

DE 6 A 11 AÑOS - PARA EL DOCENTE

Los aviones que hablan: un curso de ciencias de primaria en cuatro lecciones

Este es el curso tal como el docente necesita conocerlo: la ciencia explicada un nivel más a fondo de lo que la clase la oirá, el orden en que deben llegar las ideas, qué decir a los seis años y qué añadir a los diez, las demostraciones que sostienen cada idea y por qué funcionan, y las ideas equivocadas que los niños traen consigo. Cuatro lecciones de unos 50 minutos, normalmente repartidas en dos semanas.

Aprender - <https://radar.dataero.eu/es/learning/ages-6-11> 2026-10-22

CONTENIDO

Antes de empezar: qué enseña el curso y por qué merece cuatro lecciones

LECCIÓN 1 El cielo lleno y el avión que habla

LECCIÓN 2 Luz invisible: lo que transporta el mensaje

LECCIÓN 3 Orejas de metal y la Tierra redonda: cómo se atrapa el mensaje, y desde qué distancia

LECCIÓN 4 El mapa: cómo muchas orejas forman una imagen

Evaluación: ¿saben contar la historia?

A CONTINUACIÓN Un receptor en el tejado de la escuela

Antes de empezar: qué enseña el curso y por qué merece cuatro lecciones

Todo avión de línea en el cielo europeo emite, unas dos veces por segundo, un breve mensaje de radio con su identidad, su posición, su altitud y su velocidad. El sistema se llama ADS-B, y desde 2020 es obligatorio para la mayoría de las aeronaves. Los controladores aéreos dependen de él; también los mapas de vuelos en vivo de cualquier teléfono. Para una clase de primaria es un tema casi perfecto, porque une cosas que los niños ya se preguntan, los aviones que ven y oyen, con la física que el programa le pide enseñar: que la luz y el sonido son cosas de distinta naturaleza, que la luz viaja en línea recta, que las ondas tienen una longitud, que la Tierra es una esfera y eso tiene consecuencias visibles, que la información puede codificarse y enviarse, y que un mapa se hace a partir de mediciones. El tema es real y actual; nada en él es un modelo de juguete.

El curso sigue la lógica del propio sistema, porque esa lógica es también el orden correcto de enseñanza. Primero la clase debe captar que el cielo está lleno de un tráfico rápido e invisible del que alguien tiene que llevar la cuenta. Después, que cada avión sabe dónde está y lo dice, una y otra vez, en un mensaje de cuatro partes. Después, que el mensaje viaja como una onda de radio, y que una onda de radio es una forma de luz. Después, que una antena lo atrapa, y que la Tierra redonda limita hasta qué distancia. Por

último, que muchas antenas juntas construyen el mapa. Cada lección añade un eslabón a esa cadena, y la cadena es lo que usted evaluará al final: ¿puede un niño contar la historia del avión al mapa, en orden, con las razones correctas?

No necesita ninguna formación en aviación ni en radio. Cada lección de abajo empieza con la ciencia tal como usted necesita entenderla, que es un nivel más a fondo de lo que irá la clase, para que pueda responder a la pregunta que hay detrás de la pregunta. Si quiere la explicación completa para adultos, el curso de referencia de la página de inicio tiene doce capítulos; los que más importan para esta edad son los capítulos 3, 6 y 7. Dos cosas deben tenerse claras en todo momento, porque son los dos puntos en los que los adultos enseñan con más frecuencia algo falso. La radio no es sonido; es luz de un color que nuestros ojos no pueden ver, y la diferencia es el corazón de la lección 2. Y en este sistema el avión no es "visto por los satélites" ni "encontrado por el radar": calcula su propia posición escuchando a los satélites, y luego la anuncia. Nadie encuentra al avión. El avión lo dice.

Sobre la diferenciación: el curso está escrito para todo el tramo de 6 a 11 años, y el texto de cada lección indica dónde se separan los más pequeños de los mayores. En líneas generales, una clase de seis a ocho años debe recibir el cuento, el juego de roles, la cuerda y el mapa, y debe salir capaz de decir "los aviones envían un mensaje en una onda, una antena lo atrapa, y eso hace el mapa". Una clase de nueve a once años puede asumir los números (dos veces por segundo, 300 000 kilómetros por segundo, una onda de 27 centímetros, un horizonte de 400 kilómetros), la idea de que el mensaje está hecho de respuestas de sí o no, y el razonamiento sobre el horizonte, y debe salir capaz de explicar por qué cada paso es necesario.

LECCIÓN 1

El cielo lleno y el avión que habla

La ciencia que necesita

Un avión de línea en altitud de crucero está a unos diez kilómetros de altura y se mueve a unos 900 km/h, es decir, 250 metros cada segundo. A esa altura es difícil de ver e imposible de juzgar: un niño que divisa un destello o una estela no tiene manera de saber a qué distancia está, a qué altura ni hacia dónde va, y tampoco la tiene un piloto que mira a otro avión. Sobre una ciudad belga casi siempre hay varios aviones en el cielo a la vez, la mayoría de paso, en altura, de camino entre otros países. Para mantenerlos separados, el control del tráfico aéreo necesita la posición, la altura y la dirección de cada avión, de forma continua. Las reglas de separación son sencillas: en el espacio aéreo que gestionan los controladores, los aviones deben estar al menos a 300 metros de distancia en vertical o a varios kilómetros en horizontal.

Durante la mayor parte del siglo pasado, la manera de saber dónde estaban los aviones era el radar: una gran antena giratoria que emite un pulso de radio y escucha el débil eco. El radar sigue existiendo, pero el sistema del que trata este curso le da la vuelta al problema. Todo avión moderno lleva un receptor de navegación por satélite, la misma tecnología que los mapas de un coche o de un teléfono, y por eso siempre conoce su propia posición con un margen de pocos metros. También lleva una pequeña radio llamada transpondedor. El ADS-B simplemente une las dos cosas: unas dos veces por segundo, el transpondedor envía un mensaje corto con la identidad del avión, su posición según los satélites, su altura, y su velocidad y dirección. El mensaje sale automáticamente, sin que nadie lo pida y sin nadie en

particular como destinatario: es una emisión, como una emisora de radio, y cualquiera con el receptor adecuado puede oírla. Eso es lo que significan las letras: Automática (nadie la provoca), Dependiente (depende del propio equipo del avión para ser correcta), Vigilancia (su propósito es saber dónde están los aviones), Radiodifusión (enviada a todos).

El mensaje en sí es digital. Un transpondedor no puede enviar letras ni números directamente; solo puede enviar un pulso o ningún pulso, y por eso el mensaje es una cadena de 112 respuestas de sí o no, cada una de una millonésima de segundo, cuyo significado todo el mundo ha acordado de antemano. El primer grupo, de 24 respuestas, es el código de identidad permanente del avión, que recibe al matricularse, un poco como una matrícula que nunca cambia. El resto lleva la posición, la altura, la velocidad o el indicativo del vuelo, según la clase de mensaje. Las últimas 24 respuestas son una comprobación: el oyente hace una cuenta fija con el mensaje y compara el resultado con la comprobación, y si no coinciden, algo se enredó por el camino y el mensaje se desecha. Esto importa, porque sobre un aeropuerto concurrido muchos aviones hablan a la vez y sus mensajes a veces se solapan. La altura del mensaje no se mide por satélite, sino a partir de la presión del aire fuera del avión, que baja de forma constante al subir; es la misma razón por la que se tapan los oídos en un ascensor o en un túnel de montaña, y a los niños mayores les gusta la conexión.

Cómo enseñarlo

Empiece por el cielo, no por el sistema. Pregunte quién vio un avión esta semana, dónde, a qué altura creen que estaba, y cómo puede un piloto saber dónde está si no hay carreteras. Deje correr las conjeturas; saldrán "el piloto mira por la ventana" y "hay un mapa", y las dos son medio ciertas. Después ponga el mapa en vivo en el proyector, con la vista en la ciudad, y cuenten los aviones juntos. La diferencia entre lo que la clase esperaba y lo que muestra el mapa es el gancho de todo el curso, y merece la pena detenerse en ella: cada uno de esos símbolos es un avión que está hablando ahora mismo.

Ahora cuente la historia central de un tirón, porque los niños recuerdan mejor una historia que una definición: el avión siempre sabe dónde está, porque escucha a unos satélites muy por encima de él; y dos veces por segundo grita, a nadie en particular, "este soy yo, aquí estoy, a esta altura, a esta velocidad". Nadie se lo pidió. Nunca para. Y todo el que tenga la oreja adecuada puede oírlo. Con los de seis a ocho años, esa frase, repetida y luego representada, es la lección. Con los de nueve a once, dé un paso más y explique que el grito está hecho de respuestas de sí o no, que 24 de ellas deletrean el nombre del avión, y déjeles calcular (con ayuda) que 24 respuestas de sí o no dan unos 17 millones de nombres distintos, más que suficientes para todos los aviones que se han construido. La idea que debe quedar es que el avión no es "vigilado": lo dice. Dígalo de las dos maneras, "nadie encuentra al avión, el avión se anuncia a sí mismo", porque la idea contraria está muy arraigada y volverá a aparecer en la lección 4.

La demostración es el juego de la torre de control, y es la media hora más valiosa de todo el curso. Pegue con cinta una cuadrícula en el suelo, cinco casillas por cinco, con letras en un lado y números en el otro. La mitad de la clase son aviones; cada uno tiene una tarjeta con un indicativo, una altura y una velocidad. Caminan despacio por la cuadrícula, y cada pocos pasos cada uno anuncia su mensaje en voz alta: "DTA12, casilla C3, diez mil metros, rápido". La otra mitad es la torre de control, cada uno con una copia en papel de la cuadrícula, y deben dibujar cada avión donde dice que está. Luego cambien. Después, y

esta es la parte que enseña, repítanlo con los aviones autorizados a hablar solo una vez por minuto. Los dibujos de las torres se desmoronan; los aviones han cambiado de casilla antes de que nadie lo supiera. Pregunte a la clase por qué los aviones de verdad hablan dos veces por segundo, y se lo dirán.

Con el grupo mayor, añada una segunda variante: dos aviones anuncian exactamente en el mismo instante, y la torre debe anotar lo que oyó. Habrá oído un embrollo. Explique que por eso el mensaje real lleva una comprobación al final: un mensaje embrollado no supera la comprobación y se desecha, y el avión se repite medio segundo después de todos modos. Los niños que han sido la torre entienden al instante por qué hacen falta tanto la repetición como la comprobación.

En qué se equivocan los niños, y qué decir

La idea equivocada más común es que los satélites miran hacia abajo y ven los aviones, o que el radar los encuentra. La imagen correcta es que el avión escucha a los satélites para encontrarse a sí mismo, y luego habla. Una manera útil de decirlo: el satélite es como la campana de una iglesia que da la hora; dice la hora a todos, pero no tiene ni idea de quién escucha. La segunda idea equivocada es que el piloto envía el mensaje. Nadie lo hace; el transpondedor lo envía solo desde el momento en que el avión empieza a moverse. La tercera es que el mensaje va "al aeropuerto". Va a todo el mundo: los otros aviones también escuchan y lo usan para mantenerse alejados entre sí, y también cualquier antena en cualquier tejado, que es donde terminará la lección 4.

LECCIÓN 2

Luz invisible: lo que transporta el mensaje

La ciencia que necesita

El mensaje sale del avión como una onda de radio, y la idea que esta lección debe asentar, porque toda la física de secundaria se construye sobre ella, es que una onda de radio y un haz de luz son la misma clase de cosa. Ambos son ondas electromagnéticas: ondulaciones de fuerza eléctrica y magnética que viajan por el espacio, sin necesitar aire ni material alguno que las transporte, a la velocidad de la luz, que es muy aproximadamente 300 000 kilómetros cada segundo. Lo que hace que una de esas ondulaciones sea luz roja, otra azul, otra una onda de radio, es solo la rapidez con que oscila, su frecuencia. Nuestros ojos responden a una banda estrecha de frecuencias, que experimentamos como los colores del rojo al violeta. La radio oscila mucho más despacio, y por eso los ojos no pueden verla, exactamente igual que los oídos no pueden oír un silbato para perros. El mensaje del avión se envía a una frecuencia de 1 090 millones de oscilaciones por segundo, lo que es muy rápido para los estándares humanos y muy lento para los de la luz: la luz verde oscila alrededor de medio millón de veces más rápido.

Como todas las ondas electromagnéticas viajan a la misma velocidad, la frecuencia fija la longitud de onda, la distancia de una cresta a la siguiente: en un segundo la onda recorre 300 000 km y completa f oscilaciones, así que cada oscilación ocupa $300\,000\text{ km} / f$. Para la onda del avión eso da 27,5 centímetros, aproximadamente la longitud de una regla escolar. Para la luz verde es alrededor de media milésima de milímetro. Para una emisora de radio FM son tres metros. Ese número, 27,5 cm, es el que la clase volverá a encontrar en la lección 3, porque decide el tamaño de la antena.

La confusión que debe evitar es la de la radio con el sonido, y merece la pena entender por qué es tan común. Una "radio" en el lenguaje cotidiano es una caja que hace sonido, así que los niños (y muchos adultos) suponen que las ondas de radio son una clase de sonido que viaja por el aire. No tienen ninguna relación. El sonido es una onda de presión: moléculas de aire que chocan con sus vecinas, que chocan con las suyas. Necesita un material por el que viajar, se mueve a unos 340 metros por segundo, y en el vacío no hay sonido. La radio no necesita nada y cruza el espacio vacío entre un satélite y el avión; viaja casi un millón de veces más rápido que el sonido. Si un avión a 20 km hace un ruido y envía un mensaje en el mismo instante, el mensaje le llega en unas 67 millonésimas de segundo y el ruido alrededor de un minuto después. Los niños conocen este retraso por los truenos y por ver desde lejos cómo se chuta un balón, y ese conocimiento es su mejor aliado.

Cómo enseñarlo

Parta de lo que ya saben: cosas que existen pero que nosotros no podemos ver ni oír. Los silbatos para perros, cómo ve una abeja una flor, el mando a distancia que "envía algo" al televisor, el Wi-Fi del edificio. Después haga la afirmación sin rodeos: el mensaje del avión viaja montado en una clase de luz que nuestros ojos no pueden ver, y una linterna y la radio del avión son primas. Encienda una linterna y pregunte dónde está su luz: en toda la sala, al instante, sin ningún retraso que nadie pueda notar. Luego la frase clave para el grupo pequeño: la radio es un color que nuestros ojos no pueden ver, y está pasando por esta sala ahora mismo, de cada avión a menos de 400 kilómetros, y no sentimos nada. A muchos niños esto les resulta algo emocionante, y es verdad.

La demostración de la cuerda da cuerpo a la idea de onda. En parejas, un niño sujeta una cuerda quieta y el otro agita el extremo libre. Agitar despacio produce unas pocas ondas largas y perezosas a lo largo de la cuerda; agitar rápido produce muchas cortas. Pídeles que midan la distancia entre crestas con una regla de un metro en cada caso y que noten la regla: cuanto más rápido agitas, más cortas son las ondas. No es una analogía vaga, sino la relación real, porque la velocidad de la onda a lo largo de la cuerda la fija la cuerda, y por eso frecuencia y longitud de onda se intercambian exactamente igual que en la luz. Diga a la clase que la onda del avión es de la clase larga y perezosa en comparación con la luz, y que de cresta a cresta mide lo que una regla. Ponga la regla en el suelo junto a la onda de la cuerda y deje que lo vean. Con el grupo mayor, escriba la regla: $\text{velocidad} = \text{frecuencia} \times \text{longitud de onda}$, y déjeles comprobarla en la cuerda contando sacudidas por segundo y midiendo de cresta a cresta. Después deles los números del avión y deje que vean que 300 000 km por segundo divididos entre 1 090 millones por segundo son 27,5 cm; no harán la división sin ayuda, pero pueden seguirla en la pizarra y eso hace que el número sea suyo.

Para separar la radio del sonido, organice la carrera del mensajero más rápido. Una fila de niños pasa una palabra susurrada de un extremo del salón al otro; cronométrelo. Después haga un destello con una linterna desde un extremo y que el otro extremo levante la mano; ningún retraso medible. Discutan por qué: el sonido tiene que pasar de cada porción de aire a la siguiente, como el susurro de niño a niño, y eso lleva tiempo; la luz no necesita que nadie la pase. Entonces, y este es el momento de ser explícito, diga que el mensaje de radio del avión es como la linterna, no como el susurro, y que el ruido de los motores de un avión que oímos es como el susurro, que llega mucho después de que el avión haya pasado. Al grupo mayor se le pueden dar los números, 340 metros por segundo frente a 300 000 kilómetros por segundo, y preguntarle cuántas veces más rápida es la luz; la respuesta, casi un millón, resulta satisfactoria.

En qué se equivocan los niños, y qué decir

La confusión con el sonido ya se ha tratado arriba y habrá que repetirla en las lecciones 3 y 4; cuente con que "la antena oye al avión" resbale hacia "la antena oye el ruido". Una segunda confusión es que las ondas de radio están "en el aire" como lo están los olores, flotando por ahí; el aire no las transporta en absoluto y viajarían igual de bien por el espacio vacío. Una tercera, del grupo mayor, es pensar que agitar más rápido hace que la onda viaje más rápido; no es así, hace las ondas más cortas, y la cuerda lo muestra si les deja observar cómo viaja una sola cresta. Por último, si un niño pregunta por qué no podemos ver la radio si es luz, la respuesta honesta es que nuestros ojos están hechos para los colores que el sol da en mayor cantidad y que mejor atraviesan el aire; la radio estuvo ahí desde siempre, y solo la notamos cuando construimos ojos de metal para ella, que es la lección 3.

LECCIÓN 3

Orejas de metal y la Tierra redonda: cómo se atrapa el mensaje, y desde qué distancia

La ciencia que necesita

Una onda de radio que pasa por un trozo de metal empuja a los electrones del metal adelante y atrás al compás de su oscilación. Esa diminuta corriente alterna es el "oír"; un receptor conectado al metal la amplifica y lee en ella los pulsos. El empuje es más fuerte cuando el trozo de metal tiene la longitud adecuada para la onda: una varilla de un cuarto de longitud de onda, de pie sobre una superficie metálica plana, responde a la onda como un columpio responde a un empujón dado a su propio ritmo. Para la onda de 27,5 cm del avión, un cuarto son 6,9 cm, y por eso la antena ADS-B real, en el avión y en tierra, es una varilla corta de solo unos centímetros de alto. Es una oreja afinada. Un hilo de una longitud bastante distinta también capta algo, pero mucho menos, y a la clase se le puede decir con toda verdad que el modelo que construirán tiene el tamaño correcto para la onda real.

¿Desde qué distancia puede oír la oreja? Dos cosas la limitan. La señal se debilita con la distancia, porque el transmisor del avión reparte su energía en todas las direcciones y la fracción que llega a una antena pequeña se reduce a medida que crece la distancia: al doble de distancia, un cuarto. Pero antes de que la debilidad sea el problema, lo es la geometría. Como la radio es luz, viaja en línea recta, y como la Tierra es una bola, una línea recta desde una antena en un tejado pronto se topa con el suelo. Un avión solo puede oírse mientras exista una línea recta y despejada entre él y la antena. Cuanto más alto vuela el avión, más lejos puede llegar esa línea antes de que la Tierra se interponga, y cuanto más alta está la antena, más lejos todavía. La aritmética (la distancia al horizonte en kilómetros es unas cuatro veces la raíz cuadrada de la altura en metros) es para el curso de secundaria; para el suyo, basta con el resultado: un avión a diez kilómetros de altura puede oírse desde un tejado a más de 400 km, más que de Bruselas a París ida y vuelta, mientras que un avión que acaba de despegar a 50 km puede estar completamente escondido tras la curva de la Tierra. Por eso las antenas están en tejados, mástiles y colinas, y por eso la misma antena oye los aviones altos desde muy lejos y los bajos solo cuando están cerca.

Cómo enseñarlo

Abra con la pregunta que la lección 2 dejó en el aire: si la radio es una luz que no podemos ver, ¿qué puede verla? La respuesta es una oreja de metal, una antena, y lo primero es encontrar algunas. El router Wi-Fi tiene varillas o las esconde dentro; el coche de fuera tiene una aleta en el techo; todo teléfono tiene una escondida en su borde; el tejado de la escuela puede tener varias. Envíe a la clase, o vaya usted con una foto, y hagan una lista. Pregunte qué tienen en común: son de metal, tienen una forma y un tamaño concretos, y muy a menudo están en alto. Esas dos observaciones son la lección, y puede prometer explicar cada una.

Para el tamaño, construyan la antena modelo. Cada niño corta una tira de cartulina de 7 cm de largo y alrededor de un centímetro de ancho, la envuelve en papel de aluminio y la pone de pie en el centro de un cuadrado de cartulina también cubierto de aluminio. Sea honesto sobre lo que es: tiene la forma correcta y el tamaño correcto para la onda del avión, y un receptor real usa exactamente esta forma, pero por sí sola no puede decodificar nada, porque atrapar la onda es solo el primer paso y leer los pulsos requiere una radio y un ordenador (que el curso de secundaria construye). Después explique el tamaño con el columpio: un columpio sube más alto cuando lo empujas al compás de su propio vaivén, y la varilla de metal "se columpia" mejor, eléctricamente, cuando mide un cuarto de la onda. Ponga una regla de 27,5 cm junto a la varilla de 7 cm y muestre que la varilla es un cuarto de ella. El grupo mayor puede medir y comprobarlo. El cuadrado de aluminio de debajo es el espejo que completa la oreja, y está bien decirlo así y dejarlo ahí.

Para la altura, salgan fuera, y lleven la pregunta consigo: ¿por qué están las antenas en alto? Ponga a un niño en un extremo del patio agachado, luego de pie, luego sobre un banco, y pregúntele qué ve en el otro extremo cada vez; algo escondido tras un muro bajo o un coche aparcado aparece a medida que sube. Después dé el salto a la Tierra: el propio suelo está curvado, como la parte de arriba de una bola enorme, y cualquier cosa lo bastante lejana queda escondida tras esa curva, como el casco de un barco que ha pasado el horizonte mientras su mástil aún se ve. Una antena en un tejado está subida a un banco. Un avión en lo alto es un barco con un mástil muy alto. Dibújelo en la pizarra como un círculo con un palito encima y una línea recta rozando el círculo: todo lo que está por encima de la línea puede oírse, todo lo que está por debajo está detrás de la Tierra. A los de nueve a once años se les pueden dar entonces las cifras reales y pedirles que las comparen con distancias que conocen: 400 km es más que de Bruselas a París ida y vuelta; 50 km es más o menos la anchura de la provincia.

Si hay tiempo, una pequeña demostración del debilitamiento con la distancia se gana su lugar: una linterna al fondo de un salón a oscuras ilumina débilmente una hoja de papel; acercada a la mitad de la distancia, ilumina la misma hoja claramente más del doble de fuerte, porque el haz se ha repartido sobre un área menor. A los mayores se les puede decir la regla, la mitad de distancia significa cuatro veces más brillo, y la conexión: la radio del avión se reparte de la misma manera, y por eso hace falta un receptor sensible para los lejanos.

En qué se equivocan los niños, y qué decir

Los niños suelen pensar que una antena más grande debe ser mejor, como lo sería una oreja más grande. Para esta onda no es así: lo que importa es el tamaño correcto, y el tamaño correcto es pequeño. También piensan que las antenas están en alto "para estar más cerca de los aviones"; la distancia hacia arriba es insignificante comparada con la distancia a lo ancho, y la verdadera razón es la curva de la

Tierra, que es una respuesta más interesante. Por último, la confusión con el sonido vuelve aquí en la forma "la antena oye el ruido del avión". Atájela cada vez: la antena atrapa la luz invisible, no el sonido, y la atraparía igual de bien de un avión que no hiciera ningún ruido.

LECCIÓN 4

El mapa: cómo muchas orejas forman una imagen

La ciencia que necesita

Una sola antena, con su receptor, decodifica los mensajes que puede oír y así conoce la posición, la altura y la identidad de cada avión que habla dentro de su horizonte, un círculo aproximado de unos pocos cientos de kilómetros de diámetro para el tráfico alto y mucho menor para el bajo. Para ver un país entero hacen falta muchos receptores así, repartidos de modo que sus círculos se solapen, y cada uno envía lo que oye por internet a un ordenador central. Ese ordenador hace dos trabajos. Fusiona: un avión alto suele ser oído por diez o veinte receptores a la vez, y el mismo mensaje que llega de todos ellos debe reconocerse como un solo avión, no veinte. Y comprueba: si un receptor informa de una posición con la que todos los receptores vecinos discrepan, ese informe es probablemente un error de decodificación y se deja aparte. El resultado es el mapa en vivo, actualizado cada segundo, construido enteramente a partir de lo que los aviones dijeron y las antenas oyeron. Los controladores aéreos ven una imagen parecida, con el radar añadido como segunda opinión independiente, ya que un sistema que depende de que el avión diga la verdad necesita una.

El mapa muestra solo los aviones que hablan. Casi todos los aviones de línea lo hacen; muchas avionetas privadas, planeadores y globos no están obligados, y los aviones militares a menudo eligen no hacerlo. Así que el mapa es honesto pero no completo, lo cual es algo que vale la pena que un niño aprenda sobre cualquier mapa, y una manera natural de terminar el curso con una pregunta en lugar de un punto final.

Cómo enseñarlo

Vuelva a la cuadrícula del suelo de la lección 1, pero ahora las torres no pueden oírlo todo. Coloque tres o cuatro "antenas" (niños con cuadrículas de papel) en las esquinas de la sala y diga a cada una que solo puede oír los aviones de su propia mitad o cuarto de la cuadrícula; los aviones anuncian como antes. Después pida a las antenas que junten sus hojas y las pongan una al lado de otra. La imagen combinada tiene todos los aviones; cada hoja por separado solo tiene algunos. Algunos aviones aparecen en dos hojas, y la clase debe acordar que son el mismo avión, no dos. Eso es todo el trabajo de fusión, hecho por niños de diez años en cinco minutos, y fija la idea de que el mapa es un rompecabezas de muchos oyentes.

Después hágalo real. Ponga el mapa en vivo en el proyector, con la vista en la escuela, y dé a cada grupo un avión para seguirlo durante diez minutos: su indicativo, su altura, su velocidad, de dónde viene y adónde va. Que rellenen una tarjeta para él y la claven en un mapa mural de la región en el lugar donde estaba la última vez que lo vieron. Mientras trabajan, conecte lo que están viendo con la cadena del curso, frase a frase: ese avión está hablando dos veces por segundo; su mensaje viaja en luz invisible; una antena en el tejado de alguien, a menos de 400 km, lo atrapó; esa antena envió el mensaje al

ordenador que dibuja este mapa; y por eso pueden leer su altura en la pantalla. Pida a la clase que le cuente la cadena con sus propias palabras; esa es la evaluación, y a estas alturas la mayoría de la clase debería poder hacerlo.

Cierre con dos preguntas. ¿Qué pasaría si un avión dejara de hablar? Desaparecería del mapa, aunque los controladores seguirían teniendo el radar. ¿Y están en el mapa todos los aviones del cielo? No, y la discusión sobre cuáles faltan, y por qué alguien podría no querer ser visto, es un buen lugar para dejar a una clase que ha entendido que un mapa está hecho de mediciones y es tan completo como sus oyentes.

En qué se equivocan los niños, y qué decir

La idea de que "los satélites hacen el mapa" vuelve aquí con gran persistencia, porque el mapa está en una pantalla, las pantallas vienen de internet y, en la mente de los niños, internet viene del espacio. Desmóntela con suavidad: los satélites solo dicen la hora al avión; el avión calcula dónde está; el avión lo dice; las antenas de los tejados lo oyen; el ordenador lo dibuja. Todos los pasos están en tierra salvo el primero, y el mapa funcionaría igual de bien si los satélites se sustituyeran por cualquier otra cosa que permitiera al avión encontrarse a sí mismo.

Evaluación: ¿saben contar la historia?

El curso tiene un solo resultado de aprendizaje con cuatro eslabones, y la evaluación es sencillamente si un niño puede contar la cadena en orden y con razones. Pida a cada niño, o a cada grupo, que explique cómo llega un avión al mapa, y escuche los cuatro eslabones: el avión sabe dónde está y lo dice, una y otra vez, sin que se lo pidan; el mensaje viaja como una onda de radio, que es una luz que nuestros ojos no pueden ver y no se parece en nada al sonido; una antena, una oreja de metal afinada, lo atrapa, pero solo de los aviones que están por encima de la curva de la Tierra; y muchas antenas juntas, compartiendo lo que oyen, hacen el mapa. Un niño de seis a ocho años que lo cuente como una historia con los cuatro pasos en el orden correcto ha alcanzado el resultado. Uno de nueve a once debería además poder dar una razón en cada paso: por qué dos veces por segundo, por qué luz y no sonido, por qué 7 cm y por qué en alto, por qué muchas antenas y no una.

La página del estudiante termina con un breve cuestionario que la clase puede hacer en una tableta o a mano alzada; las respuestas, con el razonamiento que debe esperar, son estas. Un avión envía su mensaje unas dos veces por segundo, porque en un minuto se habría desplazado 15 km y el mapa sería inútil. El mensaje no contiene los nombres de los pasajeros, solo la identidad, la posición, la altura y la velocidad del avión. Una onda de radio es una luz que nuestros ojos no pueden ver, no un sonido, porque no necesita aire y viaja casi un millón de veces más rápido. Una antena se pone en un tejado para que su línea recta de visión llegue más lejos por encima de la curva de la Tierra, no para estar más cerca de los aviones. Y el mapa necesita muchas antenas porque cada una solo puede oír un círculo de cielo de unos pocos cientos de kilómetros de diámetro.

Una escuela que quiera alojar un pequeño receptor en su tejado, para que su propio trozo de cielo aparezca en el mapa en vivo y la lección 4 termine con la antena de la propia clase, encontrará todo lo que necesita en la página Hazte feeder.

A CONTINUACIÓN

Un receptor en el tejado de la escuela

Las cuatro lecciones terminan de forma natural con un receptor que pertenece a la escuela. El taller práctico es la guía completa: las piezas y su precio (100 a 150 euros, o una Raspberry Pi que ya exista), la antena que elegir y dónde colocarla, cómo preparar el ordenador e instalar el feeder de Dataero, y las mediciones que una clase puede hacer con él a lo largo de un año. Una estación escolar aparece en el mapa público con el nombre de la escuela, y su panel responde a '¿qué avión es ese?' todos los días del año.

Abrir el taller práctico <https://radar.dataero.eu/es/learning/workshop>