los cálculos hemos supuesto que la rotación es constante durante el vuelo. A continuación hemos creado dos modelos simplificados basados en diferentes suposiciones:

Modelo I: Como en la trayectoria en forma de signo de interrogación con los vasos voladores de papel (FIG. 4), F_M se comportará como una fuerza centrípeta, y la trayectoria calculada del objeto será un círculo con el radio r . Esta suposición también es bastante razonable en una situación de lanzamiento de penalti, donde la velocidad del balón se mantiene aproximadamente igual. Parte de la energía se pierde por la turbulencia, de modo que necesitamos introducir una constante C_s para describir esta pérdida.

Así pues, tenemos:

$$F_M = C_s 2\rho\omega vRA = \frac{mv^2}{r}$$

Para una esfera: $r = \frac{mv}{2C_s \pi \rho \omega R^3}$ **(ECUACIÓN 4)**

Para un cilindro: $r = \frac{mv}{4C_s \rho \omega h R^2}$ **(ECUACIÓN 5)**

Puede verse el trazado de la FIG. 4 en nuestro modelo de GeoGebra (vasos voladores) y modificarse el centro del círculo y C_s . Es posible jugar con los parámetros para conseguir el mejor ajuste; el modelo calculará r a partir de la ECUACIÓN 5. Para nuestros datos, el mejor ajuste es $C_s = 0,86$.

Modelo II: A fin de simplificar los cálculos para el experimento con el cilindro de papel (FIG. 2), los alumnos pueden suponer que el efecto Magnus ejerce una fuerza principalmente perpendicular a la dirección inicial del movimiento, y que los cilindros han alcanzado su velocidad máxima cuando caen. Con estas suposiciones, F_D y F_g se anulan, y el efecto Magnus se puede considerar como una aceleración a en la dirección y , de modo que la trayectoria calculada será una curva parabólica:

$$y = \frac{a}{2v^2} x^2 \Rightarrow y = C_s \frac{\rho\omega RA}{mv} x^2$$

Para una esfera: $y = C_s \frac{\pi\rho\omega R^3}{mv} x^2$ **(ECUACIÓN 6)**

Para un cilindro: $y = C_s \frac{2\rho\omega h R^2}{mv} x^2$ **(ECUACIÓN 7)**

Esto es una simplificación, pero nos dará un valor de C_s similar al de nuestro otro modelo.

En nuestra página de GeoGebra (FIG. 6) hemos hecho una recreación del famoso gol de libre directo de Roberto Carlos. Es posible jugar con casi todos los parámetros para modificar el montaje (distancia, ángulo, tamaño de la portería, C_s , velocidad, rotación, posición de la barrera de cuatro jugadores, etc.). El análisis mostrará la trayectoria calculada de los dos modelos I y II, esta vez utilizando la ECUACIÓN 4 y la ECUACIÓN 6 porque estamos observando un balón en lugar de un cilindro. Proponemos retar a los alumnos a que encuentren los mejores valores para un montaje determinado, o pedirles que encuentren las condiciones en las que los modelos den diferentes trayectorias, y que expliquen por

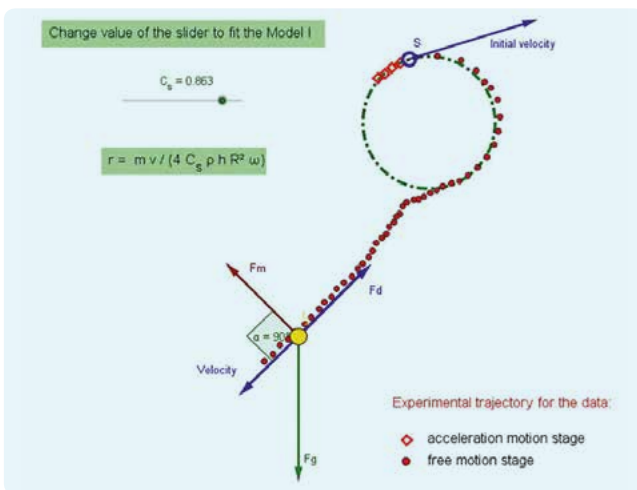


FIG. 5 Análisis de los vasos voladores

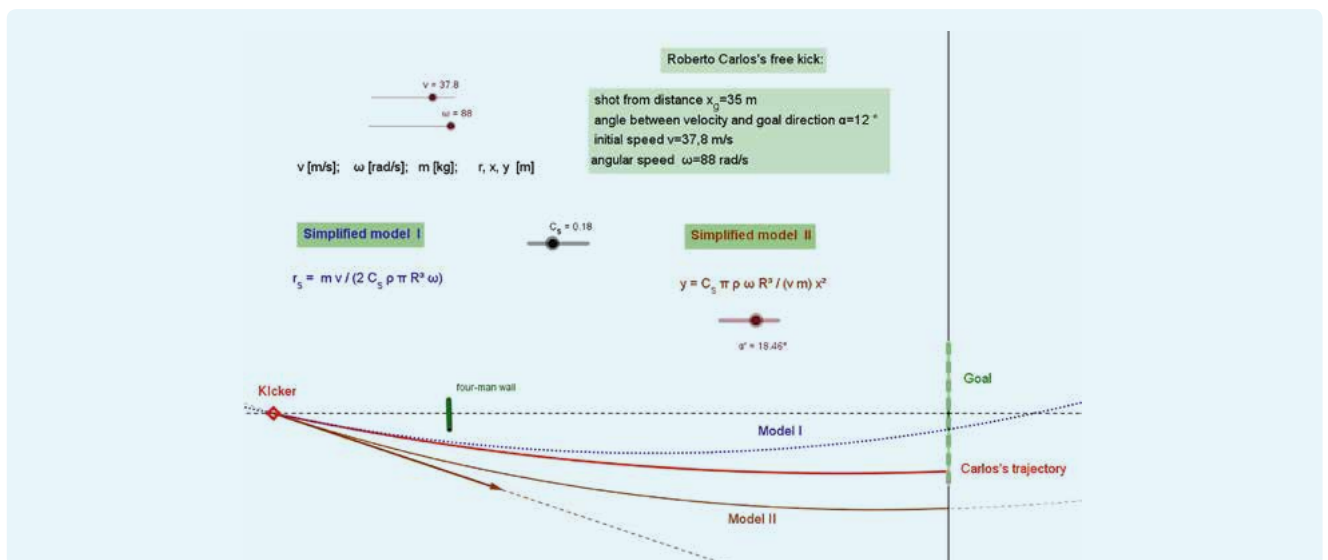


FIG. 6 Análisis del libre directo

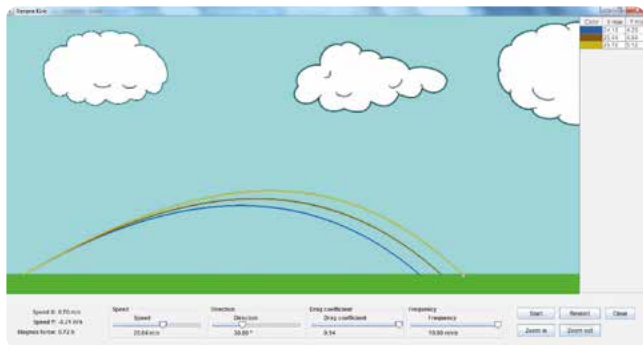


FIG. 7 Simulación en 2D [de Cristian Militaru]

qué. (Se descubrirá que los modelos difieren cuando al balón se le imprime una velocidad muy baja y una rotación muy elevada).

3 | 3 Simulaciones

Simulación en 2D: Tras realizar varios experimentos ellos mismos, los alumnos podrán simular el efecto Magnus. Para ello se debe descargar el programa Java [11]. En esta simulación, los alumnos pueden modificar la velocidad inicial, el ángulo, el coeficiente de resistencia y la frecuencia angular. La dirección de rotación y las fuerzas que actúan sobre el balón se muestran en la FIG. 1. En la FIG. 7 se muestran tres ejemplos de trayectorias a 30° con una frecuencia de 0, después de 5 y finalmente de $10 \frac{\text{rev}}{\text{s}}$. En esta figura puede verse que los valores de x_{max} e y_{max} aumentan si se aumenta también la frecuencia.

Simulación en 3D: Una vez más hemos recreado la trayectoria del libre directo de Roberto Carlos (FIG. 8). Ahora pueden intentar hacerlo los propios alumnos descargándose el programa Java correspondiente [11]. Más adelante se puede probar con una versión diferente [11] sin el disparo, pero se pueden cambiar los parámetros libremente para ver qué influencia tendrán en la trayectoria.

En 3D, las cosas en seguida se vuelven más complejas. En el modelo bidimensional, el balón solo puede tener giro hacia arriba o hacia abajo, de modo que la trayectoria y el efecto Magnus siempre actuarán en el mismo plano. En el modelo tridimensional, el efecto Magnus curvará la trayectoria del balón, pero el impulso angular del giro se conservará siempre, pues el balón se comporta como un giroscopio. Así pues, el ángulo entre v y ω será diferente en los distintos puntos de la trayectoria, lo cual dará al balón una trayectoria más compleja. A diferencia de los cálculos en GeoGebra, este programa simplemente calcula todas las fuerzas numéricamente en cada fotograma basándose en los valores del fotograma anterior. El programa está escrito en Processing [12], una versión simplificada de Java.

4 | CONCLUSIÓN

En un campo de fútbol, la trayectoria del balón es compleja y depende de un gran número de factores. Para estudiarlos en clase, los alumnos tienen que dividirlos en componentes manejables con la ayuda de modelos y simplificaciones. Estos experimentos, modelos y simulaciones nos ofrecen una visión de a qué conclusiones podemos llegar trabajando con un método científico. Y suponiendo

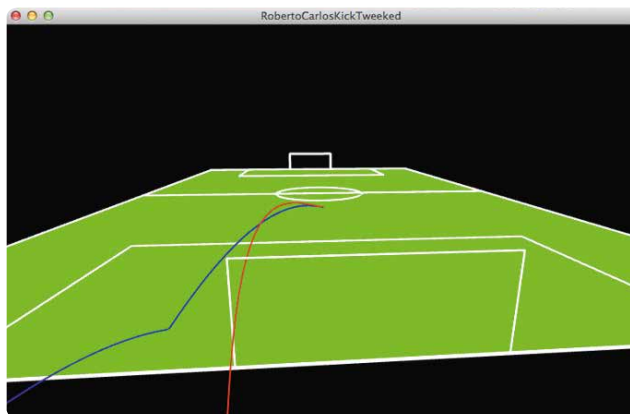


FIG. 8 Simulación en 3D

que el partido se jugara bajo el agua, o que el balón se pudiera sustituir por dos vasos de papel, nos acercáramos mucho a la explicación de cómo consigue Roberto Carlos imprimirle esa curva al balón.

5 | OPCIONES DE COOPERACIÓN

En nuestra plataforma iStage 3 GeoGebra [10] encontrará información sobre cómo obtener una copia de nuestros archivos de GeoGebra y cómo utilizarlos. Proponemos un reto: conseguir el máximo efecto Magnus posible para el experimento de los vasos de papel voladores. Esto equivale a encontrar el valor más alto para C_s , lo más cercano posible a 1. También puede compartir sus análisis, resultados y modelos [11].

REFERENCIAS:

- [1] www.theguardian.com/football/2015/may/18/roberto-carloss-free-kick-against-france-recreated-sensible-soccer-style (08/03/2016)
- [2] www.uefa.com/trainingground/skills/video/videoId%3D761187.html (08/03/2016)
- [3] La imagen original de la FIG. 1 ha sido obtenida de https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Magnus_effect.svg (08/03/2016)
- [4] The Science of Soccer; John Wesson. CRC press, 2002. ISBN 978-0750308137
- [5] www.physlets.org/tracker
- [6] iStage: Teaching Materials for ICT in Natural Sciences (materiales para la enseñanza de TIC en ciencias naturales), sección "From Bicycle to Space" (de la bicicleta al espacio), págs. 45-52; www.science-on-stage.de/iStage1_downloads
- [7] Aplicación VidAnalysis <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.vidanalysis.free&hl=en> (08/03/2016)
- [8] www.geogebra.org/
- [9] Laura Howes describe un experimento parecido (Science in School, tema 35, 2016, www.scienceinschool.org/content/sports-spin).
- [10] www.geogebra.org/science+on+stage
- [11] www.science-on-stage.de/iStage3_materials
- [12] <https://processing.org>

BIG DATA

En los últimos años, la expresión “big data” se ha convertido en un término cotidiano en el mundo de la informática. El concepto de big data hace referencia al análisis de enormes cantidades de datos que no se pueden gestionar con métodos tradicionales de evaluación. Las grandes empresas de software ofrecen gestión y soluciones para el análisis de estas grandes bases de datos, la mayoría de las cuales se generan automáticamente.

El fútbol genera también grandes cantidades de datos. Todos los partidos de las principales ligas se graban con múltiples cámaras desde diversos ángulos y posiciones. De este modo se puede evaluar y valorar automáticamente el juego de jugadores individuales, así como su interacción con los demás jugadores. Gracias al uso de múltiples cámaras y a los datos que éstas proporcionan, los comentaristas de televisión pueden analizar las estadísticas sobre tiempo de posesión, rendimiento y resistencia de jugadores individuales (por ejemplo, la distancia que han recorrido). No obstante, debemos admitir que a los entrenadores no les gusta que otras personas ajenas al equipo sepan cómo usan estos datos o esta información para desarrollar estrategias y tácticas.

En “Juego de datos”, los alumnos aprenderán a recopilar datos sobre la posición de un jugador individual durante un partido. Lo harán con la ayuda de un smartphone que pueda transmitir continuamente la información de GPS de un jugador. También aprenderán a escribir un programa de este tipo para sus smartphones.

La unidad didáctica “Pena máxima”, creada por el equipo de big data, trata sobre las tandas de penalti que tienen lugar cuando un partido acaba en empate tras los 90 minutos reglamentarios más la prórroga. Por ejemplo, ¿es importante el orden en que los jugadores tiran sus penaltis? ¿Deberían tirar primero los mejores, o los menos buenos? Hemos desarrollado un software con el que los alumnos pueden probar varias hipótesis y variaciones.

En el fútbol se apuestan cientos de millones de euros. Sin embargo, los autores de “Mercado de goles” han llegado a la conclusión de que las predicciones sobre resultados de partidos



basadas en resultados previos no son fiables. Por otra parte, hemos observado que la abundante información sobre resultados de partidos de fútbol disponible en Internet puede ser un material excelente para ayudar a los alumnos a aprender a trabajar con hojas de cálculo. Tratando esta información con métodos de cálculo de probabilidades, los alumnos pueden analizar las múltiples cuestiones que surgen. No obstante, deben ser conscientes de que en ningún caso deberían entrar en el mundo de las apuestas deportivas para obtener ganancias económicas.

BERNARD SCHRIEK (RET.)

Marien-Gymnasium
Werl, Alemania
Coordinador

PERE COMPTE · STEPHEN KIMBROUGH · MAEVE LISTON · MARCO NICOLINI

JUEGO DE DATOS



tecnología (App Inventor; dweet.io; freeboard.io; programación, big data)

Tecnología de la Información y la Comunicación

Este proyecto está recomendado para alumnos mayores de 15 años.

1 | SUMARIO

Desde el año 2015, la FIFA permite el uso de sistemas de seguimiento en partidos oficiales, es decir, rastreadores para recopilar datos de todos los jugadores en el terreno de juego. Fuera del campo, estos datos se pueden examinar y analizar para informar a directores deportivos, entrenadores y jugadores sobre el rendimiento de los diferentes jugadores.

Estos sistemas también se utilizan durante las sesiones de entrenamiento y para comprobar el rendimiento físico, proporcionando datos en tiempo real. Los llamados wearables (como relojes o chips integrados en la ropa de los futbolistas) recopilan grandes cantidades de datos, de modo que estos grandes conjuntos de datos se pueden denominar big data.

En esta unidad se ayuda a los alumnos a enviar big data en tiempo real a través de dispositivos móviles.

2 | INTRODUCCIÓN DE CONCEPTOS

La recopilación de datos de GPS en tiempo real en el terreno de juego con medios informáticos es cada vez más importante para mejorar el rendimiento de un jugador, así como en la planificación de los entrenamientos, la prevención de lesiones o el desarrollo de tácticas.

En cualquier partido de fútbol, las cámaras y sensores pueden captar aproximadamente un millón y medio de posiciones de

jugadores. Estos datos de GPS se pueden utilizar para medir y calcular la velocidad (ritmo) de un jugador, su aceleración y sus cambios de dirección.

El análisis de estos datos también puede servirle a un entrenador para saber cuándo puede un jugador volver al terreno de juego después de una lesión, o cuándo existe un alto riesgo de lesión. Otros datos que se pueden capturar al instante con sensores en la camiseta del jugador son, por ejemplo, la temperatura corporal (desarrollo de mapas de calor en el campo), la frecuencia cardíaca, el porcentaje de oxígeno o la concentración de ácido láctico en la sangre.

Para almacenar, procesar, analizar y visualizar cantidades tan grandes de datos de forma práctica y eficaz se necesitan diferentes aplicaciones de software.

3 | QUÉ HACEN LOS ALUMNOS

En esta unidad, los alumnos podrán enviar big data en tiempo real mediante sus smartphones. Los alumnos se convertirán en desarrolladores de apps, diseñando y creando su propia aplicación con el programa App Inventor [1]. Los datos en tiempo real se recopilan mediante esta app y se envían a una página web para compartir datos (dweet.io), que a su vez está enlazada a una web de mapeo en pantalla (freeboard.io). Todos los programas indicados son gratuitos y se pueden utilizar de forma remota en la nube. Los alumnos aprenderán a publicar datos que hayan recopilado y compartirlos en la nube.

3 | 1 App Inventor

MIT App Inventor es un programa innovador y fácil de usar para la creación y el desarrollo de apps. Es idóneo para programadores principiantes, y muy fácil de usar para los alumnos. Nota: antes de utilizar App Inventor hay que crear una cuenta.

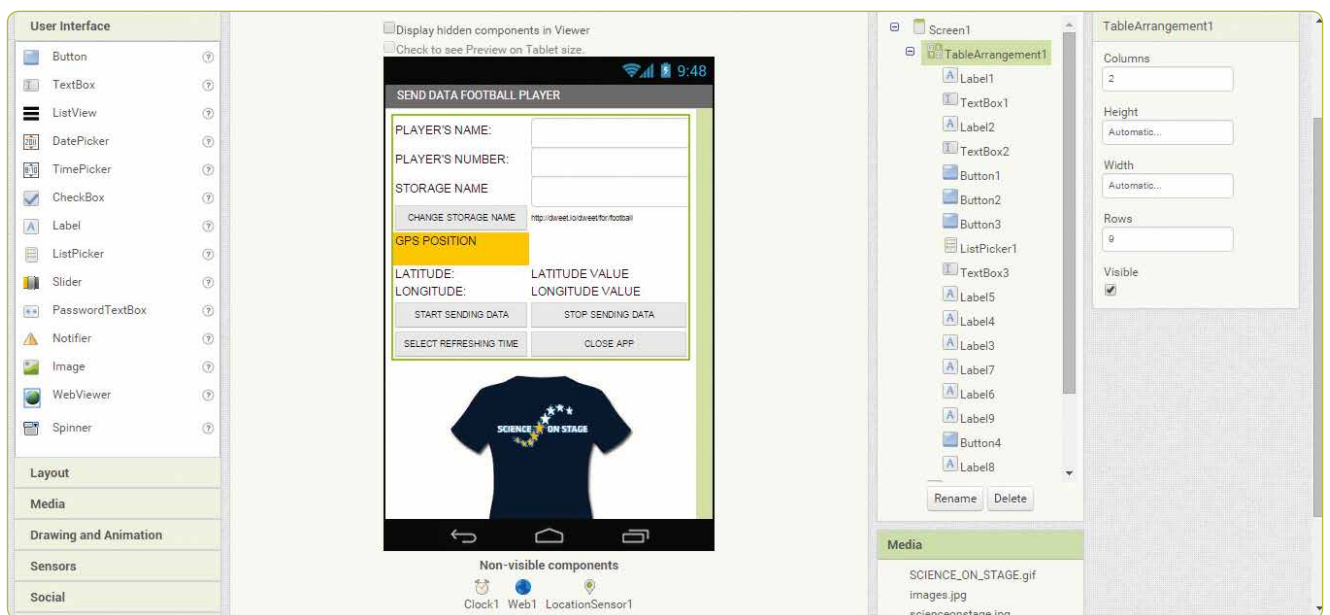


FIG. 1 Captura de pantalla de App Inventor

Aquí se incluye una guía paso a paso sobre cómo desarrollar una app de fútbol con la que recopilar datos de GPS en tiempo real de los jugadores en el terreno de juego (FIG. 1).

3 | 1 | 1 Diseño de pantalla de App Inventor

Se abre App Inventor, se hace clic en *Nuevo proyecto* y se introduce un nombre para el nuevo proyecto, p. ej. *Enviar datos del jugador*. Entonces el programa lleva directamente a la sección de diseñador.

En la parte derecha de la pantalla aparece una lista de propiedades que se pueden elegir para diseñar el contenido de la pantalla.

La FIG. 1 se ha diseñado siguiendo estos pasos:

- **Screen1.** AlignHorizontal: CENTER; AppName: SEND DATA FOOTBALL PLAYER; Icon: SCIENCE_ON_STAGE.GIF; Title: SEND DATA FOOTBALL PLAYER
- **TableArrangement1.** Columns: 2; Rows: 9
- **Label1.**Text. PLAYER'S NAME:
- **Label2.**Text. PLAYER'S NUMBER:
- **TextBox1.** Hint: Introduce tu nombre
- **TextBox2.** Hint: Introduce tu número; NumbersOnly
- **TextBox3.** Hint: Introduce tu nombre de almacenamiento
- **Label3.**BackgroundColor: Orange; Text: GPS POSITION (véase FIG. 2)
- **Label4.**Text. LATITUDE:
- **Label5.**Text. LONGITUDE:
- **Label6.**Text. LATITUDE VALUE:
- **Label7.**Text. LONGITUDE VALUE:
- **Label8.** FontSize:9; Text.http://dweet.io/dweet/for/football
- **Button1.** FontSize:11; Text: START SENDING DATA
- **Button2.** FontSize:11; Text: STOP SENDING DATA
- **Button3.** FontSize:11; Text: CLOSE APP

- **Button4.** FontSize:11; Text: STORAGE NAME
- **Label9.** Text. STORAGE NAME:
- **ListPicker1.** FontSize:11; Text: SELECT REFRESHING TIME (SECONDS)
- **Image1.** Picture: SCIENCE_ON_STAGE.GIF
- **Clock1.**TimerEnabled: NO; Timer Interval: 5000 (cada 5 segundos)
- **Web1.** Url: http://dweet.io/dweet/for/thing (e.g. http://dweet.io/dweet/for/football; el "tema" (thing) en este caso es "football", pero se puede elegir cualquier nombre que elija la clase)
- **LocationSensor1.** Time Interval: 1,000 (cada 1 segundo)

3 | 1 | 2 Programación de bloques en App Inventor

Haz clic en la ficha *Blocks* de la barra de menú (FIG. 1).

Haz clic en *Button1* para activar el reloj de transmisión de datos y deshabilitar los cambios en el nombre y el número del jugador.



FIG. 3

Haz clic en *Button2* para deshabilitar el reloj de transmisión de datos y habilitar los cambios en el nombre y el número del jugador.

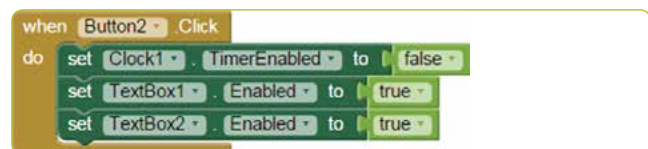


FIG. 4

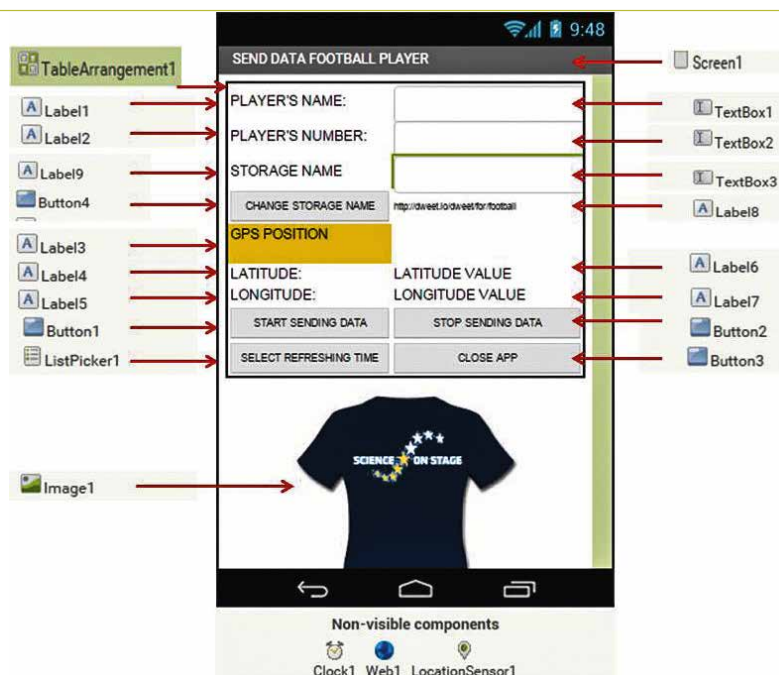


FIG. 2 Componentes de TableArrangement1

Haz clic en *Button3* para cerrar la aplicación.



FIG. 5

Haz clic en *Button4* para cambiar la URL del archivo donde quieres publicar los datos en dweet.io.

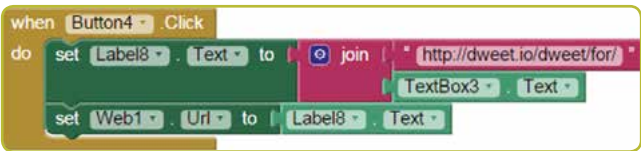


FIG. 6

Quando el sensor GPS detecta un cambio en la latitud o la longitud, estos datos se graban en la *Label 6* y la *Label 7*.



FIG. 7

Los datos grabados, junto con el nombre y el número del jugador, así como la latitud y la longitud de su posición, se envían a intervalos regulares (por defecto, cada cinco segundos) (FIG. 8).

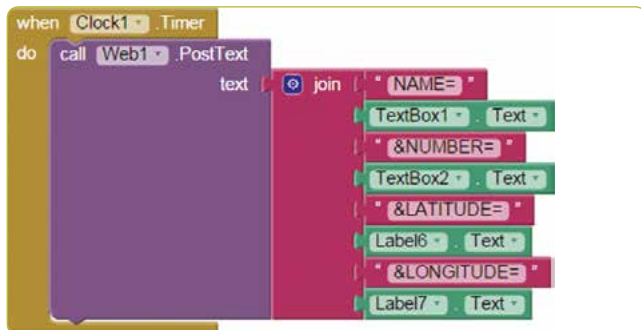


FIG. 8

La ficha *ListPicker1* permite actualizar la información de tiempo en segundos; de 1 a 20 segundos (FIG. 9).

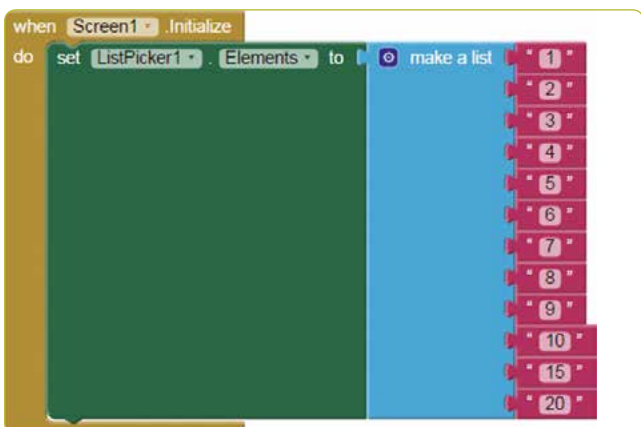


FIG. 9

El campo *Timer Interval* está definido en milisegundos (FIG. 10)



FIG. 10

3 | 2 Almacenamiento de datos en dweet.io

La página dweet.io está diseñada para publicar datos de sensores (FIGS. 11 y 12). Es lo que se conoce más popularmente como el Internet de las Cosas. dweet.io asigna una URL única para cada cosa.

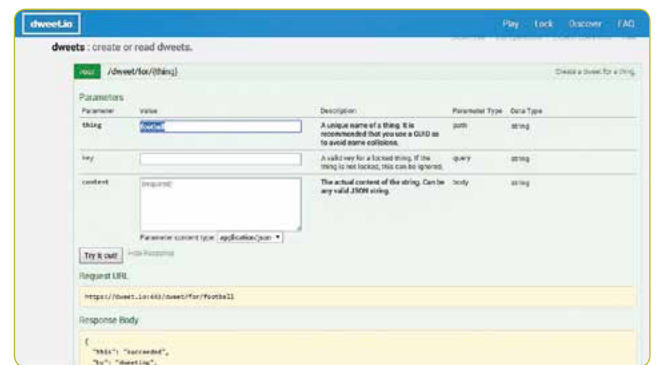


FIG. 11

- Haz clic en *PLAY*.
- Haz clic en *POST*.
- Escribe el nombre de almacenamiento que desees en el campo *thing*. En el ejemplo que figura en este recurso, el nombre de almacenamiento ajustado en la app es *football*. Por tanto, también se debe llamar *football* aquí en *dweet*.
- Haz clic en *Try it out!*

Uso de la ficha *GET*.

Para ver los datos almacenados hay que ir a *get/tweets/for/{thing}*, introducir el *STORAGE NAME* (nombre de almacenamiento) elegido (por defecto, *football*) y hacer clic en *Try it out* (probar).

3 | 3 Visualización de datos en *freeboard.io*

Freeboard es un programa de código fuente abierto para crear un panel de información en tiempo real para el Internet de las Cosas.

- Haz clic en *Start Now*
- Introduce un nombre y haz clic en *Create New*
- Haz clic en *Add Datasources*
- Haz clic en *Select a Type* y selecciona *Dweet.io*
- En el campo *Name*, introduce *football*
- En el campo *Thing Name*, introduce *football*
- Haz clic en *Save*
- Haz clic en *Add Pane*
- Haz clic en el símbolo +
- Haz clic en *Select a type* y selecciona *Text*
- Title: *Player*
- Haz clic en *+Datasource: Football y Nombre*
- Haz clic en *Save*
- Haz clic en *Add Pane y selecciona Pointer*

- Haz clic en *+Datasource: Football y Número*
- Haz clic en *Save*
- Haz clic en *Add Pane*
- Haz clic en el símbolo +
- Haz clic en *Select a type* y selecciona *Google Map*
- Haz clic en *+Datasource: Football y Latitud*
- Haz clic en *Save*
- Haz clic en *Add Pane*
- Haz clic en el símbolo +
- Haz clic en *Select a type* y selecciona *Google Map*
- Haz clic en *+Datasource: Football y Longitud*
- Haz clic en *Save* (FIG. 13)

4 | CONCLUSIÓN

En esta unidad didáctica se anima a los alumnos a desarrollar su propia aplicación para el envío de datos en tiempo real. En ella se ofrece la posibilidad de recopilar datos “reales” del terreno de juego a través del smartphone, una herramienta que la mayoría de los alumnos ya llevan en el bolsillo.

Los alumnos ven que lo único que necesitan para recopilar los datos necesarios e incrementar el número de parámetros que se estudiarán al mismo tiempo es un smartphone.

Hay muchas opciones para el análisis de datos. Por ejemplo, los alumnos pueden trazar y analizar las posiciones de los jugadores de un equipo completo sobre el terreno de juego mediante las siguientes herramientas:

- Creando un archivo Excel que contenga la latitud y la longitud de todos los jugadores.

The screenshot shows the *dweet.io* API interface. At the top, there are navigation links: *Play*, *Lock*, *Discover*, and *FAQ*. Below the header, the text reads "dweets : create or read dweets." and there are links for *Show/Hide*, *List-Operations*, *Expand Operations*, and *Raw*.

Three API endpoints are listed:

- POST** `/dweet/for/{thing}`: Create a dweet for a thing.
- GET** `/get/latest/dweet/for/{thing}`: Read the latest dweet for a thing.
- GET** `/get/dweets/for/{thing}`: Read all of the saved dweets (up to last 500) for a thing.

Below the endpoints is a "Parameters" table:

Parameter	Value	Description	Parameter Type	Data Type
thing	football	A unique name of a thing.	path	string
key		A valid key for a locked thing. If the thing is not locked, this can be ignored.	query	string

There is a "Try it out!" button and a "Hide Response" link. Below that is the "Request URL" field containing `https://dweet.io:443/get/dweets/for/football`.

The "Response Body" field shows the following JSON response:

```
{
  "this": "succeeded",
  "by": "getting",
  "the": "dweets",
  "with": [
    {
      "thing": "football"
    }
  ]
}
```

FIG. 12

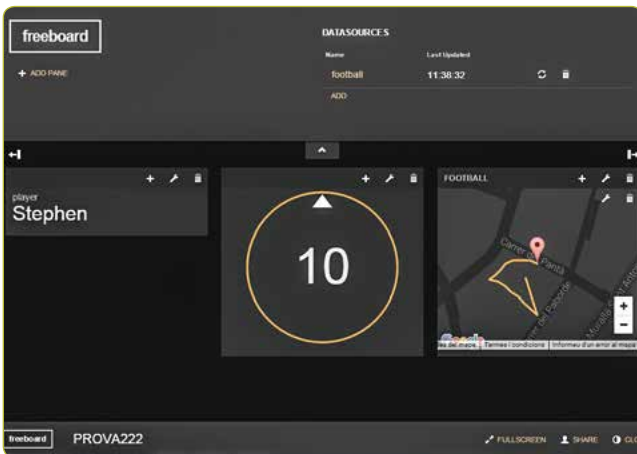


FIG. 13



FIG. 14 Alumno con peto para la recogida de datos

5 | OPCIONES DE COOPERACIÓN

Los alumnos pueden organizar proyectos de cooperación entre diferentes escuelas. Por ejemplo, los alumnos de una escuela pueden tomar medidas en tiempo real, mientras los de otro centro escolar analizan los datos. Esta metodología también se puede emplear para estudiar otros deportes.

RECURSOS

- [1] MIT App inventor <http://ai2.appinventor.mit.edu/>
- <http://usuaris.tinet.cat/pcompte/football/> BIG DATA: envío de datos en tiempo real
- www.realtracksystems.com/ Sistemas de seguimiento en tiempo real WIMU
- <http://go.sap.com/solution/industry/sports-entertainment/team-management/sports-one.html> SAP Sports One

- Yendo a www.earthpoint.us y seleccionando *Excel to Google Earth*, para después seleccionar su archivo de Excel y hacer clic en *View on Google Earth*.
- En Google Earth: comprobando que las posiciones de los jugadores se estén trazando en la ubicación en la que estaban jugando.


Otras posibilidades


- Evolución del partido: los alumnos pueden ordenar estos archivos cronológicamente, para verlos como si fuera una película y analizar cómo se mueve y se comporta el equipo durante un período específico de un partido.
- Área cubierta por un equipo: tras crear una vista en Google Earth de las posiciones de los equipos, los alumnos pueden emplear la utilidad *Polygon Area* (área poligonal) disponible en este mismo sitio. Siguiendo unas sencillas instrucciones, los alumnos pueden calcular el área determinada por las posiciones de los jugadores, y saber así si estaban jugando desperdigados o como un equipo compacto.


STEPHEN KIMBROUGH · DAMJAN ŠTRUS

PENA MÁXIMA



 tanda de penaltis, combinatoria, teoría del juego

 matemáticas, informática, física

 14–18 años

1 | SUMARIO

Este proyecto requiere que los alumnos calculen la probabilidad de éxito en el lanzamiento de un penalti teniendo en consideración todas las influencias internas y externas (geometría, tiempo de reacción, elección del lado de lanzamiento...).

Los alumnos también deberán encontrar la alineación perfecta para una tanda de penaltis, así como una alternativa “justa” a esta modalidad.

2 | INTRODUCCIÓN DE CONCEPTOS

La tanda de penaltis se introdujo en el reglamento del Campeonato Mundial de Fútbol de la FIFA en los años setenta.

Se lanza una tanda de penaltis cuando un partido acaba en empate tras la prórroga, esto es, el tiempo de juego adicional que se añade a un partido cuando el marcador queda igualado tras el tiempo reglamentario. Antes de que se introdujera esta nueva regla, el ganador se decidía lanzando una moneda al aire.

Una tanda de penaltis es una de las situaciones más emocionantes que pueden producirse en un partido de fútbol.

En esta unidad analizaremos cómo maximizar el rendimiento para un equipo específico.

La unidad se divide en dos partes: en la primera, los alumnos calculan la probabilidad de marcar un penalti en un solo lanzamiento. En la segunda parte, aprenderán cómo se puede optimizar una tanda de penaltis.

3 | QUÉ HACEN LOS ALUMNOS

3 | 1 Penalti individual

Para averiguar cuál es la probabilidad de marcar un penalti, debemos dividir el lanzamiento en dos movimientos independientes: el del portero y el del lanzador.

En primer lugar asignamos probabilidades al portero basadas en la trigonometría.

Una portería de fútbol es un rectángulo de 7,32 metros de ancho y 2,44 de alto. La altura media de un portero es de unos 2 metros, y la distancia que abarcan sus brazos es también de unos 2 metros. Los alumnos pueden comparar el área cubierta por el portero con el área de la portería, y estimar así las probabilidades de que el portero evite el gol.

Un segundo aspecto es el tiempo de reacción del portero, y cuánto tarda en alcanzar el balón.

Los alumnos pueden empezar averiguando cuáles serían los mejores puntos a los que disparar. La respuesta: los dos ángulos superiores de la portería. A continuación deberán utilizar la trigonometría para calcular la distancia a esos puntos. El tiempo que tarda en llegar el balón se puede calcular ($t = \frac{s}{v}$), suponiendo que la velocidad media del mismo será de 100 km/h.

Ese será el tiempo que tendrá el portero para reaccionar y saltar hacia el ángulo adecuado.

Los alumnos medirán su propio tiempo de reacción: un alumno dejará caer una regla, y otro la recogerá (véase pág. 30). Teniendo en cuenta la distancia que ha recorrido la regla, el tiempo se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

g : aceleración gravitacional; $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$

t : tiempo [s]

h : distancia recorrida [m]

Restando este tiempo de reacción, el portero dispone del tiempo restante para cubrir la distancia hasta el balón. Este último ya se ha calculado, de modo que el guardameta debe lanzarse con una velocidad inicial de $v = \frac{x}{t}$ para llegar a la pelota. La velocidad media de un atleta al saltar es de aproximadamente 16 km/h.

Comparando las dos velocidades, los alumnos pueden ver que el portero nunca podría alcanzar el balón. Esto nos lleva a la conclusión de que el portero no se puede permitir ningún tiempo de reacción, por lo que debe elegir hacia qué lado saltará antes incluso de que se lance el penalti.

Los alumnos dividen la portería en dos mitades y calculan la probabilidad de evitar que el balón vaya a un lado de la misma utilizando el mismo método que hemos visto anteriormente. También se puede calcular dividiendo la portería en tres partes.

Es difícil para el lanzador estimar probabilidades pero, en general, se puede decir que un lanzador zurdo apuntará mejor al ángulo derecho, y un diestro al izquierdo.

Para acumular datos, los alumnos pueden chutar 10, 20 o más veces a una portería vacía y calcular la precisión de sus disparos.

A continuación, los alumnos deberán crear un programa, o utilizar el código fuente que figura en el apéndice ^[1], para simular un lanzamiento de penalti. Primero deben introducir sus cifras de probabilidades. Tanto para el portero como para el lanzador, la dirección del disparo se ve alterada por un componente aleatorio. Teniendo en cuenta la ley de los grandes números, la probabilidad de marcar en una tanda de penaltis se puede determinar incrementando el número de lanzamientos. Sobre esta base, los alumnos pueden analizar la cuestión de si alterar las



FIG. 1 Perspectiva del lanzador del penalti

estrategias de lanzamiento hará que la precisión sea mayor o menor. También pueden competir entre ellos con sus respectivos códigos.

3 | 2 Tanda de penaltis

Las tandas de penaltis siempre tienen el mismo formato: se elige a cinco jugadores de cada equipo para que lancen sus penaltis en un orden establecido. Se lanza una moneda al aire para deci-



FIG. 2 Perspectiva del portero

dir qué equipo elige si lanza en primer o en segundo lugar, y los equipos se van turnando en el lanzamiento de sus penaltis.

Se entrega a los alumnos una lista de jugadores con sus probabilidades medias de marcar. Se elige a cinco de estos jugadores y se establece el orden en el que lanzarán. Dos de los alumnos competirán entre sí en un juego programado en Scratch 2 [2]. Después de la tanda, los alumnos tendrán que demostrar que su orden es el mejor posible. Dado que la probabilidad media de marcar es

$$p = \frac{(p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5)}{5}, \text{ da igual el orden.}$$

El problema del fútbol en la vida real, en comparación con las simulaciones por ordenador, es que la presión sobre el lanzador aumenta a medida que avanza la tanda de penaltis. Este valor puede tener un peso de aproximadamente el 5%. Esto nos lleva a la siguiente ecuación para obtener la probabilidad media:

$$p = \frac{(p_1 + 0,95p_2 + 0,90p_3 + 0,85p_4 + 0,80p_5)}{5}.$$

Dado que tenemos $5! = 5 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1 = 120$ órdenes posibles, los alumnos deben pensar en una forma de optimizar el resultado. Debe quedar en manos de los alumnos encontrar una solución al problema, aunque en realidad la mejor solución es que el peor lanzador sea el primero en tirar, y el mejor, el último.

Con esta idea en mente, los alumnos pueden alterar el programa Scratch 2 para adaptarlo a sus necesidades. [2]

La siguiente variable relevante aquí es el efecto psicológico si el equipo que lanza primero transforma su penalti. Esta situación supone aún más presión para el siguiente lanzador.

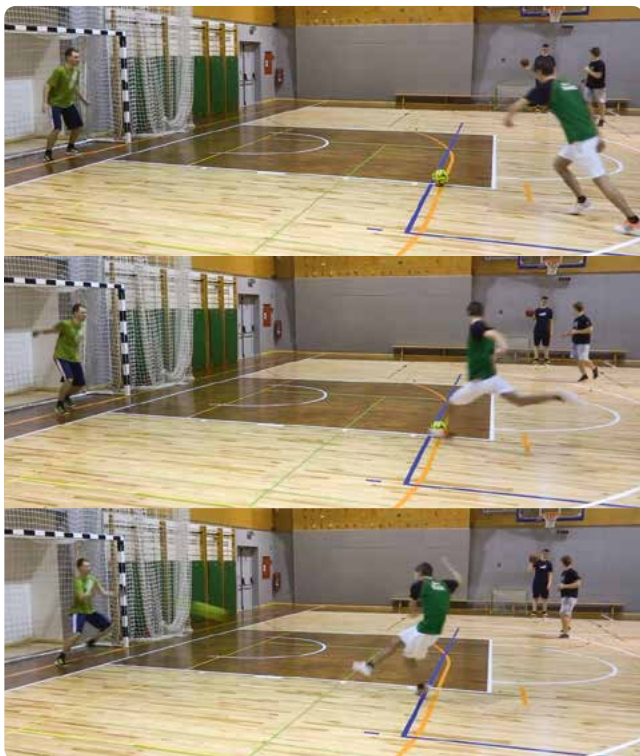


FIG. 3 Secuencia de un lanzamiento de penalti

A continuación, los alumnos pueden comparar dos equipos con la misma fuerza, cambiando el programa y simulándolo muchas veces. Esto nos lleva a la conclusión de que el equipo que lanza primero tiene más posibilidades de ganar la tanda de penaltis.

Finalmente, los alumnos debatirán para determinar una regla justa para las tandas de penalti. Deberán probar la regla con el programa indicado y averiguar si cinco lanzamientos son suficientes para obtener un resultado satisfactorio.

La secuencia más justa para los equipos A y B, cada uno con ocho jugadores, sería AB BA BA AB. Es lo que se conoce como la sucesión de Thue-Morse. La secuencia de lanzamiento de los equipos se debe alterar, y también se debe alterar la propia alteración.

4 | CONCLUSIÓN

Los alumnos aprenderán cómo modelar un escenario en la vida real y analizarlo matemáticamente. También aprenderán a poner en práctica sus aptitudes de programación para resolver problemas generados por situaciones complejas, y crear su propia simulación de una tanda de penaltis.

5 | OPCIONES DE COOPERACIÓN

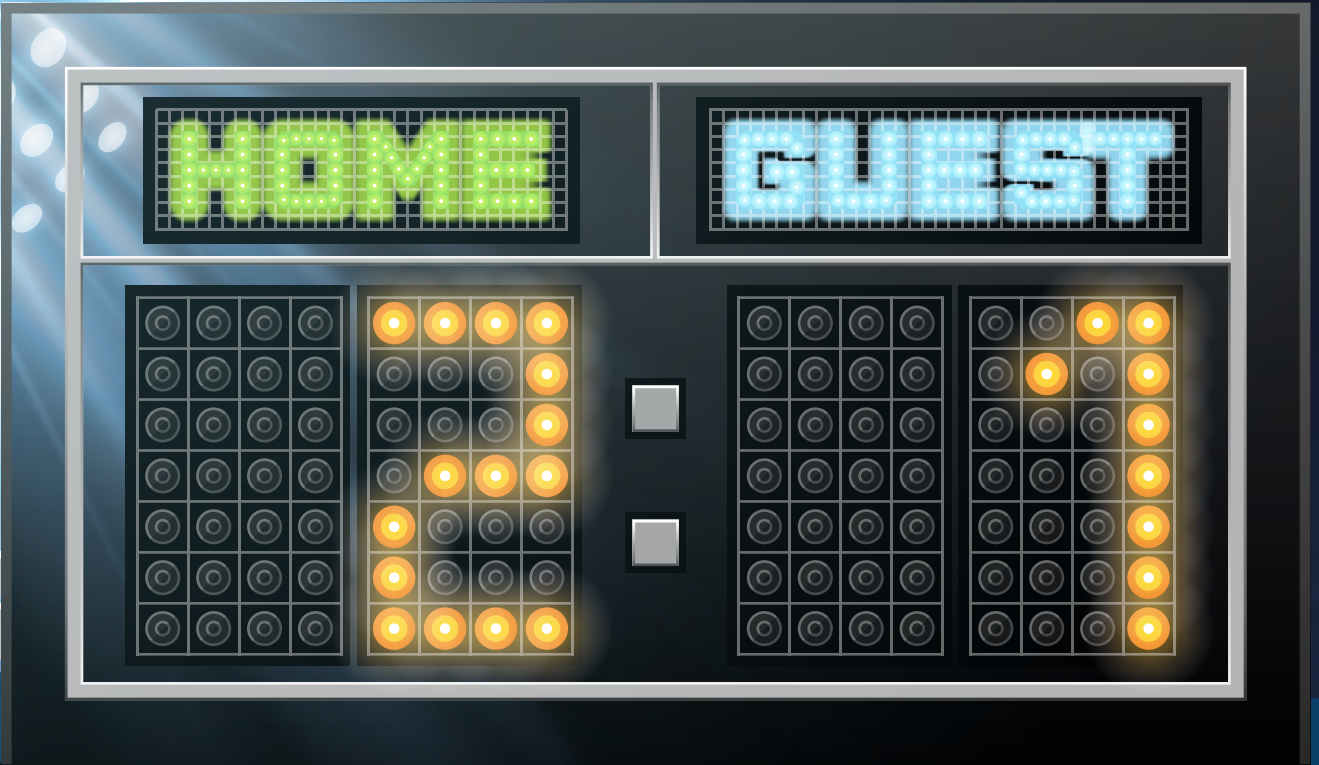
Los alumnos pueden organizar una competición en clase o contra otra escuela para ver qué estrategia es la mejor en una tanda de penaltis (véase 3.1).

Otra idea podría ser que los alumnos intentaran “mejorar” las reglas del fútbol cambiando el tamaño y la forma de las porterías. ¿Qué pasaría con las tandas de penalti si la portería fuera redonda o triangular?

REFERENCIAS

[1] www.science-on-stage.de/iStage3_materials




[2] <https://scratch.mit.edu/scratch2download/>



STEPHEN KIMBROUGH · MARCO NICOLINI · DAMJAN ŠTRUS

MERCADO DE GOLES



-  hoja de cálculo, estadísticas de goles, promedios, gráficos, frecuencias relativas, coincidencia, probabilidad, cuota
-  matemáticas, estadística, TIC
-  15–19 años

1 | SUMARIO

Esta unidad didáctica dará a los estudiantes la oportunidad de trabajar con datos de fútbol real disponibles libremente en Internet ^[1] o en la prensa, comprenderlos y hacer preguntas al respecto.

2 | INTRODUCCIÓN DE CONCEPTOS

El fútbol es el deporte más popular del mundo, con un interés global que trasciende los límites nacionales, culturales, de género y socioeconómicos. Con una audiencia en constante expansión en todo el planeta, el atractivo del fútbol sigue creciendo, hasta el punto de convertirse en uno de los negocios más potentes de la industria mundial del deporte.

El mercado del fútbol europeo está valorado en 19.400 millones de euros ^[2]. Mucha gente en todo el mundo depende de esta industria para vivir: jugadores, entrenadores, árbitros, empresas de marketing, medios de comunicación... y también los corredores de apuestas. La industria de las apuestas deportivas mueve cada año entre 606.000 y 870.000 millones de euros. El trabajo de los corredores de apuestas consiste, entre otras cosas, en predecir si un equipo ganará o perderá un partido, y calcular las probabilidades de las apuestas basándose en esta predicción. Un corredor de apuestas de éxito no necesita solo suerte, sino también conocimientos matemáticos muy avanzados a fin de analizar series complejas de datos, teniendo en cuenta una amplia variedad de factores combinatorios y variables muy complejas.

3 | QUÉ HACEN LOS ALUMNOS

La habilidad más importante que deben desarrollar los alumnos en primer lugar es familiarizarse con el diseño y la creación de una base de datos utilizando hojas de cálculo. El tipo de datos sobre fútbol disponibles en Internet incluye una gran cantidad de variables, como datos de los partidos, resultados en casa y fuera, resultados finales y al descanso, número de disparos a puerta, córners, faltas, fueras de juego, cartas amarillas y rojas y, naturalmente, apuestas. Los alumnos pueden obtener los paquetes de datos deseados de estas fuentes e importarlos a sus propias hojas de cálculo.

3 | 1 Introducción de datos

En primer lugar, se pide a los alumnos que creen una hoja de cálculo con los resultados de los partidos. Podemos ver un ejemplo de una hoja de cálculo en la **FIG. 1**. Esta hoja de cálculo se basa en la temporada 2014/15 de la Bundesliga alemana.

Los nombres de todos los equipos aparecen listados en orden alfabético en la columna de la izquierda (equipo local) y en la fila superior (equipo visitante).

Los resultados de los partidos se introducen en las dos celdas correspondientes: la celda de la izquierda indica el número de goles marcados por el equipo local, y la de la derecha, el del equipo visitante. Por ejemplo, cuando el Bayern de Múnich jugó en casa contra el Augsburg, el resultado fue de 0 a 1. Y cuando el Augsburg jugó en su estadio contra el Bayern de Múnich, el marcador fue de 0 a 4.

3 | 2 Cálculos

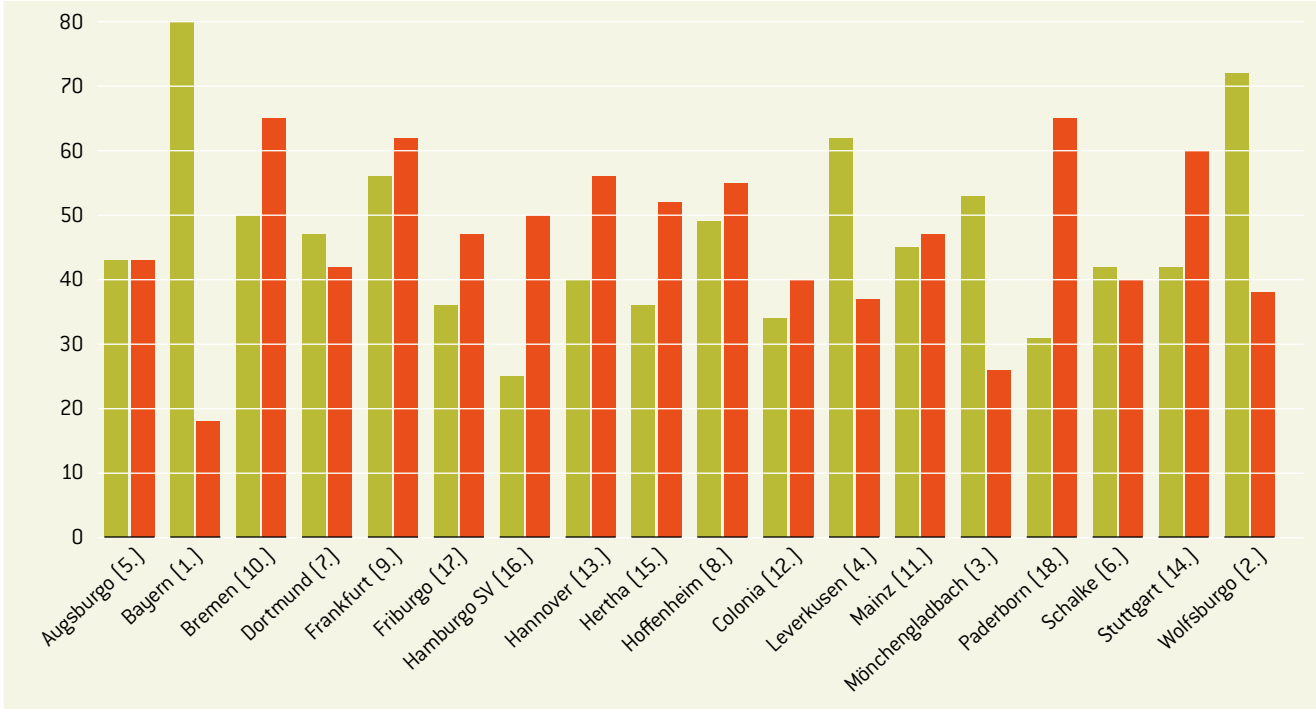
Se pide a los alumnos que hagan lo siguiente:

1. Desarrollar una fórmula para calcular el número de partidos que se jugaron en toda la temporada en la Bundesliga (18 equipos jugando todos contra todos).

FIG. 1 Hoja de cálculo con resultados de los partidos; Bundesliga alemana, temporada 2014/15

	fuera	en casa	Augsburgo	Bayern Múnich	Werder Bremen	Borussia Dortmund	Eintracht Frankfurt	Friburgo	Hamburgo	Hannover 96	Hertha Berlín	Hoffenheim	Colonia	Bayer Leverkusen	Mainz 05	Borussia Mönchengladbach	Paderborn	Schalke 04	Stuttgart	Wolfsburgo
1	Augsburgo			0 4	4 2	2 3	2 2	2 0	3 1	1 2	1 0	3 1	0 0	2 2	0 2	2 1	3 0	0 0	2 1	1 0
2	Bayern Múnich	0 1			6 0	2 1	3 0	2 0	8 0	4 0	1 0	4 0	4 1	1 0	2 0	0 2	4 0	1 1	2 0	2 1
3	Werder Bremen	3 2	0 4			2 1	1 0	1 1	1 0	3 3	2 0	1 1	0 1	2 1	0 0	0 2	4 0	0 3	2 0	3 5
4	Borussia Dortmund	0 1	0 1	3 2			2 0	3 1	0 1	0 1	2 0	1 0	0 0	0 2	4 2	1 0	3 0	3 0	2 2	2 2
5	Eintracht Frankfurt	0 1	0 4	5 2	2 0			1 0	2 1	2 2	4 4	3 1	3 2	2 1	2 2	0 0	4 0	1 0	4 5	1 1
6	Friburgo	2 0	2 1	0 1	0 3	4 1			0 0	2 2	2 2	1 1	1 0	0 0	2 3	0 0	1 2	2 0	1 4	1 2
7	Hamburgo	3 2	0 0	2 0	0 0	1 2	1 1			2 1	0 1	1 1	0 2	1 0	2 1	1 1	0 3	2 0	0 1	0 2
8	Hannover 96	2 0	1 3	1 1	2 3	1 0	2 1	2 0			1 1	1 2	1 0	1 3	1 1	0 3	1 2	2 1	1 1	1 3
9	Hertha Berlín	1 0	0 1	2 2	1 0	0 0	0 0	2 3	0 0	2		0 5	0 0	0 1	1 3	1 2	2 0	2 2	3 2	1 0
10	Hoffenheim	2 0	0 2	1 2	1 1	3 2	3 3	3 0	4 3		2 1		3 4	0 1	2 0	1 4	1 0	2 1	2 1	1 1
11	Colonia	1 2	0 2	1 1	2 1	4 2	0 1	0 0	1 1	1	1 2	3 2		1 1	0 0	0 0	0 0	2 0	0 0	2 2
12	Bayer Leverkusen	1 0	2 0	3 3	0 0	1 1	1 0	4 0	4 0	4	4 2	2 0	5 1		0 0	1 1	2 2	1 0	4 0	4 5
13	Mainz 05	2 1	1 2	1 2	2 0	3 1	2 2	1 2	0 0	0	0 2	0 0	2 0	2 3		2 2	5 0	2 0	1 1	1 1
14	Borussia Mönchengladbach	1 3	0 0	4 1	3 1	1 3	1 0	1 0	2 0	3	3 2	3 1	1 0	3 0	1 1		2 0	4 1	1 1	1 0
15	Paderborn	2 1	0 6	2 2	2 2	3 1	1 1	1 0	3 2	0	3 1	0 0	0 0	0 3	2 2	1 2		1 2	1 2	1 3
16	Schalke 04	1 0	1 1	1 1	2 1	2 2	0 0	0 0	1 0	2	2 0	3 1	1 2	0 1	4 1	1 0	1 0		3 2	3 2
17	Stuttgart	0 1	0 2	3 2	2 3	3 1	2 2	2 1	1 0	0	0 0	0 2	0 2	3 3	2 0	0 1	0 0	0 4		0 4
18	Wolfsburgo	1 0	4 1	2 1	2 1	2 2	3 0	2 0	2 2	2	2 1	3 0	2 1	4 1	3 0	1 0	1 1	1 1	3 1	

FIG. 2 Gráfico de goles a favor (verde) y en contra (rojo) para cada equipo, Bundesliga alemana, temporada 2014/15



Solución: Cada equipo tiene 17 oponentes, y todos jugaron tanto en casa como fuera, de modo que cada equipo jugó $2 \times 17 = 34$ partidos (la Bundesliga tiene 34 jornadas). Dado que hay 18 equipos, en cada jornada se juegan nueve partidos. Por tanto, en toda la temporada se jugaron un total de 306 partidos.

- Calcular las estadísticas de goles (marcados y recibidos) de cada equipo a lo largo de toda la temporada.

En la FIG. 2 se muestran todos los goles que marcó cada equipo (en verde) y los que encajó (en rojo). A continuación, los alumnos pueden comparar los resultados de su hoja de cálculo con los datos reales de bases de datos en Internet para comprobar sus cálculos.

- Calcular el promedio de goles por partido en toda la temporada.

Solución: 2,75

- Calcular el promedio de goles marcados y encajados por partido para cada equipo. Los alumnos elaborarán un gráfico de goles marcados y encajados por partido para cada equipo. Se pedirá a los alumnos que comparen el gráfico con el puesto que ocupa cada equipo en la clasificación final, dejándoles tiempo para que identifiquen la relación entre la forma del gráfico y la posición en la tabla final (FIG. 2).
- Calcular la frecuencia relativa $p(n)$ del número de goles por partido. Los alumnos pueden contar el número de partidos

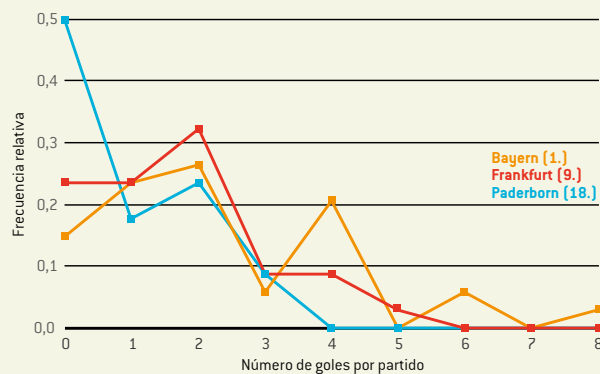
en los que cada equipo marcó 0, 1, 2, 3 o más goles. Para ello deberán crear una hoja de cálculo para cada equipo y elaborar un gráfico con las frecuencias relativas frente al número de goles por partido para todos los equipos. En la FIG. 3 vemos que el Bayern de Múnich jugó un total de 34 partidos y en cinco de ellos no marcó, en ocho marcó un solo gol, en nueve marcó dos goles, etc. Se debe animar a los alumnos a que utilicen las fórmulas que ofrece el programa de cálculo para diseñar la tabla propuesta en la FIG. 3.

FIG. 3 Frecuencias relativas $p(n)$ para tres equipos

n	Frecuencia relativa					
	Bayern Múnich (1°)		Eintracht Frankfurt (9°)		Paderborn (18°)	
	$N \cdot p(n)$	$p(n)$	$N \cdot p(n)$	$p(n)$	$N \cdot p(n)$	$p(n)$
0	5	0,15	8	0,24	17	0,50
1	8	0,24	8	0,24	6	0,18
2	9	0,26	11	0,32	8	0,24
3	2	0,06	3	0,09	3	0,09
4	7	0,21	3	0,09	0	0,00
5	0	0,00	1	0,03	0	0,00
6	2	0,06	0	0,00	0	0,00
7	0	0,00	0	0,00	0	0,00
8	1	0,03	0	0,00	0	0,00
	34	1	34	1	34	1

La suma de la segunda columna es el número de partidos jugados por un equipo en toda la temporada, y la suma de la tercera columna es 1.

FIG. 4 Frecuencia relativa frente a número de goles por partido para tres equipos



6. Averiguar qué información (ya calculada de antemano) obtienen los alumnos si multiplican el número de goles n por la frecuencia relativa correspondiente $p(n)$ en cada fila de la tabla. A continuación se resumen todos los productos:

$$\sum_{n=0}^{\infty} n \cdot p(n).$$

Solución: Averiguar el promedio de goles \bar{n} marcados por cada equipo por temporada.

7. Utilizar el promedio de goles para calcular la llamada coincidencia en el resultado de los partidos. La coincidencia es una desviación relativamente eficaz y, según la distribución de Poisson, es igual a $\sqrt{\frac{1}{\bar{n}}}$.

El resultado de un partido es cada vez más difícil de predecir a medida que aumenta el valor de la coincidencia. Esto es tan solo una estimación aproximada; no obstante, se puede argumentar que el fútbol se basa en la coincidencia. La coincidencia en los partidos reales con frecuencia puede ser del 100%. Al mismo tiempo, la coincidencia es mayor cuando el equipo está más abajo en la clasificación.

8. Crear un gráfico para mostrar cómo cambia la posición de cada equipo en la tabla a lo largo de la temporada (para cada una de las 34 jornadas). Debatir con los alumnos posibles motivos que hayan podido provocar esta subida o bajada en la clasificación.

3 | 3 Probabilidad

9. Los alumnos ya han calculado el promedio de goles marcados por partido para cada equipo. Si r_1 es el promedio de goles por partido que marca el primer equipo, y r_2 promedio de goles por partido que marca el segundo equipo, definimos R como el cociente: $R = \frac{r_1}{r_2}$.

La probabilidad de que el primer equipo marque el siguiente gol se calcula con la fórmula $p_1 = \frac{R}{R+1}$ y la probabilidad de que el segundo equipo marque el siguiente gol se calcula con la fórmula

$$p_2 = 1 - p_1 = \frac{1}{R+1}.$$

Obviamente, los promedios cambian con cada gol que se marca. Pero esto no lo tendremos en cuenta, sino que utilizaremos los promedios anteriores para todo el partido. Se pide a los alumnos que calculen las probabilidades p_1 y p_2 para cada equipo utilizando para ello los datos obtenidos en las 33 jornadas anteriores, y que comparen los cálculos teóricos con los resultados reales de la jornada 34 de la Bundesliga, temporada 2014/15.

10. Si, en un momento concreto del partido, entre los dos equipos han marcado n goles, la probabilidad de que todos los goles hayan sido marcados por el primer equipo es p_1^n , y la probabilidad de que todos los goles hayan sido marcados por el segundo equipo es p_2^n . La probabilidad de que el primer equipo haya marcado k de los n goles es $\binom{n}{k} p_1^k p_2^{n-k}$.
11. La probabilidad de que el equipo que marca r goles por partido marque n goles en un tiempo t (entre 0 = comienzo y 1 = final del partido) es igual a $p = \frac{(rt)^n}{n!} e^{-rt}$.

Se pide a los alumnos que elaboren un gráfico de la probabilidad que cada equipo tendrá de marcar n (0, 1, 2, 3 o 4) goles a lo largo de los 90 minutos de un partido. Para ello se deben utilizar los datos obtenidos en las 33 jornadas anteriores, y compararse los cálculos teóricos con los resultados reales de la jornada 34 de la Bundesliga, temporada 2014/15.

12. También se puede pedir a los alumnos que comprueben la probabilidad de que se dé el resultado $n : m$. La teoría establece que esta probabilidad produce la ecuación
- $$p_{n,m} = \frac{(r_1 t)^n (r_2 t)^m}{n! m!} e^{-(r_1+r_2)t}.$$

En esta ecuación se supone que el número de goles de cada equipo es independiente del número de goles del otro equipo, lo cual obviamente no es cierto, pero se puede utilizar para obtener una primera aproximación. Los alumnos deben comparar los cálculos teóricos con los resultados reales de la jornada 34 de la Bundesliga, temporada 2014/15 (FIG. 5).

FIG. 5 Resultados de fútbol de la jornada n.º 34 en la Bundesliga, temporada 2014/15^[3]

Bayern Múnich	Mainz 05	2 - 0
Borussia Dortmund	Werder Bremen	3 - 2
Eintracht Frankfurt	Bayer Leverkusen	2 - 1
Hamburgo	Schalke 04	2 - 0
Hannover 96	Friburgo	2 - 1
Hoffenheim	Hertha Berlín	2 - 1
Colonia	Wolfsburgo	2 - 2
Borussia Mönchengladbach	Augsburgo	1 - 3
Paderborn	Stuttgart	1 - 2

4 | CONCLUSIÓN

Ciertamente, el examen y análisis continuo de los conjuntos de datos pueden ayudar a predecir los resultados de los partidos de fútbol. Sin embargo, para predecir el marcador de determinados partidos, aparte de los goles, hay que tener en cuenta otros muchos parámetros (lesiones, estado de forma de los jugadores, estado del terreno de juego, condiciones meteorológicas, etc.). Si hubiera una fórmula mágica, muchas más personas se harían millonarias con las apuestas. De forma similar, el trabajo de los corredores de apuestas se debería considerar más un arte que una ciencia.

No obstante, el objetivo de esta unidad didáctica no era hablar sobre las apuestas de fútbol, así que lo dejaremos aquí.

5 | OPCIONES DE COOPERACIÓN

Alumnos de diferentes países pueden recopilar los resultados de todos los partidos de sus ligas nacionales de fútbol. A continuación calcularán las estadísticas de goles (marcados y recibidos) para cada equipo en toda la temporada, el promedio de goles por partido en toda la temporada, y el promedio de goles por partido marcados y encajados por cada equipo.

Finalmente, compararán los resultados de sus cálculos y analizarán sus ligas nacionales. ¿Están todos los equipos más o menos igualados, o hay unos pocos equipos muy fuertes, otros pocos muy flojos, y muchos de nivel medio? Quizás los alumnos descubran una tercera, cuarta o quinta opción...

REFERENCIAS

^[1] www.football-data.co.uk/

^[2] www.soccerex.com/about/what-soccerex/football-industry (08/11/2015)

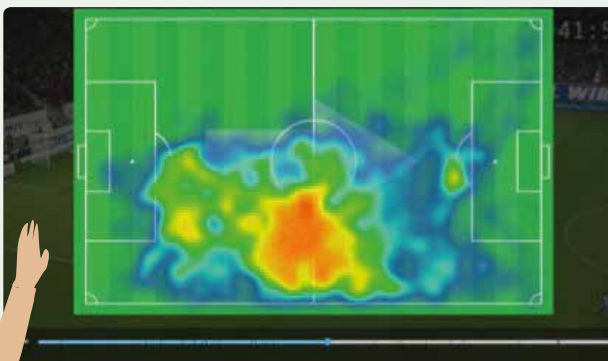
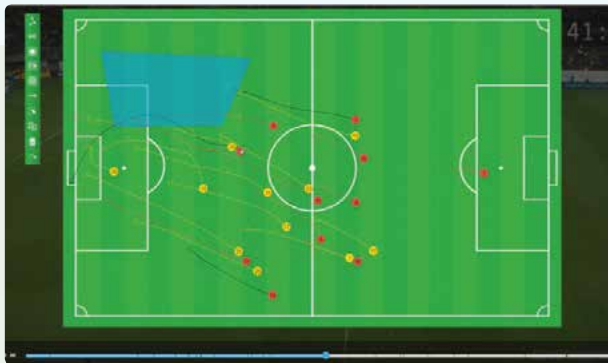
^[3] www.rezultati.com/nogomet/njemacka/bundesliga-2014-2015/ (12/11/2015)

- ALI JE NOGOMET IGRA NA SREČO, Janez Strnad, Presek, ISSN 0351-6652, año 13 (1985/1986), número 1, págs. 9–15
- Matematika i nogomet (<http://pptfilesearch.com/single/79931/nogomet-i-matematika>), Franka Miriam Brückler, Osijek, 1/6/2006 (08/03/2016)

LAS TIC AYUDAN A MARCAR GOLES

La informática se ha convertido en una herramienta crucial en el fútbol, pues ayuda a los equipos a entrenar para los partidos y también permite realizar análisis durante el descanso. Gracias a la recogida y el análisis selectivo de big data, los entrenadores pueden adaptar perfectamente los movimientos de jugadores individuales y del equipo como un todo a los del equipo contrario, y automatizar estas reacciones. Así, herramientas analíticas como *Match Insights* se centran en el análisis de material de vídeo. Durante el entrenamiento, los sensores pegados a los cuerpos de los jugadores proporcionan información no solo sobre sus posiciones y movimientos, sino también sobre sus pulsaciones. Las estadísticas de jugadores individuales y equipos permiten trazar perfiles de su rendimiento y realizar comparaciones. Los entrenadores utilizan esta información para diseñar un plan de entrenamiento ideal y las tácticas a emplear en el próximo encuentro.

ANÁLISIS DE VÍDEO (MATCH INSIGHTS)



TABLEROS TÁCTICOS

Los tableros tácticos muestran los patrones de movimiento de los jugadores, como líneas defensivas, carreras o distancias recorridas. Estos patrones proporcionan información al entrenador, por ejemplo, sobre en qué situaciones el equipo contrario cambia de marcaje individual a marcaje zonal para aumentar sus posibilidades de marcar.

MAPAS DE CALOR

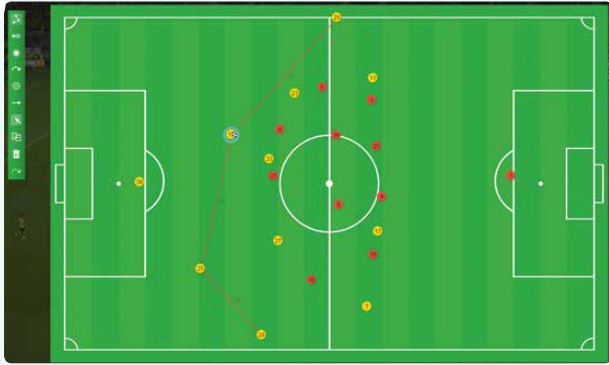
Los mapas de calor dibujan un esquema de los jugadores individuales, mostrando sus trayectorias de movimiento y el terreno que cubren. Esto permite al entrenador saber si son mejores en defensa o en ataque. De este modo, el técnico puede explotar al máximo el potencial de sus jugadores, y asignarles roles adecuados dentro del partido.

ESTADÍSTICAS DE JUGADORES

El rendimiento de un jugador se registra a lo largo de todo el partido. De este modo, el entrenador dispone de información instantánea (como por ejemplo tiros a puerta, distancia recorrida, número de pases o rendimiento individual en relación con el rendimiento del equipo como un todo). Estos registros también advierten sobre el riesgo de lesión de un jugador.

USO RECOMENDADO PARA EL DESPLIEGUE Y ENTRENAMIENTO DE LOS JUGADORES

ANÁLISIS DE MOVIMIENTOS Y COMPARACIÓN DE EQUIPOS



El entrenador compara los diez últimos partidos de dos equipos, por ejemplo en situaciones de gol reales o potenciales. Esta comparación puede revelar que el equipo contrario tiene un punto débil a balón parado, o que marca la mayoría de sus goles hacia el final del partido. En ese caso, el técnico puede dar instrucciones a sus jugadores para que generen jugadas a balón parado y ralenticen el juego a medida que se acerca el final del partido.

USO RECOMENDADO PARA TÁCTICAS DE EQUIPO

PERCEPCIÓN Y TÉCNICA DE DISPARO

Los grandes clubes ya utilizan aplicaciones informáticas en sesiones de entrenamiento específicas.



EL FUTBONAUTA

Se trata de una instalación de entrenamiento cuadrada y tridimensional, parecida a una jaula, donde se lanzan balones a un jugador. Sirve para entrenar la técnica y la coordinación en el primer toque, el control del balón y la precisión de disparo.

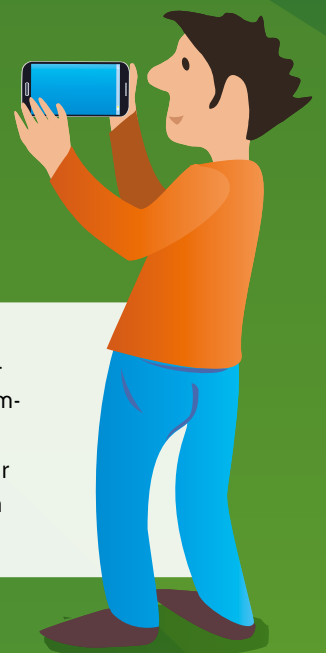
HELIX

Se trata de una herramienta de simulación sobre el terreno para entrenamiento mental, con el fin de mejorar la comprensión del juego de un futbolista a distancia y jugando rápido.

ENTRENAMIENTO CONDUCTUAL PERSONALIZADO



Fuera de las sesiones de entrenamiento oficiales, los jugadores también hablan con entrenadores y analistas de vídeo a fin de mejorar su rendimiento y prepararse para el siguiente partido.



MATERIAL Y RECURSOS ADICIONALES



Los autores han creado material y recursos adicionales para las unidades didácticas. Pueden descargarse de forma gratuita en: www.science-on-stage.de/iStage3_materials

EVENTOS DE PROYECTO DENTRO DE iSTAGE 3 – FÚTBOL EN LA ENSEÑANZA DE CIENCIAS

Tormenta de ideas para temas dentro de la reunión final del proyecto *iStage 2 – Smartphones in Science Teaching* en Berlín, Alemania
 ▼ 5 de diciembre de 2014

Primer taller en Berlín, Alemania
 ▼ 24 – 26 de abril de 2015

Presentación de la publicación en Bruselas, en la representación del Estado Federado de Hessen en la Unión Europea.
 ▼ 2 de junio de 2016



▲ 3 de febrero de 2015
 Reunión de coordinadores en Dortmund, Alemania

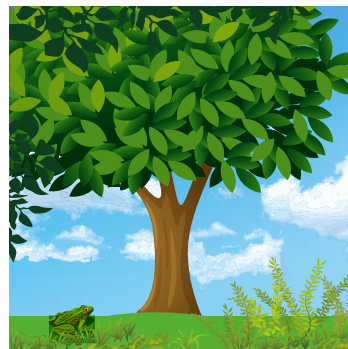
▲ 6 – 8 de noviembre de 2015
 Segundo taller en Berlín, Alemania

▲ Actividades de seguimiento en 2016 y 2017
 Cursos de formación de profesores en diversos países europeos

PAREJAS DE CARTAS

Véase unidad didáctica "Pisoteando la huella de carbono", p. 12.

Descarga en www.science-on-stage.de/iStage3_materials





SCIENCE ON STAGE EUROPE

SCIENCE ON STAGE – LA RED EUROPEA DE PROFESORES DE CIENCIAS

- ... es una red de y para profesores de ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas de todos los niveles escolares.
- ... proporciona una plataforma europea para el intercambio de ideas sobre enseñanza.
- ... pone de relieve la importancia de la ciencia y la tecnología en las escuelas y entre el público.

El principal patrocinador de Science on Stage es la Federación de los organizaciones de empresarios de las industrias de metal y electrónica en Alemania (GESAMTMETALL) con su iniciativa think ING.

¡Únete! Busca tu país en

WWW.SCIENCE-ON-STAGE.EU

www.facebook.com/scienceonstageeurope

www.twitter.com/ScienceOnStage

Suscríbese a nuestra newsletter:

www.science-on-stage.eu/newsletter

OTROS MATERIALES



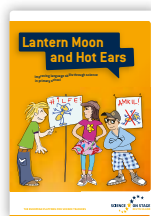
iStage – Teaching Materials for ICT (Information and Communications Technology) in Natural Sciences

- Biología y salud
- Nuestro entorno
- De la bicicleta al espacio



iStage 2 – Smartphones in Science Teaching

- Material didáctico sobre el uso de smartphones en clases de ciencia



Lantern Moon and Hot Ears

- Mejora de habilidades de idiomas a través de la ciencia en la escuela primaria
- Experimentos, hojas de cálculo, textos etc.

Descarga gratuita en
www.science-on-stage.de/materials





PATROCINADOR PRINCIPAL DE
SCIENCE ON STAGE DEUTSCHLAND E. V.

think
ING.

Die Initiative für
Ingenieurnachwuchs

Proudly supported by

