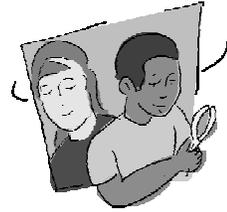


# ¿Cuál es la Respuesta Correcta?



## **Objetivo General**

Presentar al alumnado el concepto de que a veces no hay una respuesta “correcta” a una pregunta o medición.

## **Visión General**

El alumnado aprende a tener cuidado cuando busca una respuesta “correcta” a preguntas como “¿Qué hora es?” comparando las múltiples mediciones de la hora del día. El alumnado adquiere un conocimiento intuitivo de las características de las mediciones imperfectas. Utilizando diferentes relojes, el alumnado anota la hora que muestran. Las mediciones resultantes se convierten de minutos y segundos a segundos. Estas mediciones se muestran para ilustrar las técnicas matemáticas de cálculo de la media y desviaciones de la media.

## **Objetivos Didácticos**

Aprender cómo medir el tiempo.

Comprender la exactitud de una medición.

## **Conceptos Científicos**

Niveles de mediciones incorporan grados de precisión.

Hay técnicas matemáticas para caracterizar la precisión de una medición.

## **Habilidades de Investigación**

### *Científica*

Identificar preguntas y respuestas.

Diseñar y dirigir investigaciones científicas.

Utilizar las matemáticas apropiadas para analizar datos.

Desarrollar descripciones y explicaciones a partir de la experiencia.

## **Tiempo**

Aproximadamente una clase.

## **Nivel**

*Elemental* – hacer sólo el paso de comparación de relojes.

*Medio y avanzado* – hacer la actividad completa

## **Materiales y Herramientas**

Al menos un reloj por alumno, de cualquier tipo, que muestre segundos.

Papel y algo para que el alumno pueda anotar las horas

Copias de la *Hoja de Trabajo de Mediciones de Tiempo de la Investigación de GPS* y formularios imprimibles para cada alumno/a.

Opcional pero deseable:

Calculadora con funciones de suma, resta, multiplicación y división; receptor GPS (Utilizado como fuente de hora estándar. El receptor GPS no es esencial. Si tiene acceso a uno, utilícelo como reloj de alta precisión).

## **Preparación**

Consiga al menos 10 relojes para usar en clase. El alumnado puede utilizar los relojes del centro escolar o traer relojes de su casa.

## **Requisitos Previos**

*Nivel de iniciación* – capacidad de leer la hora en un reloj.

*Nivel intermedio y avanzado* – capacidad de hacer dibujos y gráficos.

## Antecedentes

Las mediciones de GPS se realizarán a partir de una gran variedad de instrumentos repartidos por amplias regiones geográficas y largos períodos de tiempo. Se han hecho esfuerzos para recomendar instrumentos de precisión y resolución que son suficientes para cumplir las metas científicas subyacentes. Sin embargo, habrá variaciones entre los valores de las mediciones debido a la diversidad de características de los instrumentos, y del alumnado investigador.

### ¿Cuál es la Respuesta Correcta?

Cuando se hacen mediciones, generalmente se quiere conocer la calidad de los valores obtenidos. Generalmente nos preguntamos “¿Estaré lejos de la respuesta correcta?” o “¿Será esta la respuesta correcta?” Esto supone que hay una respuesta correcta con la que comparar el valor medido.

A veces sí hay una respuesta correcta. Sin embargo, cuando los científicos miden una cantidad, especialmente si es la primera vez, puede que no haya un estándar con el que comparar los resultados. Si hay un único aparato para hacer una medición concreta y no hay razón para dudar de los valores que se están tomando, es razonable considerar esas mediciones como estándar.

El problema viene cuando hay varios instrumentos de medición y alguien dice ser capaz de obtener los resultados “correctos” o mejores. Se dice que “alguien con dos relojes no sabe qué hora es”. En este caso, el usuario o el científico tiene que decidir cómo manejar los valores potencialmente diferentes o cómo decidir qué mediciones y estándares usar.

## Resolución y Precisión Utilizando Relojes

El número de dígitos o la menor unidad de tiempo que se puede obtener de manera fiable en un reloj es la resolución del instrumento. Así, un reloj digital que muestre 12:30:21 (siendo 12 horas, 30 minutos, y 21 segundos) tiene una resolución de un segundo, porque muestra la hora hasta el segundo más próximo. Un reloj analógico (que tenga manecillas de hora, minutos y segundos) también tiene una resolución de un segundo, porque a partir de la manecilla de los segundos se puede leer hasta el segundo más

próximo. Un reloj analógico que sólo tenga manecillas de horas y minutos tiene una resolución sólo de un minuto, a no ser que se pueda determinar la posición del minutero entre marcas.

Sin embargo, el reloj que se puede medir con resolución de un segundo se puede desviar de alguna fuente estándar de hora en una fracción de segundo pasadas unas horas. La capacidad del reloj para mantener la hora “correcta” es su precisión. Por ello, si se tiene un reloj que se adelanta 10 minutos cada día, se puede seguir sabiendo la hora con una resolución de un segundo, pero sólo tiene una precisión de 10 minutos al día. También se dice que este reloj tiene un error de 10 minutos al día.



Figura GPS-RA-1: Un Grupo de Relojes, Todos con Diferente Exactitud y Resolución.

Los relojes son un contador de algo que cambia según pasa el tiempo. Los primeros relojes determinaban la hora contando gotas de agua o granos de arena que caían. No eran especialmente precisos, ya que es difícil controlar el tamaño de las gotas de agua o la cantidad de arena cayendo. Posteriormente se han utilizado como relojes la oscilación de un péndulo, las vibraciones de diapasones, las oscilaciones mecánicas en cristales cargados eléctricamente y las resonancias atómicas. Cada uno de estos relojes ha sido más preciso que su predecesor, y todos dependen de la mayor estabilidad y repetibilidad de un proceso físico cíclico subyacente. Ver Figura GPS-RA-1.

Para que todos los relojes muestren la misma hora, lo ideal sería que cada reloj se pusiera a la misma hora simultáneamente y que estuviera bajo las mismas condiciones ambientales y mecánicas. Esto raramente sucede. Generalmente los relojes se ponen en hora a horas diferentes y a partir de referencias diferentes, tienen precisiones diferentes, construcción diferente y están expuestos a ambientes diferentes. Un conjunto de relojes mostrará horas ligeramente diferentes. Esta variación en los valores se producirá también en la mayoría de instrumentos de temperatura, distancia y otras mediciones del programa GLOBE (termómetros, cintas métricas, etc.).

A la hora de decidir cuándo dar de comer a una mascota, un error de unos pocos minutos de un día a otro puede ser insignificante. Sin embargo, las mediciones de posición de un Sistema de Posicionamiento Global dependen de que los relojes que incorporan los satélites sean muy precisos. Un error de un simple microsegundo (1/1.000.000 segundos) puede hacer que la posición que muestra el GPS tenga un error de más de 300 metros. La resolución deseada y la precisión dependen del usuario y de su conocimiento del instrumento.

### **Estándares Horarios**

Hasta la llegada del ferrocarril americano a finales de 1800, había pocos estándares ampliamente aceptados para la hora. Cada población tenía su propio reloj, generalmente relacionado con el mediodía solar local, que es cuando el sol alcanza su punto más alto en el cielo, o algún otro evento de los astros. Sin embargo, al desplazarnos 15 grados en longitud o unos 1600 kilómetros a lo largo del ecuador, la hora del mediodía solar local varía en una hora. Las zonas horarias se crearon e implementaron para lograr horarios constantes en áreas de tamaño continental. Los ferrocarriles necesitaban y presentaban un marco de referencia común.

En la actualidad todas las zonas horarias están referenciadas respecto a la longitud 0 grados que pasa por Greenwich, Inglaterra. Greenwich dispone de uno de los observatorios astronómicos más importantes. El mismo que fue establecido como patrón de la hora para la navegación naval británica. Así, la hora en Greenwich, Inglaterra, se utiliza como un estándar y se llama Hora Media de Greenwich

(GMT), Hora Universal (UT) o, a veces, hora Zulu (Zulu hace referencia a cero o a los cero grados de longitud). En el Protocolo de GPS GLOBE se utilizará el término hora universal (UT).

La Marina y el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST) de los Estados Unidos y las compañías de telefonía mantienen las horas estándares a partir de relojes atómicos de gran precisión que cuentan las vibraciones de unos átomos bajo condiciones bien definidas. La estación de radio de los EE.UU. identificada como WWV continuamente transmite la hora del día en inglés en las ondas cortas de radiofrecuencias 5, 10, 15, 20 y 25 MHz desde Boulder, Colorado. Estas frecuencias en sí mismas están sujetas a estándares horarios atómicos. El Gobierno canadiense proporciona un servicio similar en inglés y en francés con su estación de radio de onda corta CHU en 7.335 y 14.670 MHz. En el mundo existen muchos servicios similares.

### **El Sistema de Posicionamiento Global**

El Sistema de Posicionamiento Global tiene una serie de satélites que transmiten señales de tiempo a partir de los relojes atómicos de alta precisión que llevan incorporados. Por ello, un receptor GPS puede mostrar la hora con una precisión comparable a la de los relojes del satélite. El receptor GPS puede incluso eliminar el retraso debido al tiempo de viaje entre el satélite y el receptor terrestre, ya que el receptor conoce tanto la posición de los satélites como la suya propia. Así, los receptores GPS se han convertido en la mejor alternativa a tener nuestro propio reloj atómico.

### **Telecomunicaciones**

Las comunicaciones entre ordenadores dependen de las mediciones de tiempo que deben ser más precisas que la velocidad a la que viajan los datos. Si alguien está usando un módem de 14,4k bit/segundo para transferir datos vía Internet, el módem debe recibir un nuevo bit de información cada 1/14.400 ó 70 microsegundos. Así, los relojes del ordenador tienen que tener suficiente resolución como para poder separar cada fracción de tiempo de 70 microsegundos y deben ser suficientemente precisos entre la transmisión y la recepción, de manera que no se desincronicen en más de una fracción de los 70

microsegundos. Estas necesidades se logran fácilmente utilizando relojes de cristal de cuarzo a los que se puede hacer vibrar mecánicamente a valores elegidos entre 10 mil y 100 millones de veces por segundo. Las vibraciones se cuentan electrónicamente por un circuito digital para determinar la cantidad de tiempo que ha pasado.

### **Qué Hacer y Cómo Hacerlo**

#### **Paso 1. Conseguir los Relojes**

Localizar al menos diez (y preferiblemente más) relojes que funcionen y que tengan una resolución de un segundo. Asignar cada reloj a un alumno/a, mientras que otro alumno/a será el encargado de llevar el tiempo. En una situación de clase en la que varios alumnos/as tienen relojes de pulsera, estos relojes bastarán. Relojes de pared con segundero en varias habitaciones también servirán. Cada alumno/a debe estar preparado para anotar la hora y poder ver u oír al encargado de llevar el tiempo.

#### **Paso 2. Realizar las Mediciones**

El encargado de llevar el tiempo se colocará en una posición central. Transcurridos 30 minutos y cero segundos, este alumno/a indicará al resto que anoten la hora que muestran sus relojes hasta el segundo más cercano. Quizá el encargado del tiempo podría empezar una cuenta atrás en alto cuando falten diez segundos para la hora designada, para preparar a sus compañeros.

Aunque cualquier hora sirve, al elegir 30 minutos aumenta las posibilidades de que durante las mediciones ningún reloj pase a la siguiente hora y complique el procesamiento aritmético posterior.

*Alumnado avanzado:* Pida al alumnado que realice los cálculos y gráficos.

*Otro alumnado:* El profesorado realiza los cálculos y gráficos fuera de la clase para su posterior presentación y discusión. Aunque el alumnado más joven puede que no entienda los cálculos, entenderán cómo el dibujo del histograma representa la precisión de varios relojes.

#### **Paso 3. ¿Qué Hora Era?**

Para más detalles, ver el ejemplo de *Hoja de Datos de Mediciones de Tiempo de la Investigación de GPS* y las instrucciones.

Determinar la media de todas las mediciones de hora del día.

Para determinar la hora media del día en la que se han tomado los datos:

Determinar los segundos que pasan de la hora inicial hasta la hora anotada por cada participante. Sumar estos valores de segundos para obtener un resultado. Dividir por el número de participantes para obtener una hora media. Convertirla de nuevo a minutos y segundos, y anotar.

#### **Paso 4. ¿Están Bien Nuestros Relojes? Determinar la Desviación de la Media.**

Calcular la diferencia de la hora de cada participante con respecto a la hora media. El signo no importa, todos los valores se toman como positivos. Sume todos los valores y halle la suma. Divida la suma por el número de participantes para hallar la desviación media. La desviación media es una medida de cuánto se aleja cada medida de la hora media.

Haga un gráfico con las diferencias respecto de la media de las horas anotadas. Ver la *Hoja de Datos N° de Datos versus Diferencias*.

Cada casilla equivale a 10 segundos y difiere en 10 segundos del número medio de segundos. Anotar el número medio de segundos en el cuadro central. Colocar una X en la casilla adecuada para el número de segundos de cada participante. Este tipo de gráfico se llama histograma.

¿Cómo variaría el gráfico si se tuvieran relojes más o menos precisos?

## ***Investigación Posterior***

Si se tiene acceso a un receptor GPS, usar su hora para poner en hora el reloj que va a ser utilizado como guía para las mediciones. La hora mostrada en el receptor GPS probablemente será la más precisa de las disponibles.

Si se tienen relojes de mayor precisión, ¿cómo variará la desviación media calculada?

El alumnado con acceso a programas de hoja de cálculo quizá quiera automatizar los cálculos aritméticos.

El alumnado avanzado, quizá quiera investigar los conceptos estadísticos de desviación estándar y variancia.

## ***Evaluación del Alumnado***

### ***Cuantitativa***

Pregunte al alumnado cómo variaría el histograma si se dispusiera de relojes mejores o peores. Si fueran mejores: las X estarían más juntas. Peores: más separadas. ¿Pueden anotar valores de relojes? ¿Comprenden la aritmética? ¿Se debería descartar algún dato? Si algún dato es evidentemente erróneo, tal como el de un reloj que se ha parado, ¡sí!

### ***Cualitativa***

El alumno/a debe ser capaz de describir situaciones en las que es razonable o no exigir una respuesta “correcta”. El alumno/a debe ser capaz de hacer una lista de ejemplos de mediciones que hacen en sus vidas y contrastarlas con las resoluciones disponibles y deseables para tales mediciones. El alumno/a debe asumir la responsabilidad de determinar la precisión y resolución necesarias para las mediciones que se requieran en una investigación.

# Investigación de GPS

## Hoja de Datos de Mediciones de Tiempo

Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Número de Participante	Horas anotadas			Segundos que pasan de la hora (Segundos)	Media (Segundos)	Diferencia de la media (Segundos)	Media de las diferencias (Segundos)		
	(H)	Min	Seg)						
1	12	30	0	1800		6.9			
2	12	29	54	1794		12.9			
3	12	30	1	1801		5.9			
4	12	30	15	1815		8.1			
5	12	31	1	1861		54.1			
6	12	30	25	1825		18.1			
7	12	30	3	1803		3.9			
8	12	30	7	1807		0.1			
9	12	29	22	1762		44.9			
10	12	30	1	1801		5.9			
11	Participaron 10 alumnos/as				1806.9		16.08		
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
					Número medio de segundos sobre la hora		Desviación Media		
					Suma dividida por el número de participantes		Suma de la diferencia dividida por el número de participantes		
10 = Nº. de participantes				18069 = Suma		160.8 = Suma de la diferencia			

### Instrucciones

#### Anotar las horas

Hora media	
(Minutos)	(Segundos)
30	6.9

**Determinar el número de segundos que han sobrepasado la hora anotada por cada participante.**

(Segundos Totales = Minutos x 60 + Segundos)

**Determinar la hora media.**

(Hora media = Suma de segundos / Número de participantes)

**Calcular la diferencia de la hora de cada participante respecto de la media.**

(Diferencia = Segundos sobre la hora - Media de segundos)

(No tener en cuenta el signo – Todos los resultados son números positivos)

**Determinar las medias de las diferencias.**

#### Dibujar el histograma

**Anotar el número medio de segundos en la casilla central.**

**Cada casilla se aleja en 10 segundos de la media y abarca 10 segundos.**

**Determinar la hora para cada casilla añadiendo o restando de la media.**

**Por cada número de segundos sobre la hora, coloque una "X" en la casilla más cercana.**

(El número de X tiene que ser igual al número de participantes)

# Investigación de GPS

## Hoja de Datos de Mediciones de Tiempo

Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Número de Participante	Horas anotadas		Segundos que pasan de la hora (Segundos)	Media (Segundos)	Diferencia de la media (Segundos)	Media de las diferencias (Segundos)
	(H)	Min				
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						

Número medio de segundos sobre la hora

Suma dividida por el número de participantes

Desviación media

Suma de la diferencia dividida entre el número de participantes

= Nº. de participantes       = Suma       = Suma de la diferencia

Hora media  
(Minutos)      (Segundos)  
     

### Instrucciones

Anotad las horas

### Cálculos

**Determinar el número de segundos que han sobrepasado la hora anotada por cada participante.**  
(Segundos Totales = Minutos x 60 + Segundos)

**Determinar la hora media.**  
(Hora media = Suma de segundos / Número de participantes)

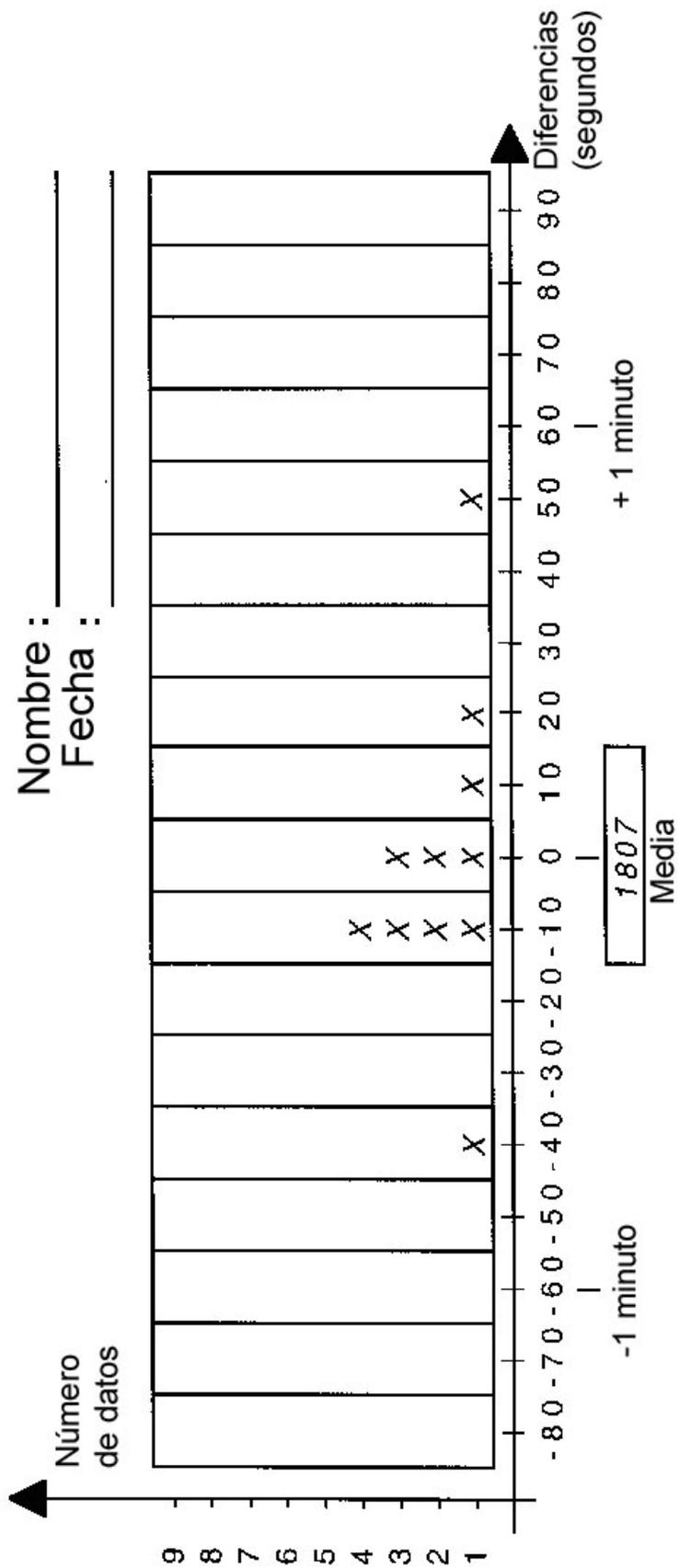
**Calcular la diferencia de la hora de cada participante respecto de la media.**  
(Diferencia = Segundos sobre la hora - Media de segundos)  
(No tener en cuenta el signo – Todos los resultados son números positivos)

**Determinar las medias de las diferencias.**

### Dibujar el histograma

- Anotar el número medio de segundos en la casilla central.
  - Cada casilla se aleja en 10 segundos de la media y abarca 10 segundos.
  - Determinar la hora para cada casilla añadiendo o restando de la media.
  - Por cada número de segundos sobre la hora, coloque una "X" en la casilla más cercana.
- (El número de X tiene que ser igual al número de participantes)

Nombre : \_\_\_\_\_  
 Fecha : \_\_\_\_\_



Nombre : \_\_\_\_\_  
Fecha : \_\_\_\_\_

