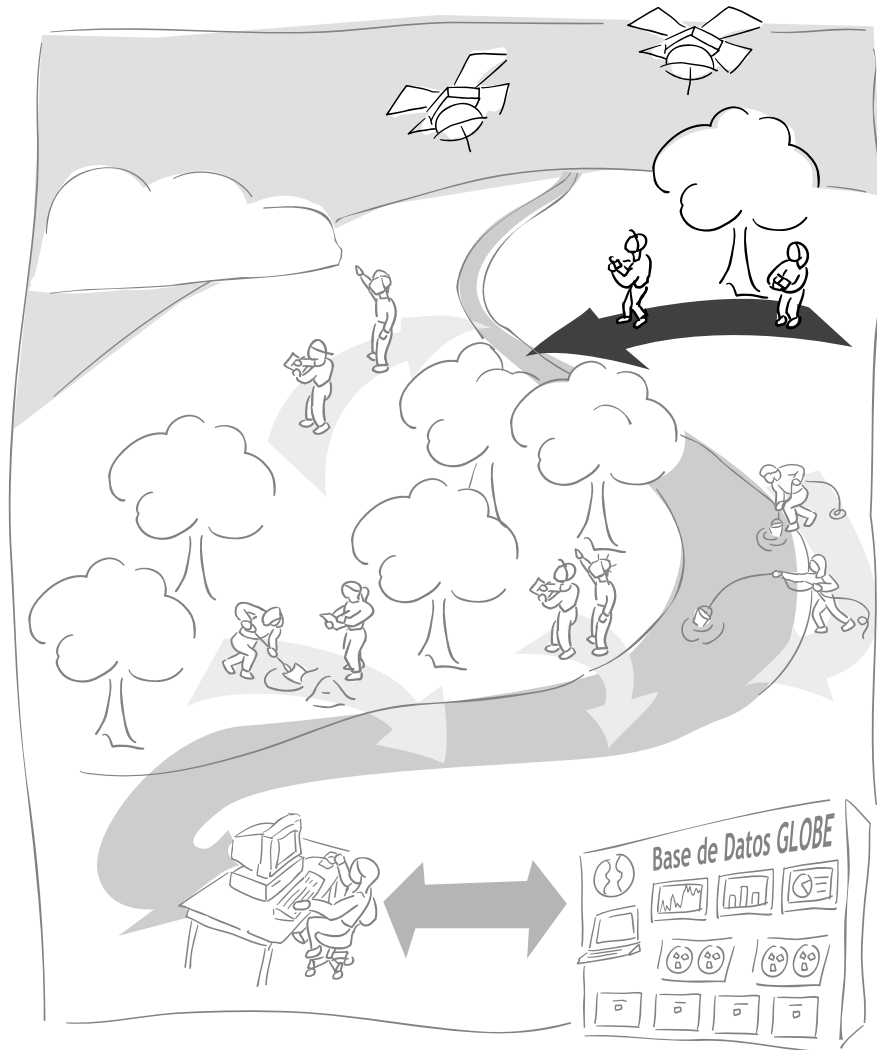


# Investigación con GPS



Una Investigación de Aprendizaje de GLOBE™



# Un Vistazo a la Investigación con GPS



## Protocolo

Mediciones por una sola vez:

Tiempo de registro inicial y promedios de latitud, longitud y elevación para los siguientes Sitios de Estudio:

Atmósfera, Hidrología, Cobertura Terrestre y Biología, Caracterización de Suelos, Humedad de los Suelos y su colegio que constituye el centro de su Sitio de Estudio GLOBE.

## Secuencia Sugerida de la Investigación con GPS

Reserve un receptor GPS en GLOBE tan pronto como sea posible. Los detalles se encontrarán en la sección de *Protocolo* bajo *Cómo Realizar su Investigación GPS*.

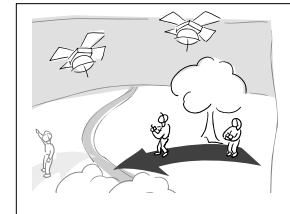
Lea el segmento titulado *Bienvenido a la Investigación con GPS*.

Saque copias de la carta y entrevista de los científicos y distribúyalas entre sus estudiantes.

Lea el Protocolo para familiarizarse exactamente con las medidas y cómo efectuarlas.

Antes de que llegue el receptor GPS, determine la ubicación de cada uno de los lugares de estudio bajo GLOBE, empleando las imágenes de satélite tomadas desde el Landsat, otros recursos impresos (mapas, atlas, etc.) y observaciones de campo.

Cuando reciba su receptor GPS, pida a los estudiantes que lleven a cabo algunas mediciones de prueba alrededor del colegio, siguiendo los procedimientos contemplados en GPS, según se define en la sección Protocolo. Cuando usted y sus estudiantes se sientan cómodos con el funcionamiento del receptor, trasládase a los Sitios de Estudio GLOBE, siguiendo los Protocolos, asuma la posición debida para efectuar las mediciones en cada sitio.



Reporte sus resultados a GLOBE tan pronto como le sea posible, luego de terminar con las mediciones y cálculos.

Si uno o más de los lugares están bajo el follaje de árboles, lleve a cabo la Actividad GPS mediante los procedimientos para tomar las *Mediciones de GPS Desplazado* y definir la ubicación correcta del lugar. Aparte del protocolo, esta sería la única actividad para la cual es necesario contar con un receptor GPS.

Si sus estudiantes tienen dificultades para realizar las mediciones, o se interesan en otras actividades relacionadas con los sistemas de posicionamiento global, refiérase a una o más de las actividades que acompañan (*Direcciones Relativas y Absolutas, Trabajando con Angulos y Cuál es la Respuesta Correcta?*) y lleve a cabo los ejercicios.

Devuelva el receptor GPS a GLOBE tan pronto como le sea posible. Nuevamente, las instrucciones se encontrarán en la sección de *Protocolo GPS*, bajo *Cómo Realizar su Investigación con GPS*. ¡Buena suerte y que lo disfruten!



## Notas Especiales

Los receptores GPS se entregan en calidad de préstamo y deben devolverse a GLOBE. También se podría encontrar un receptor GPS localmente.

# Tabla de Contenido



## ***Bienvenidos a la Investigación con GPS***

Carta del Científico a los Estudiantes .....	Bienvenida - 4
Conozca al Dr. Whit Smith .....	Bienvenida - 5



## ***Introducción***

La Gran Imagen .....	Introducción-1
Preparación para el Campo .....	Introducción-2
Objetivos de Aprendizaje del Estudiante .....	Introducción-2
Evaluación de los Estudiantes .....	Introducción-3

## ***Protocolos***

Cómo Realizar su Investigación con el GPS .....	Protocolos-2
Protocolo de Mediciones Básicas con el GPS .....	Protocolos-4
Protocolo de Equivalencias de GPS .....	Protocolos-8



## ***Actividades de Aprendizaje***

Cuál es la Respuesta Correcta? .....	Aprendizaje- 2
Direcciones Relativas y Absolutas .....	Aprendizaje-11
Trabajo con Angulos .....	Aprendizaje-21
Navegación Celestial .....	Aprendizaje-27



## ***Apéndice***

Hoja de Trabajo de Datos de la Investigación con GPS .....	Apéndice-2
Hoja de Trabajo de Datos de Equivalencia .....	Apéndice-3
Glosario .....	Apéndice-4
Hoja de Ingreso de Datos en la Web de GLOBE .....	Apéndice-7



# Carta del Científico a los Estudiantes



Queridos Estudiantes de GLOBE,

Actualmente estamos viviendo en el límite de los recursos disponibles de nuestro planeta y necesitamos ser buenos administradores del medio ambiente que Dios nos ha dado. El Programa GLOBE les ofrece a ustedes la oportunidad de participar con nosotros, mientras aprendemos, más sobre el mundo que nos rodea.

Uno se siente bien cuando se interesa en comprender nuestro medio ambiente, pero podemos hacer mucho más que simplemente sentirnos bien. Cuando tomamos medidas científicas, podemos añadir números a diferentes asuntos, lo cual nos permite compararlos objetivamente. Cuando hacemos esto, podemos asegurar que estamos tomando decisiones razonadas sobre cómo queremos dirigirnos nosotros mismos.

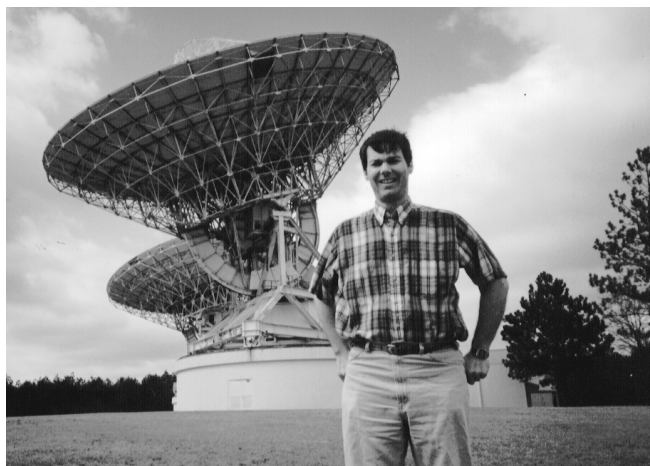
Yo soy un científico del Programa GLOBE que les ayudará a usar la técnica de navegación satelital que se conoce como Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Ustedes estarán utilizando un aparato portátil que recibe señales rítmicas enviadas por satélites que se encuentran a 20.200 km. de altura en el espacio y que mide la latitud y la longitud en la que ustedes se encuentran, con tal precisión que puede tomar una fotografía de su casa o escuela. Cuando reporten las medidas de su posición, estarán ayudando a los científicos y estudiantes que participan en el programa GLOBE a relacionar geográficamente todas tus medidas GLOBE.

Por favor, traten de mantener la exactitud de los datos cuando hagan las mediciones GLOBE y cuando reporten los datos. Si alguien dice que no está interesado en la ciencia o en la calidad, pregúntenles otra vez cuando una persona, por quien se preocupa, se enferma y luego se cura con un antibiótico, o inclusive la próxima vez cuando eche el agua del inodoro. Esta es la oportunidad de poner en uso su ciencia, las matemáticas y la geografía y contribuir al esfuerzo para entender mejor cómo funciona nuestro mundo.

Muchos técnicos están trabajando en este programa, pero dependemos mucho de ustedes porque son expertos en su lugar de residencia. Espero muy pronto trabajar con ustedes y ver los frutos de todo nuestro trabajo.

*Whit Smith*

Whit Smith, Ph.D.  
Ingeniero en Investigación Superior  
Escuela de Ingeniería Eléctrica  
Georgia Tech.  
Atlanta, Georgia 30332  
USA



# Conozca al Dr. Whit Smith

Duplicar y distribuir a los estudiantes.

Entrevista con el Científico

Bienvenida

Introducción

Protocolos

Actividades de Aprendizaje

Apéndice

El Dr. Smith es un Ingeniero de Investigación en el Georgia Tech en Atlanta, Georgia, USA.

**GLOBE:** *¿Qué tipo de datos necesita usted y por qué los necesita?*

**Dr. Smith:** Yo necesito los datos de la latitud, longitud y elevación sobre el nivel del mar en donde ustedes se encuentran para poder ubicarlos con una imagen satelital. Los otros científicos necesitan saber el sitio donde están exactamente con esos datos para poder comparar las mediciones hechas en su área, con las desarrolladas en otros lugares.

**GLOBE:** *¿Por qué no referirse directamente a los mapas?*

**Dr. Smith:** Nosotros queremos poner a ustedes en imágenes satelitales. El tamaño de cada elemento fotográfico o pixel de una imagen de satélite Landsat mide 30 m por lado en la realidad. Cuando se usa un mapa topográfico, es muy difícil lograr una precisión de aproximadamente 30 m.

**GLOBE:** *¿Podrá reemplazar algún día el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) a una brújula portátil?*

**Dr. Smith:** No, el GPS no indica direcciones. El GPS le dice dónde está. Las brújulas indican direcciones pero no le dicen donde están, así que se necesitan los dos aparatos.

**GLOBE:** *¿Los estudiantes han utilizado anteriormente la tecnología del GPS?*

**Dr. Smith:** Sí, muchos han usado antes el GPS para otros proyectos, tales como Boy Scouts o actividades de excursionismo. Toda persona que haya navegado en un bote o volado en un avión

**GLOBE:**

**Dr. Smith:**

**GLOBE:**

**Dr. Smith:**

**GLOBE:**

**Dr. Smith:**

**GLOBE:**

**Dr. Smith:**

**GLOBE:**

**Dr. Smith:**

**GLOBE:**

**Dr. Smith:**

puede haber usado este aparato.

*Cuéntenos sobre usted mismo. ¿Dónde creció usted?*

Yo nací en un pequeño pueblo al este de Carolina del Norte, que se llama Goldsboro y allí asistí a la escuela y al colegio.

*¿Tiene usted familia e hijos?*

No, y tampoco tengo mascotas. Yo tengo muchos estudiantes.

*¿Cuándo comenzó a interesarle la Ciencia?*

Siempre he estado interesado en la ciencia y la tecnología, tal vez porque la ciencia es una búsqueda de la verdad. Siempre me han interesado las cosas de tipo eléctrico o mecánico. Cuando asistí a la Escuela de Ingeniería Eléctrica, lo que me pareció más interesante fue la radio y las comunicaciones.

*Si hay algo de su ciencia que aún quisiera conocer ¿qué sería?*

Me gustaría tener un mejor entendimiento del electromagnetismo -cómo interactúan los campos eléctrico y magnético y la probabilidad. Esa fue siempre una materia difícil para mí. Incluso las personas que sacan buenas notas en esas cosas tal vez no las entiendan realmente.

*¿Qué es lo que usted quiere conocer acerca de la electricidad?*

Me gustaría lograr un entendimiento lo más profundo posible sobre cómo funciona la electricidad. Nosotros sabemos que la electricidad trabaja, pero realmente no sabemos cómo lo hace.

*¿Es posible llegar a conocer eso?*

Lo dudo. Hay infinidad de cosas, dentro de cada infinidad de cosas, que necesitamos entender, así que si uno puede



entender, aunque sea un poquito de ello, lo está haciendo bien.

**GLOBE:** *Usted es un Ingeniero de Investigación: ¿cómo se correlaciona esto con lo científico?*

**Dr. Smith:** La fuerza es igual a la masa por la aceleración. Esto funciona, pero tomó mucho tiempo el poderlo reconocer. Los científicos aplican esas leyes y obtienen cosas de ellas. El proceso científico, que también lo usan los ingenieros, consiste en idear una hipótesis de algo y entonces probar si es verdad o no. Una vez que se ha encontrado una verdad general, entonces se puede utilizarla. Los ingenieros utilizan esas verdades para hacer cosas útiles.



**GLOBE:** *Entonces, ¿usted está aplicando ese conocimiento para crear nuevas tecnologías?*

**Dr. Smith:** Yo busco ese conocimiento y también lo aplico. Cuando estoy buscando ese conocimiento, soy un científico; cuando lo estoy aplicando, soy un ingeniero.



**GLOBE:** *¿Hay algún gran logro que usted recuerde?*

**Dr. Smith:** Hace tres años, me entregaron un par de enormes antenas de satélite que medían diez pisos de altura y 100 pies de diámetro. Eran más grandes que la mayoría de los edificios y pertenecían a la empresa AT&T.



**GLOBE:** *¿Esas antenas le fueron encargadas a usted?*

**Dr. Smith:** Sí, estaban situadas en un campo de maíz, a unas 65 millas al sur de Atlanta. La empresa Georgia Tech adquirió las antenas. A mi me dijeron “vaya y haga algo con las antenas” y yo dije: “Bueno, pero ¿qué?”. Ellos dijeron, “algo”. Y les dije, “Muy bien”. Entonces recluté a un grupo de estudiantes para ver si podíamos armar algún equipo



de radio y escuchar el ruido que viene de las estrellas o comunicarnos con los satélites. Dos años más tarde pudimos dirigir esas antenas hacia Júpiter en el momento en que el cometa Shomaker-Levy se estrelló en el verano de 1994. Medimos el ruido que vino desde Júpiter y lo correlacionamos con el impacto del cometa. De esta manera, los estudiantes y yo fuimos capaces de desarrollar facilidades para la radio astronomía y las comunicaciones satelitales libres de interferencias. Ese fue un gran logro.

**GLOBE:** *¿Cómo es su día normal?*

**Dr. Smith:** No tengo un día típico. Lo sábados voy con mis estudiantes a mis antenas. Un estudiante puede estar instalando un motor para hacer girar a la antena y otro puede estar trabajando en conectar ese motor a una computadora.

**GLOBE:** *Cuando Usted dice un motor ...*

**Dr. Smith:** Me refiero a un motor eléctrico del tamaño de un tarro de basura que cuando entra en funcionamiento puede hacer girar un edificio de diez pisos. Estas antenas son enormes platos de satélite. Yo puedo apuntarlos hacia arriba, hacia abajo, hacia la derecha o la

izquierda. Así son los sábados. Durante la semana, debo estar dictando clases o discutiendo con mis estudiantes sus asuntos. Tengo muchas reuniones para el programa GLOBE y otros programas. Además gasto algún tiempo escribiendo programas para computadoras, reportes y haciendo análisis.

- GLOBE:* ¿Tiene usted un laboratorio?
- Dr. Smith: Las instalaciones de la antena son mi laboratorio. Tenemos laboratorios en el Campus en los que diseñamos, construimos y probamos los equipos que vamos a instalar en la antena, pero las instalaciones son realmente nuestro laboratorio.
- GLOBE:* ¿Quiénes fueron sus héroes cuando estaba creciendo?
- Dr. Smith: Los astronautas
- GLOBE:* ¿Tiene algún héroe hoy en día?
- Dr. Smith: Probablemente algunos personajes bíblicos que mostraron mucha fuerza y fe.
- GLOBE:* ¿La fe es importante en su trabajo?
- Dr. Smith: Sí. Es importante en cualquier cosa que alguien haga. Pararse en el piso y esperar que éste te sostenga requiere de alguna fe.
- GLOBE:* ¿Cuáles son las recompensas de la ciencia?
- Dr. Smith: Si se puede ver algo nítido que se está haciendo, eso es agradable; pero en mi caso, yo estoy construyendo instrumentos para ayudar a otras personas a ver algo. ¿Cuáles son las recompensas de los datos que provienen del GLOBE? Bien, ver la brillante y sonriente cara de los estudiantes es para mi la mejor recompensa.
- GLOBE:* ¿Cómo se beneficiarán los

- estudiantes de su participación en el programa GLOBE?*
- Dr. Smith: Darse cuenta de que tienen algo que ver en la manera cómo el mundo trabaja, tanto en términos de naturaleza, como en su habilidad para utilizar tecnología y ciencia e influenciarlas. Yo pienso que la mayoría de los estudiantes ven a la ciencia como una misteriosa caja negra que no entienden. Sí hay algo de misterio en la ciencia, pero nos han dado unos regalos que nos permiten pensar sobre lo que ocurre a nuestro alrededor y observar y describirlo.
- GLOBE:* ¿Cree que los estudiantes necesitarán un entrenamiento básico en ciencia y tecnología ahora que estamos entrando en el siglo XXI?
- Dr. Smith: Sí. Hay gente que tiene miedo de la ciencia y de la tecnología y gente que está tratando de involucrarse en ellas. La gente que no está tratando de trabajar con la ciencia y la tecnología puede convertirse en el futuro en ciudadanos de segunda clase. Si toman una actitud de “yo no sé programar mi VHS y estoy orgulloso de ello”, van a tener muchos menos recursos que otras personas. Tu puedes ver que eso ya está sucediendo ahora... Hay gente que trabaja con computadoras y gente que no lo hace.
- GLOBE:* ¿Qué le diría a un estudiante que quisiera entrar en su campo?
- Dr. Smith: La ciencia y la ingeniería son campos que requieren un compromiso sustancial de tiempo y esfuerzo. La gente que ingresa en estas profesiones y experimenta el placer del descubrimiento, va a estar satisfecha con sus carreras.
- GLOBE:* ¿Tiene usted un consejo para los estudiantes que están interesados en



*involucrarse en la ciencia?*

Dr. Smith: Traten de encontrar a adultos experimentados que estén dispuestos a ser sus consejeros. Hablen e interactúen con ellos y traten de construir algo.



GLOBE: *¿Tuvo usted algún consejero cuando era estudiante?*

Dr. Smith: Un ingeniero de mayor edad fue sumamente útil para mí. Me hubiera gustado ingresar a la radio amateur cuando era joven, pues así hubiera conocido a una comunidad de gente que sabía sobre ciencia y tecnología.



GLOBE: *Entonces, ¿cuándo usted era un estudiante, tenía ya el sentimiento de que esa era la dirección que debía seguir?*



Dr. Smith: Cada generación tiene sus temas. Durante la Segunda Guerra Mundial, ese tema fue el totalitarismo. Luego fue el miedo a la guerra nuclear. En los Estados Unidos, en los años 60, la gente joven se cuestionaba y se revelaba contra la autoridad institucional. En los 70 y 80 la gente comenzó a interesarse en los temas ambientales. Si la gente está interesada en los temas ambientales, entonces un mecanismo de habilitación puede ser el aprender sobre las consecuencias científicas de los temas ambientales. En la ciencia y la ingeniería se aprende cómo poner números a cosas o eventos, de tal manera que se puedan hacer mediciones y conocer cuantitativa y objetivamente lo que está pasando. Por ejemplo, se puede apoyar el uso de la energía solar, pero tal vez uno no sabe de qué se está hablando. Pero si se es un ingeniero o un científico y se



sabe que un kw de energía solar cae en cada m<sup>2</sup>, que 1 m<sup>2</sup> de células solares cuestan tantos dólares y tiene una eficiencia del 10%, de tal manera que se obtienen 100 wats de electricidad por cada metro cuadrado, entonces, se puede saber cuánta electricidad se puede obtener a partir de la energía solar. Los que saben poner números a esto, pueden imaginarse cuánto costará y harán planteamientos inteligentes sobre algún mecanismo que influya sobre el mundo y la biósfera.

GLOBE: *¿Cuál es la actual frontera de su campo?*

Dr. Smith: Las dos áreas más grandes de la ingeniería eléctrica son la comunicación personal (como agendas de bolsillo y teléfonos celulares) y los instrumentos ópticos, como la fibra óptica y las computadoras operadas con la luz. Se puede poner una increíble cantidad de datos en una simple fibra de vidrio más delgada que un cabello.

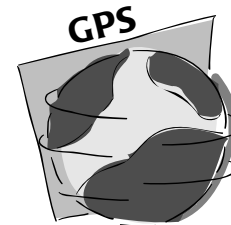
GLOBE: *¿Existen límites para lo que la ciencia puede descubrir?*

Dr. Smith: Mucha gente ve a la ciencia como un intento de tratar de robar los misterios de Dios. Los científicos nunca lo sabrán todo y no hay nada de malo en dejar unos pocos misterios sin resolver. Hay infinidad de oportunidades para hacer algunas cosas con lo poco que conocemos. Yo creo que somos administradores de este mundo y no es irrazonable para nosotros, y de hecho es razonable, tratar de entender el mundo y de tratarlo bien. En esto es en lo que pueden ayudar los estudiantes. Sus datos nos ayudarán a comprender cómo funciona nuestro mundo, de tal manera que podamos tomar decisiones inteligentes.



# Introducción

## La Gran Imagen



### **Visión General**

El receptor de un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es un aparato portátil que recibe datos directamente de los satélites. Con un receptor GPS, los estudiantes pueden determinar su posición, medida en términos de longitud y latitud, casi en cualquier parte del mundo, con una precisión de 100 m. Si obtienen el promedio de varias mediciones, normalmente podrán determinar su posición con un error de 30 m, el cual es del tamaño de un pixel en una imagen Landsat. Así, los estudiantes pueden determinar la latitud y longitud de sus Sitios de Estudio GLOBE, que miden 30 x 30 m, con suficiente precisión como para poder identificar, en las imágenes Landsat, los pixels que les corresponden.

En verdad, los estudiantes van a usar datos satelitales. Si bien el GPS fue diseñado para objetivos militares, en la actualidad, principalmente, se utiliza en aplicaciones civiles. Como una parte del Programa GLOBE, queremos que los estudiantes determinen la latitud y longitud de su escuela y de sus sitios de estudio. Estos datos van a servir para ubicar los lugares en los que realicen sus mediciones sobre la biósfera y para ser utilizados por los científicos y estudiantes a lo largo del mundo. Si usted no tiene un receptor GPS, el Programa GLOBE puede ayudarlo prestándole uno. Si usted está en una escuela GLOBE dentro de los Estados Unidos, el Programa GLOBE le puede enviar a su dirección un receptor GPS portátil. Si usted no es parte de una escuela GLOBE en los Estados Unidos, entonces puede pedir prestado un receptor GPS al Coordinador de GLOBE en su país. Vea Investigación con el GPS Parte II para los detalles.

### **Satélites**

Existen muchos tipos de astronaves. Astronaves científicas no tripuladas como el Magallanes, el Vikingo y el Galileo han sido enviadas a Venus, Marte y Júpiter para hacer mediciones físicas y enviar esos datos a la Tierra. Los Voyager I y II continuaron hacia fuera del Sistema Solar en los años 80 después de haber observado algunos de los planetas más externos. En 1995, el Galileo dejó caer una sonda en la atmósfera de Júpiter. Mientras

pasaba a través de la atmósfera, de ese planeta, soportando altas presiones atmosféricas y temperaturas, la sonda transmitió la información de sus sensores al Galileo, el cual la envió a su vez a la Tierra.

Vehículos espaciales tripulados tales como los de la serie Apolo, Space Shuttles y la Estación Espacial MIR, llevan gente a bordo. A diferencia de las naves no tripuladas, estos vehículos necesitan proveerse de una atmósfera, controlar la temperatura, comida y otras cosas necesarias para mantener la vida humana dentro de la nave. Por estas razones y otras de seguridad, las naves tripuladas típicamente son mucho más caras y complejas que las naves no tripuladas. Sin embargo, la presencia de personas en el espacio nos da la oportunidad para que el ingenio humano pueda manejar eventos imprevistos y nos permita experimentar y disfrutar de la sensación de estar en el espacio.

Un objeto espacial que se encuentra en órbita alrededor de un cuerpo más grande se conoce con el nombre de Satélite. Cuando la sonda Galileo llegó a Júpiter y comenzó a disminuir su velocidad para entrar en órbita alrededor del planeta, se convirtió en un satélite de Júpiter. Cuando lanzamos un satélite en una órbita alrededor de la Tierra, este se convierte en un satélite artificial, así como nuestra Luna es un satélite natural de la Tierra. Estos satélites artificiales que orbitan la Tierra cumplen con una variedad de funciones, tales como telefonía de larga distancia, televisión y comunicación, observación del clima y de los recursos naturales, vigilancia militar y mediciones científicas básicas.

Nuestra Luna está a 384.500 km. de la Tierra y necesita más o menos un mes para completar una órbita alrededor de la Tierra. Debido a limitaciones de combustible o a un deseo de hacer mediciones cercanas, los Space Shuttles y algunos satélites de observación están solo a unos pocos kilómetros sobre la Tierra. Estos satélites de órbita baja necesitan un mínimo de 90 minutos para completar una órbita alrededor de la Tierra. Los satélites de comunicaciones están en órbitas a 35.792 km. sobre la Tierra. A esa altitud, esos

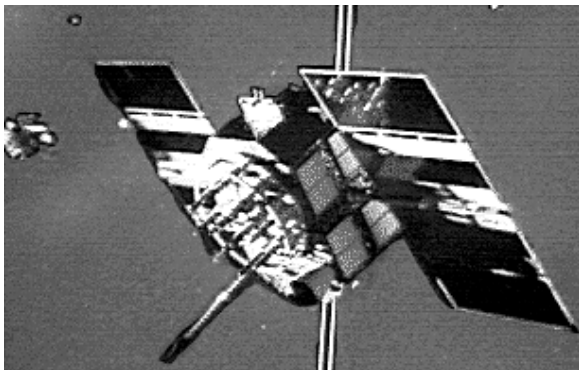


Figura GP-I-1: Un Satélite del Sistema de Posicionamiento Global

satélites necesitan exactamente un día para orbitar la Tierra. Este tipo especial de órbita se conoce con el nombre de Órbita Geosincronizada (Órbita Geoestacionaria). Un satélite que sigue una órbita geoestacionaria siempre parece estar en el mismo sitio si es observado por una persona en la Tierra. De esta manera, una antena que apunte a un satélite geoestacionario no necesita moverse.

Compare esto con un Space Shuttle que puede pasar de un horizonte a otro en unos minutos, o con la Luna que necesita de un mes para moverse a través del cielo.

### **Satélites del GPS**

El Sistema de Posicionamiento Global consiste en una serie de satélites, estaciones terrenas de control y usuarios que posean receptores GPS. Ver la Figura GP-I-1. Estos satélites no son tripulados y son lanzados por cohetes desechables que los ponen en órbita. Existen 24 satélites del GPS en órbitas que se encuentran a 20.200 km. sobre la superficie de la Tierra. A esa altitud, los satélites necesitan aproximadamente 12 horas para completar una órbita. Estos satélites están espaciados en sus órbitas de tal manera que por lo menos cuatro de ellos siempre están a la vista de un observador terrestre en cualquier parte de la Tierra.

Utilizando la energía de células solares, los satélites del GPS tienen una computadora de control y se comunican con la Tierra a través de señales de radio. Cada satélite contiene cuatro relojes atómicos que son tan precisos que solo se retrasan un segundo cada 150.000 años. Estos relojes generan las señales de tiempo que son transmitidas desde cada satélite. El programa que es ejecutado

por la computadora que se encuentra en el receptor de GPS, procesa las señales recibidas de al menos cuatro de los satélites de GPS para determinar la latitud, longitud y elevación a la que se encuentra el receptor. Este puede estar en la tierra, en el aire, en el mar o en el espacio.

Como un testimonio de su popularidad y utilidad cada vez mayores, el Sistema de Posicionamiento Global apareció como artículo principal en la revista *Scientific American* de febrero de 1996 (volumen 274, número 2, páginas 44-50).

## **Preparación para el Campo**

Tal vez el equipo más complicado que usan los estudiantes en el Programa GLOBE son los receptores GPS. Algunas de las actividades en esta investigación van a usar el receptor GPS que los profesores y sus escuelas pueden pedir prestado por una semana a GLOBE. La mejor manera de comenzar a usar este instrumento es tener un sólido conocimiento de ciencias y matemáticas y del proceso científico. Use la investigación con el GPS para integrar la ciencia de GLOBE a otras disciplinas como los estudios sociales (desde la Historia hasta la exploración del desarrollo de las semejanzas y diferencias entre distintas culturas y personas), las matemáticas y las artes visuales, con énfasis en las aptitudes de observación y memorización.

## **Objetivos de Aprendizaje del Estudiante**

### **Conceptos Científicos**

Las preguntas conceptuales que dan marco a la investigación con el GPS son básicas con lo que somos.

1. ¿Dónde estoy?
2. ¿Cómo lo sé?

Un enfoque sistemático de trabajo hacia estas preguntas cubrirá:

1. *Descripciones geográficas relativas y absolutas de la ubicación.* Desde una descripción relativa (“yo estoy en la escuela”), pasando por rumbos menos

relativos (norte, sur, este, oeste) hasta un marco de referencia absoluto (latitud y longitud).

2. *La Tierra y sus satélites.* Satélites artificiales, naturales y el papel del GPS en la navegación.
3. *Calidad de datos e instrumentación.* ¿Cómo y por qué usamos estos instrumentos y cómo debemos confiar en los datos?
4. *Matemáticas.* Desde la medición hasta la geometría y la trigonometría.

### **Destrezas Sobre el Proceso Científico**

En la investigación con el GPS los estudiantes van a:

*Observar* críticamente las cosas

*Identificar* patrones para determinar semejanzas y diferencias en las observaciones

*Formular* preguntas basadas en sus observaciones

*Expresar* y registrar observaciones sistemáticamente

*Manipular, analizar e integrar* observaciones y datos

*Inferir* conclusiones basadas en las observaciones y los datos

*Comunicar* observaciones, preguntas y pensamientos

## **Evaluación de los Estudiantes**

La investigación del GLOBE da interesantes oportunidades para que los estudiantes se vean embebidos en las ciencias y las matemáticas. Sus preocupaciones como profesor deben incluir el conocer cómo sus estudiantes van cambiando durante el proceso -cómo progresan más- y cómo están llevando a cabo algún protocolo. Si bien el rendimiento es obviamente importante, y considerando la preocupación general por la seguridad de los estudiantes, el costo de ciertos instrumentos y la necesidad de datos precisos, la verdadera clave educacional es el desarrollo de actitudes sistemáticas y críticas para alcanzar los puntos descritos arriba como destrezas sobre el proceso científico.

Evalúe a los estudiantes de la siguiente manera:

1. *Observaciones:* ¿Pueden los estudiantes darse cuenta y clasificar detalles? ¿Pueden describir lo que observan?
2. *Comparación y contraste:* ¿Pueden encontrar similitudes y diferencias entre lo que están observando ahora y lo que observaron antes? ¿Cómo presentan los datos relativos a pasadas experiencias? En otras palabras, ¿en dónde encuentran hechos similares? ¿Pueden los alumnos explicar las diferencias, por ejemplo, entre latitud y longitud, entre localizaciones o entre enfoques matemáticos hacia los problemas?
3. *Cuestionamiento:* ¿Pueden hacer preguntas a otros estudiantes, a los profesores o a otras personas de la comunidad, incluyendo a la comunidad científica? ¿Registraron las preguntas que hicieron? Anímelos a hacer pruebas para escribir preguntas de manera imprevista.
4. *Registros:* Tal vez la manera más fácil de evaluarlos en cuanto a sus destrezas, aptitudes y conceptos es ver cómo registran datos, tanto en el campo durante la actividad, como después de ella. Evalúe cómo registran sus pensamientos, observaciones e incluso preguntas, tanto durante la actividad, como después de ella, a través de sus Cuadernos de Ciencia GLOBE, sus reportes y sus ensayos (tanto escritos como orales). El estudiante joven puede hacer sus registros con fotos. Las discusiones sobre las fotos van a agudizar los procesos de sus pensamientos. Además, los registros pueden variar desde audio y vídeo, para todos los niveles de estudiantes, hasta copias de los mensajes del correo GLOBE y gráficos en computadora.
5. *Pensamiento crítico y conceptual:* ¿Elegirán los estudiantes ir más allá del esquema de preguntas y pautas del registro de datos, para generar sus propios modelos, plantear sus propios problemas y resolverlos? Si bien, para usted, puede resultar más fácil plantear problemas matemáticos para los estudiantes, podría



formular preguntas del tipo “¿qué pasaría si...?” o “¿por qué...?”. Actividades como el modelaje de los satélites o la compensación de las mediciones con el GPS, estimulan el pensamiento crítico en los estudiantes. Observar y evaluar a los alumnos en el proceso, en cuanto a su enfoque, su efectividad y su perseverancia va a ser útil. Además, ¿pueden ellos evaluar la situación dada por usted en cualquier momento?

6. *Comunicación.* Más que ninguna otra, la comunicación es probablemente la aptitud más importante para el futuro éxito de un estudiante, y es también la más difícil de evaluar.

Es imprescindible evaluar las destrezas de lenguaje. Asimismo, las destrezas relacionadas con comunicación matemática y las relaciones interpersonales durante las actividades son de vital importancia en todas las edades.

El uso de procesos de evaluación de calidad educacional puede estimular a los estudiantes y marcar una diferencia significativa en su desarrollo.

# Protocolos



***Los Estudiantes Deben Aprender lo Básico del GPS.***

***Obtenga un Receptor GPS de GLOBE u otra Fuente.***

***Practique la Toma de Mediciones de GPS Cerca del Colegio.***

***Suministre sus Datos GPS a GLOBE.***

***Devuelva el Receptor GPS.***

# Cómo Realizar su Investigación con el GPS



## Preparación

### Sitios para la investigación

Los estudiantes deben determinar la latitud, longitud y elevación de su escuela, que es el centro de su Sitio de Estudio GLOBE y de sus Sitios de Estudio de Atmósfera, Biología, Hidrología y Humedad de los Suelos y de cada uno de los sitios de toma de muestras para la Cobertura Terrestre y la Caracterización de los Suelos. El Programa GLOBE pone a su disposición un receptor GPS portátil. Ver la Figura GP-P-1. Antes de pedir prestado el receptor GPS, usted debe determinar los Sitios de Estudio GLOBE o de Toma de Muestras, donde los estudiantes realizarán sus mediciones el año que viene. Por lo general, no es posible pedir un GPS prestado a GLOBE más de una vez durante todo el año.

### Lugares para las Mediciones GPS

Sitio	Localización para la Medición con GPS
Escuela	Entrada Principal
Sitio de Estudio de la Atmósfera	Caseta de instrumentos y lugar del pluviómetro
Sitio de Estudio de Hidrología	Lugar de toma de muestra del agua superficial
Sitio de Estudio de Biología	El centro del sitio de 30 m x 30 m donde se realizan repetidas mediciones de biometría
Sitio de Muestreo de la Cobertura Terrestre	Centro de cada sitio de 90 m x 90 m donde se evalúa la cobertura terrestre
Sitio de Muestreo de Caracterización de los Suelos	Lugar del perfil del suelo
Sitio de Estudio de la Humedad de los Suelos	Centro de la estrella o la mitad de un transecto

Los Sitios del Estudio de la Atmósfera y de la Humedad de los Suelos deben tener una buena vista del cielo y, por lo tanto, una buena recepción de las señales de los satélites; los sitios con abundantes capas de árboles pueden ofrecer una pobre recepción del GPS para el estudio de Hidrología y Biología. La

ubicación de la escuela se determinará por la puerta delantera o la entrada principal de la misma y, por lo general el edificio bloqueará, hasta cierto punto, la recepción de las señales de los satélites. Para resolver este problema, consulte el Protocolo Plasmear las Mediciones de GPS.

### Frecuencia

La latitud, longitud y elevación de cada sitio de estudio de toma de muestras, utilizando la tecnología del GPS, deben medirse y reportarse una sola vez.

### Instrumentos para las Mediciones con el GPS

El Programa GLOBE posee receptores GPS que son mantenidos por la Universidad Consorcio Navstar (UNAVCO). Para pedir prestado un receptor GPS, las escuelas en los Estados Unidos deben dirigir sus pedidos a UNAVCO. Los coordinadores de GLOBE de otros países pueden pedir prestado un receptor a UNAVCO para que puedan usarlo en sus escuelas GLOBE fuera de los Estados Unidos.

Los pedidos se deben enviar a:

Web: <http://www.unavco.ucar.edu/>

Correo electrónico:

[globe@unavco.ucar.edu](mailto:globe@unavco.ucar.edu)

Teléfono: (303) 497-8000

Fax: (303) 449-7857

Dirección: UNAVCO/UCAR

PO Box 3000

Boulder, CO 80307-3000

Por favor, devuelva los receptores prestados a:

UNAVCO/UCAR

3340 Mitchell Lane, Suite 393

Boulder, CO 80301

Usted puede tener acceso a otros receptores GPS a través de gente local aficionada a actividades al aire libre o de exploradores; asegúrese de que esos receptores cumplan con las especificaciones estipuladas en el "Juego de Herramientas". Algunas escuelas incluso han comprado sus propios receptores GPS, por lo que el precio de estos dispositivos se ha reducido. Debido a nuestro limitado número de receptores y a nuestro deseo de que usted utilice los aparatos disponibles, los datos obtenidos con otras marcas de receptores de GPS son aceptables. En cualquier caso, identifique sus receptores GPS en el momento en que ingrese sus datos de posición en la Hoja de Ingreso de Datos en la Web de GLOBE.



Figura GP-P-1: Un ejemplo de un receptor manual de GPS utilizado con fines ilustrativos. GLOBE no recomienda ninguna marca o modelo en particular.

La variación de localización del GPS utilizado en el Programa GLOBE está especificada para dar un error de 100 m, dado por el servicio de GPS del gobierno de los Estados Unidos. Para más detalles, vea la lista de sitios de instrucción sobre el GPS en el Internet. La UNAVCO tiene conocimiento de que el promedio de 15 mediciones tomadas a intervalos de un minuto con el receptor GPS, puede reducir el error a menos de 30 m.

Los ingenieros que construyeron y programaron el receptor GPS determinan su posición infiriendo las distancias a cuatro o más satélites, conociendo las ubicaciones de esos satélites y midiendo las diferencias, en billonésimas de segundo, de las señales del tiempo transmitidas por esos satélites. Muchos de los detalles acerca de cómo un GPS determina su posición están diseminadas a lo largo de las actividades de aprendizaje.

# Protocolo de Mediciones Básicas con el GPS



## Propósito

Determinar la latitud, longitud y elevación de la puerta principal o delantera de su escuela y de los Sitios de Estudio y de Muestreo GLOBE, siempre que la recepción de las señales del satélite no esté bloqueada por edificios o árboles.

## Visión General

El receptor GPS será utilizado para medir la latitud, longitud y elevación.

## Tiempo

15 minutos ó 60 minutos para cada sitio de estudio

## Nivel

Todos

## Frecuencia

Una vez

## Conceptos Claves

Mapeo de latitud y longitud

## Destrezas:

Lectura de mapas

Uso del receptor GPS

Uso de la longitud y latitud en el mapeo

## Materiales y herramientas

Un receptor GPS

Una copia de la Hoja de Trabajo del Protocolo de GPS

Un lápiz o pluma de escribir

## Preparación

Seleccione los sitios y lleve la unidad GPS y las hojas de registro de datos a los sitios de estudio.

## Prerequisitos

Ninguno

## Procedimiento

Cada medición debe tomar unos 25 minutos (en promedio) luego de haber llegado al sitio para las mediciones.

### Antes de la Medición

Decida dónde quiere llevar a cabo sus mediciones. Tenga en cuenta que obstrucciones, como la copa de un árbol, pueden reducir la calidad de la señal del satélite.

### Durante las Mediciones

1. Por lo menos dos estudiantes deben estar en el sitio de medición. Uno de ellos va a operar el instrumento y el otro va a registrar los datos en la Hoja de Trabajo.
2. Encienda el receptor. Haga rotar la antena de tal manera que quede en posición vertical. Después de un mensaje de introducción, el receptor mostrará en su pantalla la latitud, la longitud y la elevación previas, mientras se entrelaza con las señales de tiempo de los satélites. Usted puede sostener el receptor o asentararlo, pero no obstruya la vista de las antenas hacia el cielo. Vea en la Figura GP-P-

- 2 un diagrama del receptor GPS.
3. Espere hasta que el receptor le indique que ha conseguido al menos cuatro satélites y que tiene disponible una buena medición (lo cual significa que los dibujos de "2-D" y de "estatus" han desaparecido de la pantalla). Vea en la Figura GP-P-3 un diagrama de los íconos de estatus del receptor GPS. Por favor, fíjese en que los dibujos que se muestran en la Figura GP-P-3 son representativos de la marca de un fabricante. Los receptores de otras marcas pueden presentar dibujos diferentes.
4. A intervalos de un minuto y sin mover el receptor más de un metro, haga 15 registros de todos los símbolos y dígitos que muestre la pantalla para cada uno de los siguientes valores (registre estos datos en una copia de la Hoja de Trabajo de Datos de Localización del Sitio):
  - a) Latitud;
  - b) Longitud;
  - c) Hora;
  - d) Elevación;
  - e) Posición de los dibujos.
5. Apague el receptor.



## Después de la Medición

6. Obtenga el promedio de las 15 latitudes, longitudes y elevaciones

La Actividad de Aprendizaje de GPS “Trabajar con Angulos” le enseña a calcular el promedio de sus mediciones de ángulos. Además, la Hoja de Ingreso de Datos del GPS en la Web le señala una página que puede realizar las operaciones aritméticas para calcular el promedio.

7. Compruebe que los resultados tengan sentido.

Usted debe ser capaz de hacer una estimación aproximada de su latitud y longitud mirando un globo terráqueo o un mapa local. Si bien no es probable que el receptor señale algún error en los resultados (a menos que esté dañado), pero usted comprueba que esto ha ocurrido, contacte a UNAVCO para cambiar el receptor. Queremos que usted pueda hacer estas mediciones fácil y eficientemente y no queremos que instrumentos defectuosos se lo impidan.

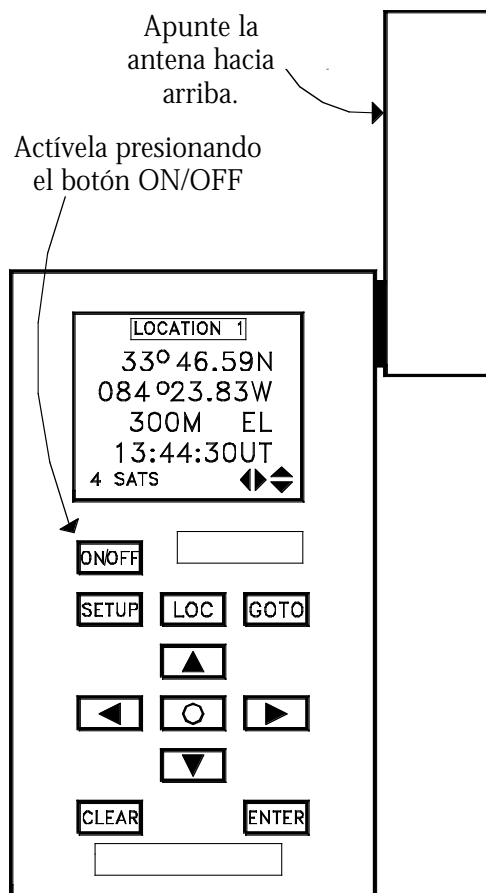


Figura GP-P-2: Diagrama de un ejemplo de un receptor de GPS

8. Copie y reporte todas las lecturas de GPS, como la localización de su Sitio de Estudio, al Archivo de Datos del Estudiante GLOBE.

Siga este protocolo para cada sitio. Las instrucciones son específicas para los receptores GPS que GLOBE presta actualmente. Por favor, fijese que otros receptores GPS pueden tener diferentes instrucciones. Por ejemplo la hora local varía en diferentes zonas horarias, los receptores GPS de UNAVCO vienen con su módulo de tiempo calibrado para mostrar la Hora Universal (TU) que es la misma de la hora promedio de Greenwich o la hora del paralelo 0° de longitud de la Tierra. No importa qué receptor GPS use usted, pero le recomendamos que estudie el Manual para los usuarios del fabricante de su receptor, para conocer acerca de las características o las soluciones a diferentes problemas no cubiertos en esta guía.

Si usted está utilizando otro receptor, adáptelo lo mejor que pueda a estas instrucciones, pero sea coherente. Un receptor diferente del que provee el Programa GLOBE a través de la UNAVCO debe tener la capacidad de:

- Expresar la latitud y la longitud en grados, minutos y décimas de minutos con una precisión de 0,01 minutos.
- Mostrar la hora en la pantalla, expresada en unidades de hora TU, minutos y segundos.
- Usar el mapa de datos WGS-84, y
- Mostrar la elevación en metros.

## ¿Qué Hacer si Tiene Problemas?

### Tiempo para encontrar suficientes satélites

Una vez activado el receptor GPS puede necesitar generalmente de 3 minutos (lo típico) a 20 minutos (a lo sumo) para localizar el número suficiente de señales de satélites para hacer la medición. Los receptores de la UNAVCO están empacados con baterías nuevas recién instaladas, pero si el receptor no se activa una vez que se ha pulsado el botón de ENCENDIDO/APAGADO, entonces puede ser que el receptor necesite nuevas baterías.

### El receptor no está mostrando la latitud o la longitud

El receptor tiene muchas funciones diferentes de la función principal de la pantalla “Localización 1” (Location 1) que aparece inicialmente cuando encendemos el receptor. Esas otras funciones se muestran en varias pantallas diferentes. Lea el manual que se adjunta al receptor y use libremente esas otras funciones, luego de haber tomado las

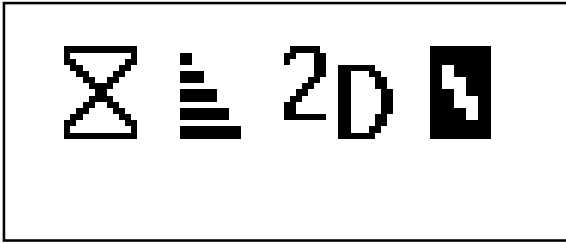


Figura GP-P-3: Imágenes e íconos de estatus que muestra la pantalla del receptor GPS que provee la UNAVCO

mediciones en sus Sitios de Estudio. La pantalla de “Localización 1” le mostrará la información sobre su posición, la que usted necesita para sus mediciones de localización.

Después de experimentar con otras pantallas del receptor presione el botón LOC para retornar a la pantalla “Localización 1”.

### Aparecen íconos de señal de estatus de poca calidad

No registre los datos si en la pantalla del receptor aparecen los íconos que se muestran en la Figura GP-P-3. Esos desaparecerán cuando el receptor tenga una buena vista del cielo, o si espera un poco o mueve ligeramente el receptor. Si usted se para demasiado cerca del receptor o si tiene un grupo de personas dando vueltas a su alrededor, esto puede bloquear la vista de los satélites y causar intermitentes pérdidas de la señal que van a provocar

que aparezcan los mensajes de mala calidad de imagen. Sitúe el receptor un poco alejado de usted o sosténgalo en alto. Si está bajo un espeso follaje o una densa capa de árboles, el receptor puede ser incapaz de localizar las señales de los cuatro satélites que necesita como mínimo. Debido a que los satélites se mueven en el cielo, usted puede tratar más tarde con mejores resultados. Si el problema persiste debido a la obstrucciones, lleve a cabo el Protocolo “Mediciones Equivalentes de GPS”.

Si usted no tiene acceso a la Hoja de Ingreso de Datos de Localización del Sitio de la Escuela o a la Hoja de Ingreso de Datos de la Selección de Sitios en el “Servidor de Datos del Estudiante GLOBE”, por favor envíe a la UNAVCO una copia de las Hojas de Trabajo completas para cada una de las mediciones de los sitios (la dirección se anotó arriba). Usted puede devolver esas hojas completas de datos junto con el receptor GPS, si para sus mediciones utilizó un receptor prestado por el Programa GLOBE a través de la UNAVCO. Guarde una copia de sus datos junto a otras observaciones que su escuela haya hecho para GLOBE.

Muchas escuelas a través del mundo están compartiendo un número limitado de receptores. Experimente y disfrute con su receptor prestado mientras lo tiene, pero, por favor, devuélvalo puntualmente para ayudar a otra escuela.

### Reporte de los Datos de las Mediciones con el GPS

Después de hacer las mediciones de campo con el GPS y de obtener el promedio de los datos de su posición, reporte los resultados a través de las “Hojas de Ingreso de Datos”. Copias de estas hojas se encuentran en los apéndices de las respectivas investigaciones en esta guía. El apéndice para esta investigación tiene la “Hoja para Ingreso de Datos de la Localización del Sitio de la Escuela”. La latitud y la longitud deben redondearse hasta el minuto 0,01 más cercano, que se presente en su receptor. Para cada uno de los sitios, los resultados requeridos incluyen:

Valor registrado	Unidades
Latitud promedio	[grados, minutos Ej., 35 grados 20,27 minutos norte]
Longitud promedio	[grados, minutos]
Elevación promedio	[metros]
Tiempo del registro inicial	[año, mes, día, hora y minutos TU]
Tipo de receptor	Número de la UNAVCO o del fabricante, modelo y número de serie
Otros	Información requerida



# Protocolo de Equivalencias de GPS



## **Propósito**

Determinar la latitud y longitud de un sitio donde un receptor GPS no está en capacidad de efectuar mediciones exactas.

## **Visión General**

Luego de identificar las ubicaciones donde se quiere conocer una latitud y longitud pero sin estar en posibilidad de efectuar mediciones GPS directas, los estudiantes se trasladarán hacia el norte o hacia el sur hasta que puedan lograr una exitosa medición con GPS en un lugar equivalente. Determinarán la latitud y longitud de la ubicación equivalente y la distancia entre los dos sitios. Entonces calcularán la ubicación del sitio deseado.

## **Tiempo**

Un período de clases

## **Frecuencia**

Una vez por sitio

## **Nivel**

Intermedio y Avanzado

## **Conceptos Claves**

La latitud y longitud de una ubicación puede inferirse partiendo de su relación con una ubicación cercana y conocida.  
Variación magnética.

## **Destrezas**

*Determinación* de su variación magnética local

*Utilización* de una brújula para determinar la ubicación del verdadero norte y el verdadero sur.

*Medición* de longitud empleando una cinta

*Determinación* de una ubicación equivalente de otra ubicación

*Sumar y restar* los ángulos medidos en grados y minutos.

## **Materiales y Herramientas**

Receptor GPS

Brújula magnética

Cinta métrica

Lápiz o pluma

Hoja de Trabajo de Datos de Equivalencias de GPS para registrar mediciones y computar resultados

## **Preparación**

Identificar sitios en los que le gustaría hacer medidas de ubicación GPS pero que no puede hacerlo debido a que la señal está bloqueada.

Determinar la variación magnética local (véase más abajo)

## **Prerequisitos**

Entendimiento del Protocolo GPS

Geometría

## **Antecedentes**

¿Qué pasaría si no pueden realizarse mediciones GPS de latitud y longitud en un sitio de estudio o de muestreo debido a que las señales del satélite GPS se ven obstaculizadas por el follaje espeso o un edificio? Véase Figura GP-P-5.

Puede trasladarse a una ubicación equivalente cercana desde donde el receptor GPS puede recibir las señales de satélite. Luego podrá determinar la ubicación de su sitio seleccionado midiendo la dirección en la brújula y la distancia que existe entre la ubicación equivalente y su propio sitio. En general, necesitará utilizar sus destrezas de

trigonometría para determinar la ubicación idónea. Sin embargo, si se restringen a moverse directamente hacia el norte o sur desde su sitio, podrá determinar la latitud y longitud de su lugar utilizando únicamente conocimientos de aritmética y algún conocimiento de nuestro planeta.

Nuestro planeta es casi una esfera. Todos los círculos de la circunferencia que cruzan la línea ecuatorial y cada polo son del mismo tamaño y se denominan meridianos. Al dividir la circunferencia de la Tierra, de 40.074 kilómetros para 360 grados, aprendemos que existen 111,32 kilómetros en un grado de circunferencia.

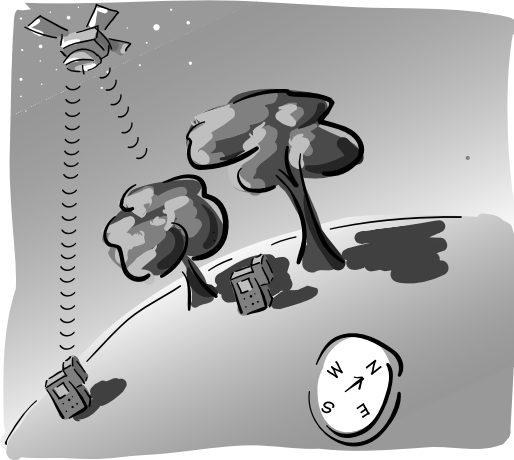


Figura GP-P-5: Vistas claras y bloqueadas de un satélite GPS

Al dividir nuevamente esta cifra para 60, aprendemos cuántos kilómetros o metros quedan comprendidos en un minuto de circunferencia (1,855 km/minuto ó 1855 metros/minutos). Los receptores GPS típicamente presentan las ubicaciones dentro de los 0,01 minutos más cercanos, lo que constituye 18,55 metros de latitud sobre la Tierra. (¿Por qué los receptores GPS presentan resultados al 0,01 minuto más cercano? Véase la Actividad GPS denominada *Trabajo con Angulos.*)

Al conocer la distancia hacia el norte o sur desde donde se encuentra su sitio, una ubicación de equivalencia le permite determinar la diferencia de sus latitudes. Para distancias típicamente de caminata, esto resultará en fracciones de un minuto.

### Variación Magnética

En la Tierra, los polos magnéticos de norte y sur no se alinean exactamente con los verdaderos polos norte y sur (junto con nuestro eje sobre el cual gira el planeta). En la actualidad, el polo norte magnético de la Tierra está desplazándose lentamente y está ubicado en los Territorios Occidentales del Norte

de Canadá, a alrededor de 11 grados de desvío con respecto al Polo Norte. Adicionalmente, las propiedades magnéticas de la composición de la Tierra varían ligeramente entre las diversas localidades, contribuyendo a una distorsión única del campo magnético de la Tierra en un lugar dado.

Consecuentemente, una pequeña variación típica de unos cuantos grados debe añadirse o restarse de las ubicaciones de la brújula magnética para determinar la dirección del verdadero norte. Esta variación magnética depende de su ubicación. Por ejemplo, cerca de la costa Atlántica de Carolina del Norte, en Estados Unidos, la aguja de la brújula apunta a alrededor de 8,5 grados hacia el oeste del verdadero norte. Durante el año reciente, esta diferencia varió en alrededor de un décimo de grado en Wisconsin, Estados Unidos, demostrando que los cambios substanciales pueden producirse en su propio tiempo de vida, convirtiendo rápidamente los cuadros y mapas contemporáneos en obsoletos debido a la variación magnética.

¿ Cuán importante resulta corregir esta posible fuente de error? Si usted tuviera que utilizar una brújula para viajar hacia el norte por unos 100 metros en la costa de Carolina del Norte, sin compensar los 8,5 grados en la variación magnética local, terminaría alrededor de 15 metros al oeste con respecto a la línea del verdadero norte. Si estaba tratando de identificar un pixel de Landsat en especial, de 30 por 30 metros, esto podría conducirlo, a mitad del camino, del pixel adyacente.

Usted puede aprender el valor y dirección de su variación magnética local, bien sea preguntando a un topógrafo local, o a alguien que utiliza cartas topográficas, náuticas o aeronáuticas, o bien buscando por usted mismo cartas de navegación similares.

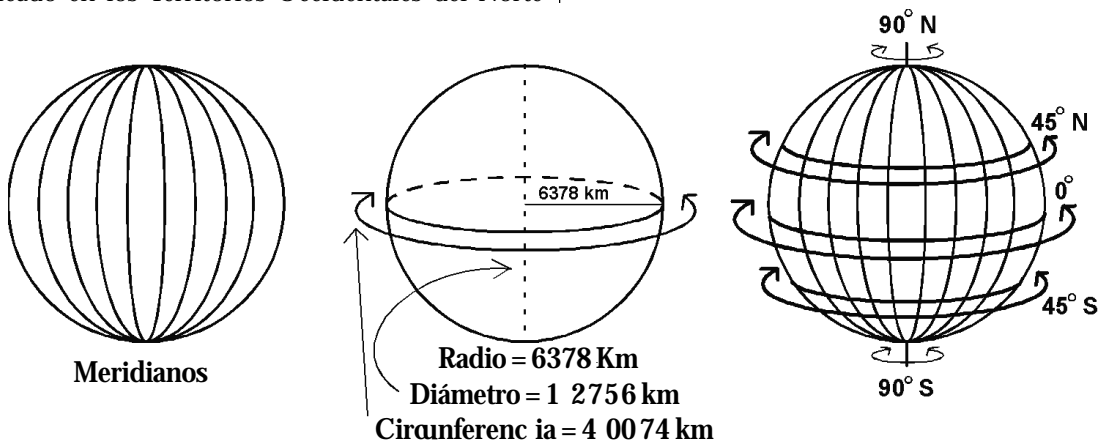
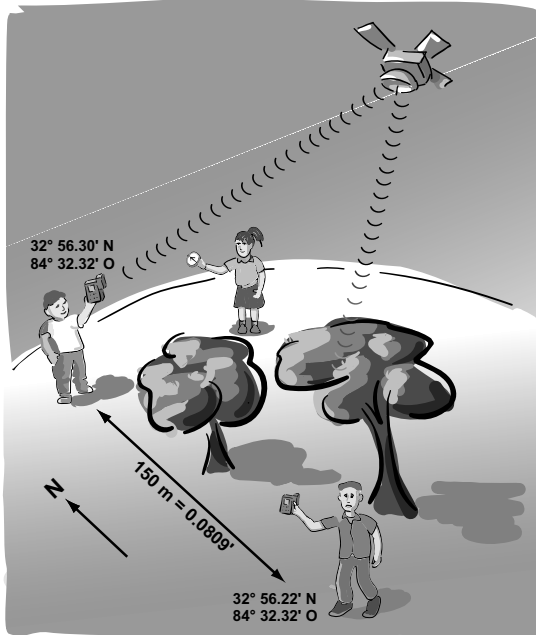


Figura GP-P-6 Meridianos, Dimensiones, Líneas de Latitud Constante.



Figura GP-P-7: Estudiantes realizan mediciones en la Hoja de Trabajo de Datos de Equivalencia de GPS. Figura GP-P-8



### Cómo Determinar la Ubicación Empleando las Lecturas de GPS de una Ubicación Equivalente

1. Determine cuál es su variación local magnética.
2. Vaya al lugar elegido por usted. Demárquelo. Trate de realizar el Protocolo GPS para confirmar que una buena medición GPS resulta difícil.

3. Utilice la brújula para determinar cuál es el norte magnético. Corrija esta dirección utilizando para ello su variación magnética local a fin de determinar el verdadero norte.
4. Muévase ya sea hacia el norte o sur para llegar a la zona abierta más cercana desde la cual pueda cumplir el protocolo GPS con todo éxito. Esta constituye su ubicación equivalente.
5. Cumpla el *Protocolo de Medición GPS* y registre su latitud y longitud. Marque esto como la ubicación de equivalente.
6. Registre si su ubicación equivalente se encuentra al norte o sur del lugar elegido por usted.
7. Mida y registre la distancia existente entre la ubicación equivalente y su sitio. Podría confirmar una medición en base a cinta métrica con las técnicas de medición con pasos que hemos discutido en el procedimiento de *Investigación de Biología y de Cobertura Terrestre* denominado Determinación de la Medición por Pasos.
8. Divida esta distancia para 1855 m/minuto para determinar la diferencia en latitud minutos entre la ubicación equivalente y su sitio.

Añada o reste este valor a y desde el valor de latitud medido, a fin de determinar la latitud de su ubicación. Refiérase a la *Actividad de Aprendizaje* denominada *Trabajo con Angulos*. La longitud es la misma que aquella de la ubicación equivalente.

Figura GP-P-8: Un Ejemplo de la Hoja de Trabajo de Datos de Equivalentes de GPS

Ejemplo		Haga un Círculo en Una	
<b>Mediciones</b>			
Desde el Lugar de Compensación:			
Latitud Medida =	32	grados	56.30 minutos $\text{\textcircled{N}}$ S
Longitud Medida =	84	grados	32.32 minutos $\text{\textcircled{O}}$ E
Para llegar a su sitio, vaya	Sur	(Norte o Sur)	
Distancia =	150	metros	
<b>Cómputos</b>			
Cambio de Latitud:	150	metros	= 0.0809 minutos
1855 metros/minuto			
Minutos de Latitud de su ubicación =	56.30	+/- 0.0809	= 56.2191
(Redondee al 0.01 minuto más cercano) = 56.22 = minutos			
Combine con los grados de Latitud:			
Latitud Deseada =	32	grados	56.22 minutos $\text{\textcircled{N}}$ S
Longitud Deseada =	84	grados	32.32 minutos $\text{\textcircled{O}}$ E
(Igual que Longitud Compensada)			

# Actividades de Aprendizaje



## **¿Cuál es la Respuesta Correcta?**

A través de una serie de actividades, los estudiantes aprenderán que no hay respuestas "correctas" para algunas preguntas. El receptor GPS es opcional.

## **Direcciones Relativas y Absolutas**

Un juego de actividades que introducirán los estudiantes a la latitud, la longitud, las coordenadas y las direcciones absolutas y relativas. No se requiere un receptor GPS.

## **Trabajo con Angulos**

En esta actividad, los estudiantes aprenderán acerca de los ángulos y cómo trabajar aritméticamente con ellos. Aprenderán sobre grados, minutos y segundos y cómo convertirlos a grados decimales. Un receptor de GPS no es necesario.

## **Navegación Celestial**

En esta actividad, los estudiantes de dos colegios GLOBE cooperarán para determinar sus latitudes y longitudes relativas utilizando mediciones de la ubicación del sol en el cielo.

# ¿Cuál es la Respuesta Correcta?



## **Propósito**

Introducir a los estudiantes en el concepto de que no siempre existe una respuesta “correcta” para una pregunta o para una medición.

## **Visión General**

Los estudiantes aprenderán a ser cuidadosos cuando estén buscando una respuesta “correcta” para una pregunta como “¿qué hora es?”, comparando medidas múltiples de la hora del día. Obtendrán un conocimiento intuitivo sobre las características de las mediciones imperfectas. Usando diferentes relojes, registrarán simultáneamente la hora. Convertirán a segundos las mediciones resultantes en minutos y segundos. Graficarán estas mediciones para ilustrar las técnicas matemáticas de los promedios y las desviaciones de los promedios.

## **Tiempo**

Aproximadamente un período de clases

## **Nivel**

Para principiantes: hacen el paso de comparación de relojes  
Intermedios y avanzados: realizan toda la actividad

## **Conceptos Claves**

- Los niveles de medición incorporan grados de precisión
- Existen técnicas matemáticas para trabajar con grados de precisión

## **Destrezas**

- Comparación entre múltiples mediciones del tiempo
- Esquematización, graficación y promedio de datos

## **Materiales y Herramientas**

- Cada estudiante debe tener por lo menos un reloj de cualquier tipo que marque los segundos.
- Papel y lápiz o pluma de escribir, para registrar los tiempos.
- Copias de la Hoja de Trabajo de Mediciones del Tiempo de la Investigación con el GPS y hojas para graficar.
- Opcional pero deseable:
  - Calculadora con funciones de suma, resta, multiplicación y división.
  - Receptor GPS (usado como fuente de tiempo estándar. No es esencial tener acceso a un receptor GPS. Si está disponible, usarlo como un reloj de alta precisión).

## **Preparación**

Dé a los estudiantes por lo menos 10 relojes para uso de la clase. Los estudiantes pueden usar los relojes de la escuela o sus propios relojes.

## **Prerequisitos**

Principiantes: habilidad para leer la hora en un reloj  
Intermedios y avanzados: destrezas para hacer gráficos

## **Antecedentes**

Una gran variedad de instrumentos dispersos por grandes regiones geográficas y por largos períodos de tiempo harán mediciones con GPS. Se han hecho esfuerzos para recomendar instrumentos con suficiente precisión y resolución, para cumplir con los objetivos científicos fundamentales. Sin embargo, existirán variaciones entre los valores resultantes de las mediciones, debido a la diversidad de condiciones de los instrumentos y de los estudiantes investigadores.

## **¿Cuáles es la Respuesta a Correc ta?**

Cuando se hacen mediciones, usualmente se quiere conocer algo sobre la calidad de los valores que se han obtenido. Generalmente algunas personas se preguntan: “¿qué tan lejos estoy de la respuesta correcta?” o “¿encontré la respuesta correcta?”. Esto supone que existe una respuesta correcta, contra la cual podemos comparar los valores medidos.



Algunas veces existe una respuesta “correcta”. Sin embargo, cuando los científicos están midiendo una cantidad, especialmente si lo están haciendo por primera vez, puede que no exista un estándar con el cual puedan comparar sus resultados. Si usted tiene el único instrumento que se ha construido para hacer una determinada medición y no tiene razones para dudar de los valores que está registrando, entonces es razonable considerar sus mediciones como los valores estándar.

Surge un problema cuando existen múltiples instrumentos de medición o cuando alguien asegura ser capaz de obtener la “respuesta correcta” o mejores resultados. Se ha dicho que “una persona que tiene dos relojes no sabe qué hora es”. En este caso, usted, el científico, debe decidir cómo manejar valores de mediciones potencialmente diferentes, o cómo escoger mediciones y qué estándares utilizar.

### **Resolución y Precisión Usando Relojes**

El número de dígitos o la unidad de tiempo más pequeña que puede leer confiablemente una persona que observa un reloj, se conoce como “resolución del instrumento”. Así, un reloj digital que muestra 12:30:21 (que significa 12 horas, 30 minutos y 21 segundos) tiene una resolución de aproximadamente un segundo, porque el usuario puede leer el reloj hasta la aproximación de un segundo. Un reloj analógico (que tiene horario, minuterero y segundero) también tiene una resolución de más o menos un segundo, porque usted puede leer el horario hasta la aproximación de un segundo. Un reloj analógico que tenga solo horario y minuterero, solo tiene una resolución de aproximadamente un minuto, a menos que usted pueda determinar consistentemente la ubicación del minuterero entre dos marcadores de minuto individuales.

Sin embargo, un reloj que puede dar la hora con una resolución de un segundo, se puede desviar de la fuente de tiempo estándar en una fracción de segundo en unas pocas horas. La habilidad de un reloj para mantener la hora “correcta” se conoce como “precisión”. Por lo tanto, si usted tiene un reloj que se adelanta 10 minutos cada día, todavía puede dar la hora con una resolución de un segundo, pero tiene una precisión de solo 10 minutos por día. Se puede decir que ese reloj tiene un error de 10 minutos por día.

Los relojes son máquinas que muestran el conteo de algo que cambia conforme pasa el tiempo. Los primeros relojes que existieron determinaban la hora contando el número de gotas de agua o de granos

de arena que caían en un recipiente. Estos relojes no eran muy precisos porque era muy difícil controlar el tamaño de las gotas de agua o la cantidad de arena que caía. Relojes más modernos cuentan el número de oscilaciones de péndulos, las vibraciones de horquillas templadas, oscilaciones mecánicas en cristales estimulados eléctricamente y resonancias atómicas. Cada uno de los relojes que se mencionan arriba es más preciso que el reloj que le precede y todos dependen de la mayor estabilidad y repetición de un proceso físico cíclico. Vea la Figura GP-AC-1.

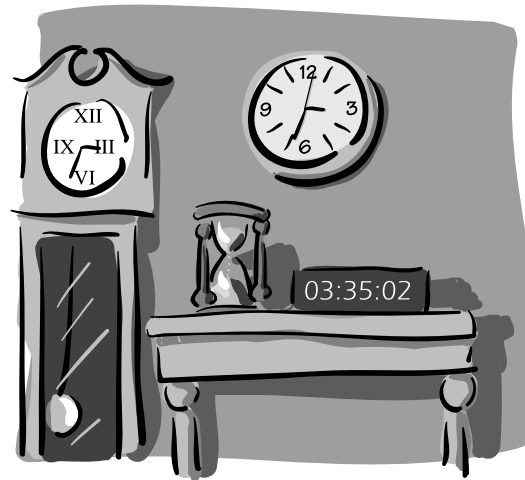


Figura GP-AC-1. Una colección de relojes con diferentes grados de precisión y resolución

Para que todos los relojes muestren la misma hora, idealmente cada uno debería haber sido igualado con la misma hora simultáneamente y todos deberían experimentar las mismas condiciones ambientales y mecánicas. Esto casi nunca sucede. Los relojes generalmente se igualan con diferentes horas y a partir de referencias distintas, tienen diferentes niveles de precisión, su construcción es diferente y experimentan ambientes diferentes. Una colección de relojes dada tenderá a dar una serie de valores de horas que varían ligeramente. Esta variación en los valores de medición va a ser verdadera para la mayoría de los instrumentos que miden la temperatura, la distancia y otras mediciones del Programa GLOBE (termómetros, cintas métricas, etc.).

En el caso de decidir cuándo alimentar a una mascota, un error de unos pocos minutos de un día a otro puede ser insignificante. Sin embargo, la medición de una ubicación con el Sistema de Posicionamiento Global, depende de que los relojes que están a bordo de los satélites tengan una alta precisión.



Un error de solamente un microsegundo (1/1'000.000 segundos) puede causar que la localización mostrada por el GPS tenga un error de más de 300 metros. La resolución y precisión deseada depende de usted (del usuario) y de su comprensión y aplicación.

### **Estándares del Tiempo**



Hasta la llegada de los ferrocarriles americanos a finales del siglo XIX, existían unos pocos estándares del tiempo ampliamente aceptados. Cada centro de población tenía sus propios relojes y usualmente estaban referidos al medio día solar (cuando el sol alcanza el punto más alto en el cielo) o a otro evento celestial. Sin embargo, si uno se mueve 15 grados de longitud ó 1600 kilómetros a lo largo de la línea ecuatorial, la hora del medio día local cambia en una hora. Para facilitar la existencia de un sistema de horario consistente en distancias de escala continental en nuestro planeta, se crearon e implementaron las zonas horarias. Los sistemas de ferrocarriles necesitaban y presentaban un esquema común de referencia de tiempo.



En la actualidad, las zonas horarias hacen referencia a la línea de longitud de cero grados que pasa por Greenwich en Inglaterra. La ciudad de Greenwich alberga a uno de los mayores observatorios astronómicos. Este observatorio se estableció para lograr la estandarización de la hora en la navegación naval británica. De esta manera, la hora en Greenwich, Inglaterra, se utiliza como estándar y se conoce como "Hora Promedio de Greenwich" (GMT), Tiempo Universal (TU) o algunas veces Hora "ZULU" (ZULU se refiere al cero o la longitud de cero grados). En el Protocolo de GLOBE de la Investigación con el GPS, usted va a usar la designación del Tiempo Universal (TU) para sus mediciones.



La Marina y el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST), de los Estados Unidos, y las compañías de teléfonos, mantienen la hora estándar usando relojes atómicos de alta precisión que cuentan el número de vibraciones de una variedad de átomos bajo condiciones bien definidas. La estación de radio de los Estados Unidos con las siglas WWV, transmite continuamente la hora del día en Inglés en las frecuencias de onda corta de 5, 10, 15, 20 y 25 MHz, desde Boulder, Colorado. Estas frecuencias por sí mismas están aseguradas con la hora atómica estándar. El gobierno Canadiense da un servicio similar tanto en inglés como en francés, mediante su estación de radio de onda corta CHU, en 7,335 y 14,670 MHz. Muchos servicios de este tipo existen en el mundo.



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

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) cuenta con una serie de satélites que transmiten señales rítmicas de relojes atómicos de alta precisión que llevan a bordo. Por lo tanto, un receptor GPS puede determinar la hora con una precisión comparable a la de los relojes de los satélites. El receptor GPS incluso puede corregir el retraso que se produce por el tiempo de viaje de la señal desde el satélite hasta el receptor terrestre, debido a que el receptor conoce tanto su propia ubicación, como la de los satélites. De esta manera, los receptores GPS se han convertido en la mejor alternativa para tener su propio reloj atómico.

### **Telecomunicaciones**

Las comunicaciones con computadoras dependen de mediciones de tiempo que deben ser substancialmente más precisas que la tasa a la que fluyen los datos. Si uno está usando un módem de 14,4 Kbytes/segundo para transmitir datos a través del Internet, un nuevo byte de información puede ser presentado al módem cada 1/14,400 segundos ó 70 microsegundos. De esta manera, el reloj del disco duro de la computadora debe tener la suficiente resolución como para separar cada lapso de 70 microsegundos de tiempo, y ser lo suficientemente preciso en la transmisión y recepción del reloj de la computadora, de tal manera que no pierda la sincronización por más de una fracción del lapso de 70 microsegundos. Estos requerimientos fácilmente se satisfacen mediante el uso de cristales de cuarzo, a los que se puede hacer vibrar mecánicamente a velocidades elegidas de entre 10 mil y 100 millones de veces por segundo. Esas vibraciones son contadas electrónicamente por un circuito digital que determina la cantidad de tiempo que ha pasado.

### **Qué Hacer y Cómo Hacerlo**

#### **Paso 1: Consiga los Relojes**

Consiga por lo menos 10 (y preferiblemente más) relojes en buen estado que muestren la hora con una resolución de un segundo. Asigne un estudiante para cada reloj y designe uno de los alumnos para que sea el "guarda-hora maestro". En el caso de que muchos estudiantes en la clase tengan relojes de pulsera con resolución de un segundo, esos relojes pueden ser suficientes. Relojes de pared que muestren los segundos en varios salones de clase también pueden ser adecuados. Cada estudiante debe estar preparado para registrar la hora y poder ver y oír al "guarda-hora maestro".

## Paso 2: Haga las Mediciones

Ubique al “guarda-hora maestro” en un lugar central. A los 30 minutos y cero segundos después de la hora, este estudiante va a indicar a sus compañeros que registren la hora y segundos que muestran sus relojes. Diez segundos antes de la hora designada, el guarda-hora debe comenzar una cuenta regresiva en voz alta para preparar a los estudiantes.

Si bien cualquier hora particular funciona, escoger 30 minutos después de la hora en punto, incrementa la probabilidad de que ningún reloj va a avanzar a la siguiente hora durante la medición, complicando el procesamiento matemático posterior.

Estudiantes avanzados: Pida a los estudiantes que realicen los cálculos y los gráficos.

Otros estudiantes: El maestro realiza los cálculos y gráficos fuera de las horas de clase y los presenta y discute más adelante. Aunque los estudiantes más jóvenes quizás no comprenden la aritmética, ellos entienden la manera en que el trazo del histograma aparece para las distintas precisiones del reloj.

### Paso 3: ¿Qué Hora es?

Para más detalles, vea la muestra de la Hoja de Trabajo para Mediciones de la Hora en la Investigación con el GPS.

Para ayudar en la conversión de minutos y segundos a segundos enteros, vea la actividad del GPS “Trabajar con ángulos”.

Determine el promedio de todas las mediciones de la hora del día.

Para determinar la hora promedio del día en el momento en que los datos fueron registrados:

Determine el número de segundos que hay en la hora para cada uno de los tiempos registrados por los participantes.

Haga la suma de todos esos valores de segundos.

Divida esa suma para el número de participantes para obtener la hora promedio.

Convierta nuevamente ese valor a minutos y segundos y regístrelo.

### Paso 4: ¿Son buenos nuestros relojes?

Determine la desviación de los datos alrededor del promedio.

Calcule la diferencia que existe entre el valor registrado por cada estudiante y el promedio de todos los valores. No mantenga el signo de esas

diferencias. Todos los resultados son positivos.

Sume todas esas diferencias y divida el resultado para el número de participantes para obtener la desviación promedio. Esta es una medida de cuánto se desvía cada medición con respecto a la hora promedio.

Haga un gráfico de las diferencias con respecto al promedio de las horas registradas. Vea la Hoja de Trabajo Ocurrencias Versus Diferencias.

Cada casillero tiene un ancho de 10 segundos y se encuentra a 10 segundos del número promedio de segundos. Registre el número promedio de segundos en la casilla del centro. Ponga una X en el casillero apropiado para el número de segundos de cada estudiante. Este tipo de gráfico se conoce como histograma.

¿Cómo puede diferir el histograma si tuviéramos una colección de relojes con mayor o menor precisión?

### Investigaciones Posteriores

Si usted tiene acceso a un receptor GPS, use la hora que le muestra para igualar un reloj que sirva como reloj principal para las mediciones. La hora que muestre el receptor GPS probablemente será la hora más precisa disponible.

Si tenemos relojes de mayor calidad, ¿cómo cambiará la desviación promedio que calculemos?

Los estudiantes que tengan acceso a programas de hojas electrónicas para computadoras, pueden automatizar los cálculos aritméticos que se encuentran en la hoja de trabajo.

Los estudiantes avanzados pueden investigar los conceptos estadísticos de la desviación estándar y la varianza.

### Evaluación de los Estudiantes

#### Cuantitativa

Pregunte a los estudiantes ¿cómo puede cambiar el histograma con una mejor o una peor colección de relojes?. Si los relojes hubieran sido mejores, las X estarían agrupadas más cerca unas de otras. Si hubieran sido peores, las X estarían más alejadas. ¿Pudieron registrar los datos de los relojes? ¿Entendieron las operaciones aritméticas? ¿Debe algún dato ser rechazado? Si un dato es obviamente inapropiado, debido a que un reloj está parado, hay que rechazarlo.



### *Cualitativa*

El estudiante debe ser capaz de describir situaciones en las cuales es o no es razonable pedir una respuesta "correcta".

Los estudiantes deben ser capaces de enumerar ejemplos de mediciones que ellos hacen en su vidas y deben contrastar la resolución y precisión disponible y deseable de esas mediciones.

El estudiante debe asumir la responsabilidad de determinar con precisión y resolución las mediciones requeridas en una investigación.



# Investigación con GPS

## Hoja de Trabajo para las Mediciones de Tiempo

Nombre: Jordan Malik

Fecha: Abril 14, 1994

Número de participantes	Registro de Horas			Segundos pasados de la hora (Segundos)	Promedio (Segundos)	Diferencia del Promedio (Segundos)	Promedio de las diferencias (Segundos)		
	(Hora)	(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	Diez estudiantes participaron				1806.9		16.08		
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									

10 = No. de participantes      18069 = Suma      160.8 = Diferencia de la Suma

**Hora Promedio**

(Minutos)	(Segundos)
30	6.9

**Instrucciones**

**Registro de Horas**

**Cómputos**

**Determine en segundos la hora registrada por cada estudiante.**

(Total de segundos = Minutos x 60 + segundos)

**Determine el tiempo promedio:**

(Tiempo promedio = Suma de segundos / Número de participantes)

**Calcule la diferencia entre el tiempo registrado por cada estudiante y el promedio.**

(Diferencia = Segundos dentro de la hora - Promedio de segundos)

(No mantenga el signo - Todos los resultados son números positivos)

**Determine el promedio de las diferencias**

**Trace el Histograma**

Registre el número promedio de segundos en el casillero central.

Cada casillero tiene un ancho de 10 segundos y se encuentra separado 10 segundos del promedio.

Determine el tiempo para cada casillero sumando o restando al promedio.

Para cada número de segundos, sitúe una "X" en el casillero más cercano.

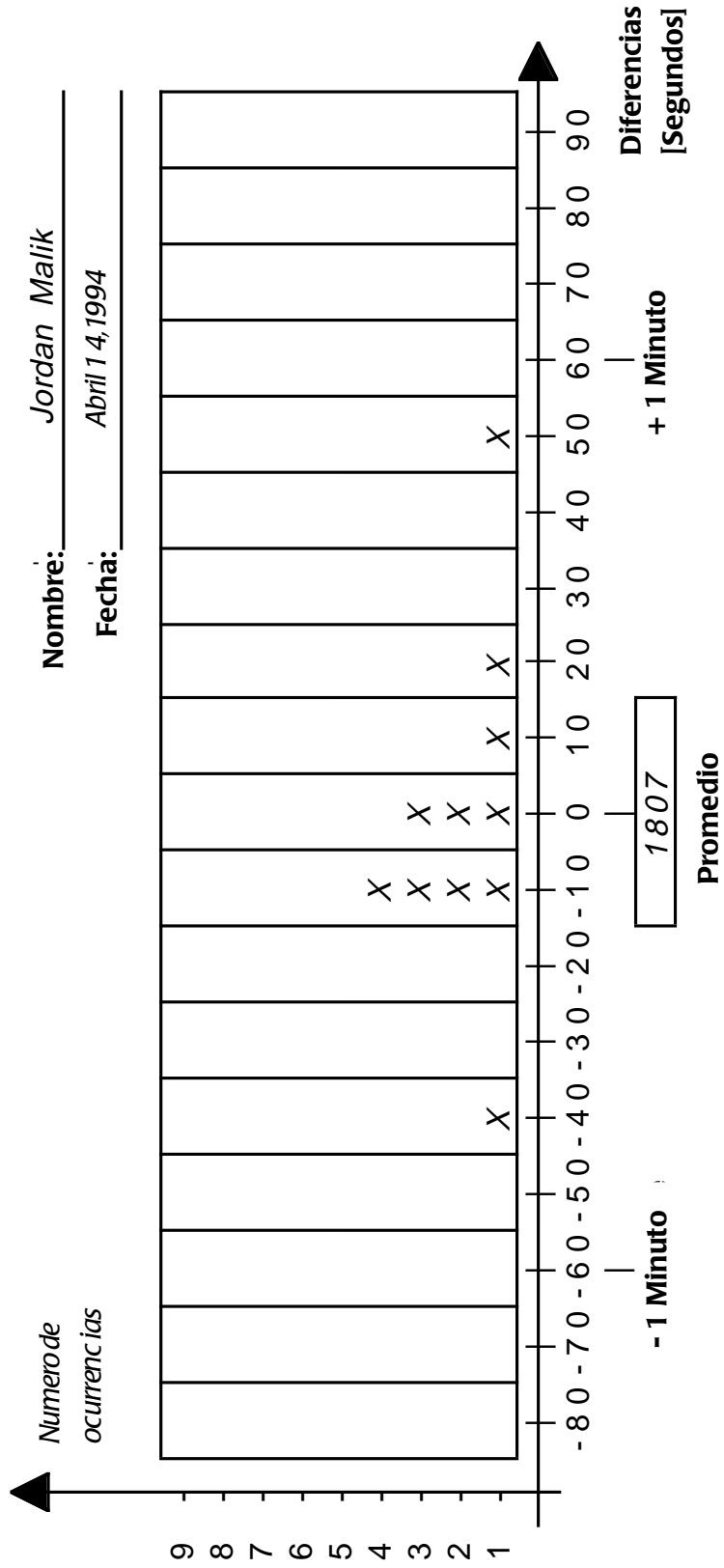
(El número de "X" debe ser igual al número de participantes).



# Investigación con GPS

## Hoja de trabajo de Ocurrencias versus Diferencias

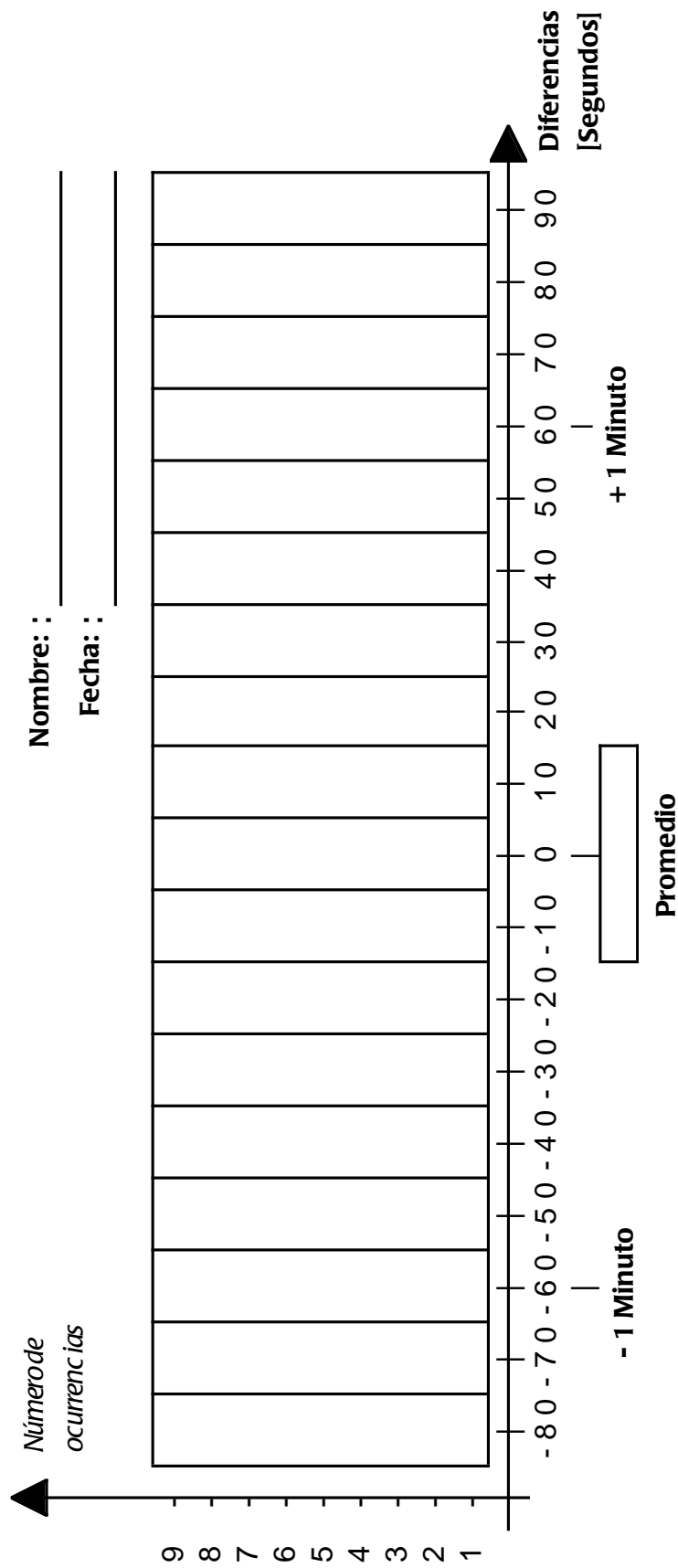
### Trazo 1: Histograma del número de Ocurrencias versus Diferencias



# Investigación con GPS

## Hoja de Trabajo de Ocurrencias versus Diferencias

### Trazo 1: Histograma del Número de Ocurrencias versus Diferencias





# Direcciones Relativas y Absolutas



## Propósito

Aprender lo que es la latitud y la longitud.  
Desarrollar habilidades matemáticas

## Visión General

Los estudiantes comienzan por hacer una simple pregunta: “¿Dónde estoy?”. Luego aprenden sobre el campo magnético de la Tierra y sobre el uso de brújulas y ángulos. Además aprenden sobre la diferencia entre localizaciones relativas y absolutas. A lo largo de toda esta actividad practican el uso de una variedad de habilidades matemáticas.

## Tiempo

Entre uno a cinco períodos de clase dependiendo de cuáles pasos usted elija hacer.

## Nivel

Todos los niveles, con algunas excepciones

## Conceptos Claves

Dirección relativa y absoluta  
Latitud y longitud  
Ángulos  
Uso de la brújula magnética  
Mapeo básico

## Destrezas

Descripción y distinción entre las direcciones

relativas y absolutas

*Comunicación* de una localización a otra persona

*Descripción* de localizaciones usando cuadrículas

*Uso* de una brújula magnética para determinar con precisión una dirección angular.

*Desarrollo* de técnicas básicas de mapeo

## Materiales y Herramientas

Papel y lápiz  
Papel para gráficos  
Brújulas magnéticas  
Compás para dibujar círculos  
Globo terráqueo  
Reglas métricas y vara de medición  
Imán

## Preparación

Ninguna

## Prerequisitos

*Niveles de principiantes:* los estudiantes deben estar en el apropiado nivel de desarrollo para ser capaces de usar la latitud y la longitud para localizar un sitio cualquiera.

*Niveles intermedios y avanzados:* conocimientos básicos sobre grados, ángulos y sistemas de coordenadas.

## Nota Especial

Si sus estudiantes ya entienden los conceptos de latitud y longitud, usted puede pasar a la actividad titulada “Trabajar con Ángulos” o usar todas o algunas de las actividades sugeridas aquí para dar a los estudiantes un entendimiento matemático más profundo sobre las direcciones relativas y absolutas de la Tierra.

## Antecedentes

El Programa GLOBE usa receptores GPS para determinar la latitud y longitud de los Sitios de Estudio GLOBE. Sin embargo, las ideas de latitud, longitud, coordenadas asociadas a sistemas de referencia absoluta o a ángulos que se desvían del

norte, pueden ser nuevos para los estudiantes. El conjunto de actividades que se presentan aquí introducen estos conceptos.

Cuando usted pregunta a los estudiantes “¿dónde están?” pueden responder “en la casa” o “en la escuela”. Las respuestas están dentro de su propio sistema local de referencia.

Si usa una brújula magnética para determinar la posición de un árbol que está al norte de usted, seguramente va a concluir que el árbol está al norte de usted. Sin embargo, si se mueve hacia el este o hacia el oeste por un trecho considerable y usa la misma brújula para determinar la posición o dirección de ese mismo árbol, va a encontrar que el árbol está al noreste o noroeste.



Ni el árbol, ni los polos magnéticos de la Tierra se han movido y, sin embargo, su brújula indica una diferente posición del árbol. Hay algo absoluto en cuanto a la posición del árbol y los polos, pero hay algo relativo en cuanto a su técnica de medición. El punto de partida se movió.



Si nosotros ponemos un sistema de coordenadas sobre nuestra área geográfica de interés o sobre todo el mundo y numeramos las diversas líneas de esa cuadrícula, entonces tenemos un esquema de referencia en el cual podemos determinar cualquier localización, independientemente de la relación entre nuestra posición y la de otra persona. La longitud y la latitud son los nombres de los valores del sistema de coordenadas en el cual debemos trabajar para la determinación geográfica de las localizaciones dentro del Sistema de Posicionamiento Global (GPS).



### Qué Hacer y Cómo Hacerlo

#### Paso 1. Posiciones Relativas: ¿Dónde Estoy? (Para Todos los Niveles)



Procure que los estudiantes se hagan la pregunta “¿dónde estoy?” y elaboren una lista de palabras o un dibujo simple del sitio donde se encuentran. Dirija una discusión en la clase para definir “¿dónde estamos?”.



Anime a que los estudiantes pregunten y reflexionen sobre ¿dónde está una persona? y sobre cómo uno debe explicar dónde estuvo alguna persona. Algunas preguntas útiles que puede plantear a sus estudiantes son: “¿Cómo puede describir su posición a otro estudiante: en su aula o en otra? ¿En su escuela o en otra de la misma ciudad? ¿En otra ciudad? ¿En otro país? ¿Describieron los estudiantes su localización utilizando referencias relativas o absolutas? Ponga énfasis en sus sistemas de referencia.



#### Paso 2. Intento de Imponer un Sistema de Referencia: La Tierra Magnética (Para Todos los Niveles)

Nuestro planeta proyecta un inmenso campo magnético como si tuviera en su interior un gran imán. Vea la Figura GP-AC-4. Cualquier otro imán (como una aguja magnetizada) va a ser atraído por los polos magnéticos de nuestro planeta. Una brújula magnética contiene un magneto que puede girar libremente y ser observado. De esta manera, una brújula magnética es un instrumento de navegación útil, ya que nos permite ver la dirección del campo magnético de la Tierra que está prácticamente alineado con sus polos norte y sur.

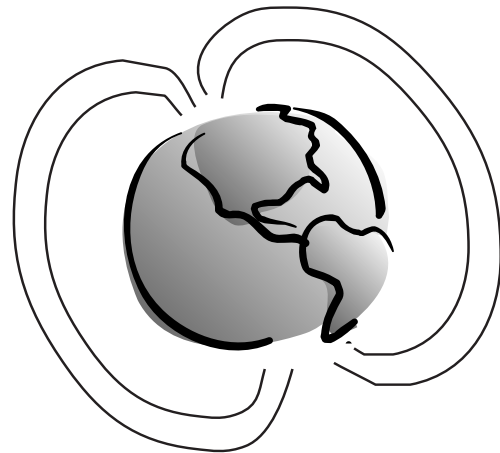


Figura GP-AC-4. La Tierra como un Magneto Gigante.

Suspenda un imán de una piola lejos de cualquier objeto grande de metal y contemple cómo el imán gira. Pegue el hilo a los extremos del imán, según se indica en la Figura GP-AC-5.

Pregunte a los estudiantes qué va a pasar. El imán eventualmente va a parar su rotación de tal manera que sus polos se alinien en las direcciones norte y sur. Los estudiantes pueden probar las direcciones norte y sur al comparar la posición del imán con una brújula magnética.

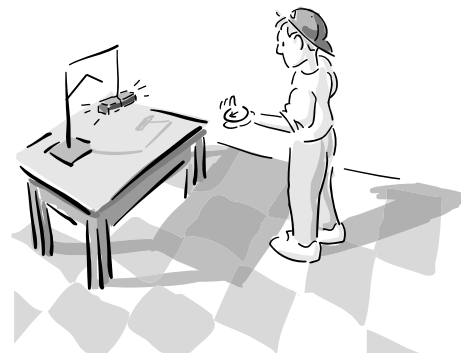


Figura GP-AC-5: Barra de imán suspendida

Para usar la brújula, sosténgala sobre sus dedos con su mano y brazo semi-extendidos. Mantenga a la brújula horizontalmente con respecto al suelo, de tal manera que la aguja pueda girar libremente, y manténgala lejos de todo objeto metálico. Sitúese de tal manera que pueda ver por encima de la brújula hacia el norte mientras espera que la aguja deje de moverse. *No ponga la brújula cerca de un imán, porque esto va a disminuir la efectividad de la brújula.*

### Paso 3. Ángulos Introduc torios de la Brújula (Para Princ ipiantes)

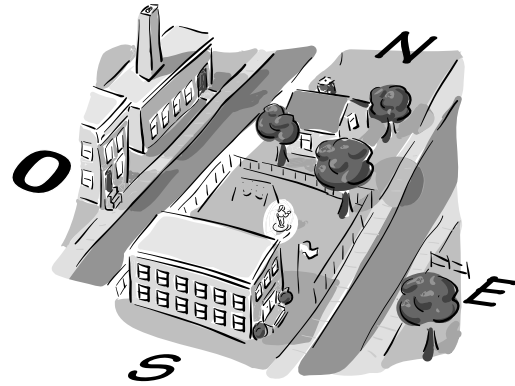
En una hoja de papel en blanco registre las siguientes observaciones, utilizando una brújula magnética para las direcciones (posiciones).

- Registre su localización específica (Ej., en una gran roca fuera de la ventana de la clase) y la fecha.
- Anote las cosas que están directamente al norte (use la brújula para determinar la dirección), este, sur y oeste de usted (use la brújula para determinar la dirección) y escriba un párrafo descriptivo sobre lo que halló en cada dirección.

Existe la posibilidad de que usted no vea una extraordinaria variedad de cosas, pero con una observación cuidadosa va a notar diferencias específicas en cada dirección.

**Clave.** Sea específico sobre lo que ve y en la dirección en la que se encuentra. Además, describa solo los objetos permanentes que se encuentran en los planos primero y segundo. En las áreas en las que hay muchas cosas que parecen similares, trate de registrar las diferencias específicas.

Figura GP-AC-6 Una vista panorámica



Recuerde que los buenos científicos son específicos en sus descripciones y en sus dibujos. Ellos comparan y contrastan sus observaciones. Los ejemplos pueden incluir las descripciones de dos escuelas diferentes. Vea las Figuras GP-AC-6, GP-AC-7a y 7 b.

1. El edificio de ladrillos café-rojizo que tiene marcos verdes en las ventanas está al oeste. Hacia el norte de ese edificio se encuentra una fábrica con una alta chimenea.
2. El área hacia el este tiene un solo árbol de roble y una cerca que se extiende más allá del observador.

Haga preguntas sobre las observaciones y estimule a los estudiantes a que las comparen y contrasten.



Figura GP-AC-7a y GPS-AC-7b: Vista desde un sitio de la escuela orientado hacia el oeste; vista desde un sitio de la escuela orientado hacia el este.



#### Paso 4. Ángulos Intermedios y Avanzados de la Brújula

(Para los niveles intermedios y avanzados)

Usted puede dividir un círculo a su alrededor en 360 grados. Esto también se escribe como  $360^\circ$  (Vea la actividad para el GPS "Trabajar con Ángulos"). Las direcciones de la navegación desde un lugar dado se dan en grados alrededor del círculo, con el norte en el punto de partida, ó  $0^\circ$ . El este está a  $90^\circ$ , el sur a  $180^\circ$  y el oeste a  $270^\circ$ .

#### Direcciones Angulares desde el Norte

Usted puede usar su mano para medir efectivamente ángulos direccionales. Como se ilustra en la Figura GP-AC-8, si extiende su brazo, cierra la mano y hace puño y luego extiende su dedo pulgar, el ancho de su mano (con el pulgar extendido) es de aproximadamente  $15^\circ$  (usted puede necesitar extender también su dedo meñique). Esto significa que seis manos con los pulgares extendidos cubren entre el norte y el este. (Cada puño con el pulgar extendido equivale a  $15^\circ$ , debido a que existen  $90^\circ$  entre el norte y el este y  $90^\circ$  divididos entre seis puños dan  $15^\circ$  para cada puño). Debido a que la



Figura GP-AC-8: Utilizar la mano para medir  $15^\circ$

rotación angular de la mano de cada persona va a mostrar leves diferencias, usted podrá percatarse de que será necesario extender su dedo un poco de modo que seis "puños" quepan dentro de los 90 grados. Puede que necesite tratar de medir varias veces los seis puños entre el norte y el este, antes de que pueda conseguir el mismo número de puños en intentos repetidos. Mantenga su mano tan firme como le sea posible. Fíjese en lo que está en la punta de su pulgar y luego mueva su mano de tal forma que la parte lateral de su mano coincida con el sitio en el que antes estuvo la punta de su pulgar. Recuerde cómo ha extendido su mano y su brazo, para que pueda hacer futuras mediciones de ángulos.

Practique la posición de su mano y de su brazo para que pueda lograr un número consistente de "manos" entre el norte y el este o el norte y el oeste. Ahora registre lo que ve al final de cada ancho de mano. Una vez que se sienta confiado con sus mediciones, pase a las observaciones del panorama en la siguiente sección.

#### Paso 5. Observaciones del Panorama (para todos los niveles)

Tome una hoja de papel y dóblela longitudinalmente, de tal manera que tenga dos mitades. Marque las cuatro direcciones en el papel como lo indica la Figura GP-AC-9, de tal manera que el norte esté en los dos finales de la hoja y el sur en el centro. Registre todas sus observaciones, como dibujos, en esta larga y delgada franja de tira de papel.

Ahora que tiene experiencia con la brújula magnética y con las direcciones de la brújula, localícese usted en el mismo punto, como lo hizo en la actividad con la brújula. Dibuje un vista panorámica de cómo aparece el paisaje a su alrededor, haciendo múltiples dibujos individuales para cada una de las direcciones norte, sur, este y oeste. Los estudiantes pueden marcar todas las otras direcciones que caen entre las direcciones principales (sur sureste, noroeste por norte) midiendo los ángulos con sus puños.

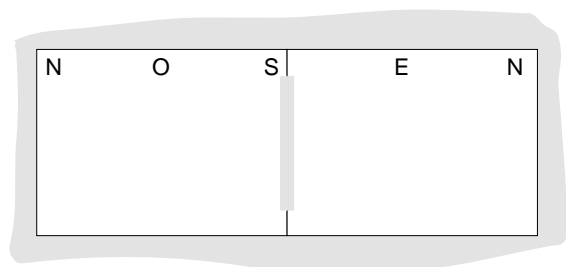


Figura GP-AC-9: Preparación de la tira de papel para dibujar un panorama.

Para extender este paso más allá, use su puño para medir la hora. Debido a que el sol se mueve a través del cielo  $15^\circ$  por hora, uno puede estimar el tiempo en horas hasta el atardecer, midiendo el número de anchos de mano que hay entre el sol y el horizonte occidental. Sabiendo la hora local de la puesta del sol, usted puede hacer este mismo proceso en sentido inverso y estimar la hora local sin un reloj!



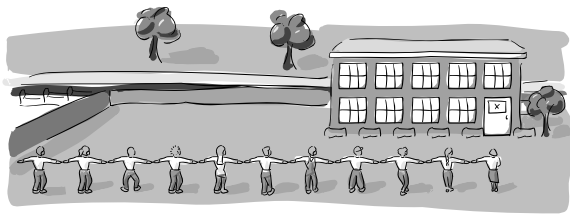


Figura GP-AC-10. Estudiantes alineados de cara a una marca situada hacia el norte

**Paso 6. ¿Son el Norte, Sur, Este y Oeste Direcciones Relativas o Absolutas?**

(para todos los niveles)

Afuera del edificio de la escuela, marque un punto alrededor de dos metros sobre el suelo (usando, por ejemplo, dos tiras de cinta adhesiva que formen una cruz sobre una ventana) de tal manera que pueda poner a sus estudiantes parados en una fila que siga la dirección este-oeste, al sur de la marca. Haga que sus estudiantes formen la fila de tal manera que la primera persona esté exactamente al sur de la marca. Los estudiantes deben estar separados unos de otros por la longitud de sus brazos. Ver Figura GP-AC-10.

En la Figura GP-AC-11, los cuadros representan a cada estudiante. Con una brújula en la mano, el primer estudiante determina el rumbo en la marca y encuentra que la dirección es norte y el ángulo es  $0^\circ$ . Entonces los estudiantes deben marcar  $0^\circ$  en la casilla marcada con el número 1. Ponga a los estudiantes en orden numérico y haga que ellos midan desde su posición el ángulo que existe entre

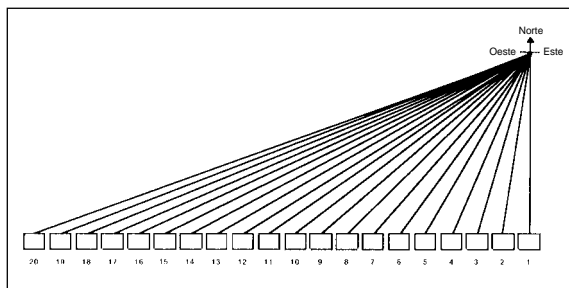


Figura GP-AC-11: Proyecte el diagrama de los estudiantes mirando a una marca particular

la marca y el norte. Debido a que en el dibujo ilustrado todos los resultados van a estar entre el norte y el este, todos los resultados de las mediciones deben caer entre los  $0^\circ$  (norte) y los  $90^\circ$  (este).

¿A qué se debe que cada estudiante obtiene una medición ligeramente distinta? ¿Acaso no estaban todos dirigiéndose del mismo lado? Sus brújulas de ángulo guardan relación con sus posiciones individuales y distintos.

**Paso 7. Las Direcciones de la Brújula son Relativas con Respecto a su Localización (para todos los niveles)**

Por cuestiones prácticas, los polos magnéticos norte y sur de la Tierra se han situado muy cerca de los ejes de rotación noreste y sur del planeta. En ausencia de otros imanes, la aguja de una brújula magnética se alinea a sí misma con el campo magnético de la Tierra. Así, la aguja apunta a los polos magnéticos de la Tierra (Los polos magnéticos de la Tierra no se moverán mucho durante el tiempo que duren nuestras vidas).

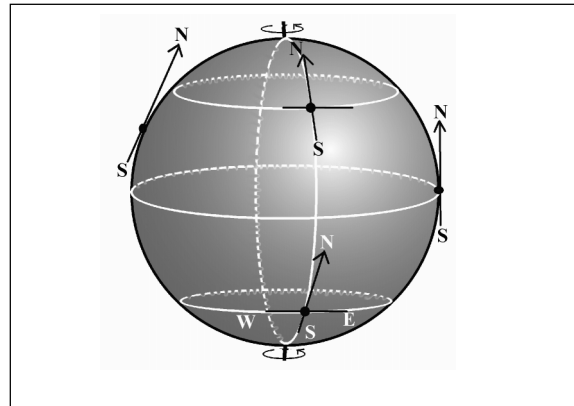
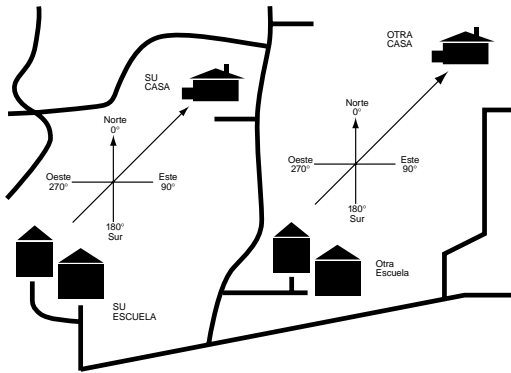


Figura GP-AC-12. La dirección norte como se la percibe en diferentes puntos de la Tierra

Los polos magnéticos de la Tierra parecen fijos. Sin embargo, un observador situado en la línea ecuatorial, tomará al norte como si fuera una línea tangente a la línea ecuatorial. Otro observador situado en un lugar que esté a la mitad de la distancia entre la línea ecuatorial y el polo norte, también tomará la dirección norte como una línea tangente al Globo terráqueo en esa localización. Sin embargo, estas dos líneas no son paralelas. Ver la Figura GP-AC-12. Por lo tanto, ellos no están apuntando en la misma dirección. Si usted toma una esfera terrestre y repite este proceso para una variedad de localizaciones diferentes alrededor del mundo, puede ver que la dirección que llama norte, depende de su ubicación. Entonces, el norte, sur, este y oeste son direcciones relativas. Estas direcciones son mediciones de ángulos en dirección al polo norte magnético, relativas a la localización desde la cual se hace la medición.



**Figura GP-AC-13.**  
Las direcciones desde la casa y la escuela son diferentes para cada estudiante.

**Antecedentes adicionales:** las direcciones no son necesariamente únicas. ¿Qué problemas causa esto? La navegación entre lugares arbitrarios requiere de un punto conocido de referencia fijo. El dar direcciones a “escuchas” situados en diferentes posiciones, significa que ellos deben concordar en algún punto común antes de que se den las direcciones. Puntos únicos de salida y de llegada (como las rutas de comercio) dan un esquema de referencia fijo o absoluto, similar a un sistema de coordenadas ubicado en un mapa. La latitud y la longitud dan un esquema de referencia similar para nuestro planeta esférico.

Use el dibujo y el mapa de la Figura GP-AC-13 para ayudar a los estudiantes a entender las direcciones y posiciones relativas y absolutas. Ver el glosario. Una versión de la Figura GP-AC-14 en una página completa se incluye en el Apéndice de esta investigación. Usted puede hacer duplicados de esta hoja para el uso de los estudiantes.

Describe cómo ir desde su escuela hacia su casa. Luego describa como ir desde otra escuela hasta otra casa. Entonces pregunte a los estudiantes ¿cuál es la diferencia?

**Una adivinanza sobre direcciones absolutas:** Alguien construye una casa. Todas las paredes exteriores de esa casa están orientadas hacia el sur. Un oso camina hacia la casa: ¿de qué color es el oso? (Respuesta: el oso es blanco. Si todas las paredes de la casa están orientadas hacia el sur, entonces la casa debe estar en el polo norte. Los únicos osos que existen en el Círculo Polar Artico son blancos).

### Paso 8. Descripción de una Ubicación (para todos los niveles)

Deseamos introducir los marcos de referencia absoluta para describir ubicaciones. Los estudiantes se van a extender sobre las actividades anteriores para contestar a la pregunta: ¿dónde estoy? o ¿dónde está algo? y van a aprender que deben especificar el “dónde” con suficiente claridad, de tal manera que puedan comunicar su ubicación a alguien más, sin ambigüedades. Pídeles que den direcciones relativas con respecto a alguna referencia en la que se hayan puesto de acuerdo, o a algún sistema de coordenadas, en lugar de que lo hagan en relación a ellos mismos. Las coordenadas cartesianas (ejes x y y en la geometría y el álgebra) y la altitud y longitud en la esfera terrestre dan tal sistema.

Ponga a los estudiantes espalda con espalda, cada uno con un tablero de ajedrez, de tal manera que ninguno pueda ver el tablero del otro. Dele a cada estudiante dos fichas y haga que uno de ellos ponga las fichas en cualquier lugar del tablero. Sin dar otras reglas adicionales, pídale a un estudiante que describa a su compañero dónde poner la ficha de manera que las dos estén en la misma posición en ambos tableros. Repita el proceso con el otro estudiante.



**Figura GP-AC-14.** Descripción de la localización de fichas en un tablero de ajedrez

Dirija una discusión sobre la comunicación entre los dos estudiantes. ¿Cómo escogieron los estudiantes la manera de comunicar la ubicación de sus fichas? ¿Qué determinó la claridad y dificultad de sus comunicaciones?

**Paso 9. Descripción Numérica de una Ubicación (para niveles intermedios y avanzados)**

Marque una hoja de papel para gráficos o una cuadrícula dibujada como se muestra en la Figura GP-AC-15. Haga que los estudiantes encuentren ubicaciones que se intercepten, como las que siguen: (1,2) donde el primer número describe la distancia que debe moverse hacia la derecha, desde el cero (0) en el eje horizontal, y el segundo número describe la distancia que debe moverse hacia arriba en el eje vertical.

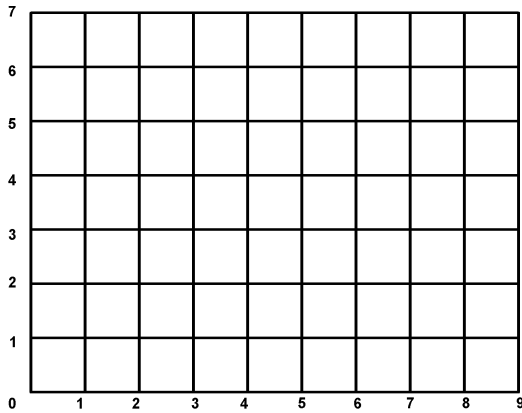


Figura GP-AC-15. Tome una hoja de papel para gráficos

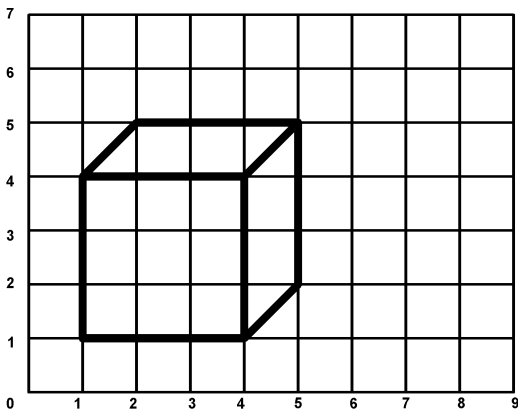


Figura GP-AC-16: El dibujo simple que resulta

Entonces, procure que los estudiantes hagan un dibujo simple a partir de las siguientes líneas descritas como conjuntos de posiciones. Vea la Figura GP-AC-16.

- (4,1) a (4,4)      (4,1) a (5,2)      (5,2) a (5,5)
- (1,4) a (1,1)      (1,1) a (4,1)      (1,4) a (4,4)
- (1,4) a (2,5)      (2,5) a (5,5)      (4,4) a (5,5)

Discuta sobre qué información se necesita para comunicar puntos y gráficos. Por ejemplo, cada línea requiere información sobre su punto de salida y el punto de llegada.

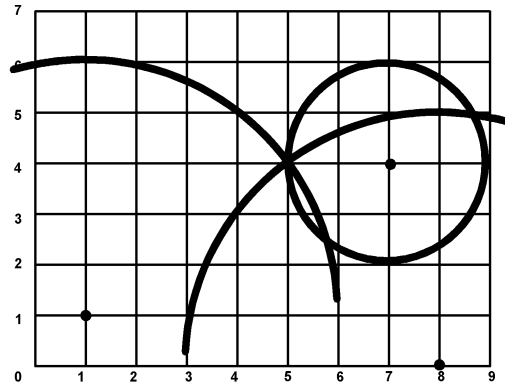


Figura GP-AC-17. Coordenadas cartesianas que definen

En una nueva hoja de papel cuadrículado vaya a la posición (7,4) y dibuje, usando el compás, un arco que tenga un radio de dos unidades. Con la posición (1,1) como centro, dibuje un arco con un radio de cinco unidades que forme una intersección con el primer arco. Finalmente, dibuje un tercer arco con un radio de cinco unidades que tenga su centro en (8,0). ¿Dónde se cortan? ¿Cuántos arcos se necesitan para determinar un punto?

Suponga que las coordenadas cartesianas de la Figura GP-AC-17 fueran el mapa de una parte del océano y que el lado de cada cuadrado fuera la distancia que recorre una señal de radio durante una milésima de segundo.

Tabla GP-AC-1

Tiempo de viaje de la señal		
Barco	Ubicación	1/1000 seg.
Aleandría	(0,0)	4,0
Córsega	(1,5)	2,0
Hsuchou	(6,3)	3,5

Localización de los barcos y tiempo que necesita la señal del Bainbridge para llegar a cada barco



Tabla GP-AC-2: Lugares en la esfera terrestre

Latitud	Longitud	Nombre
36° N	139° E	_____
60° N	30° O	_____
27° S	109° O	_____
90° S	0° E	_____
90° S	180° O	_____
—	—	Su posición
—	—	Su posición opuesta

Hay tres barcos en esa parte del océano: el Alejandría está en (0,0), el Córsega en (1,5) y el Hsuchou en (6,3). Cada barco recibe una señal de socorro desde un cuarto barco, el Bainbridge. El tiempo que tomó la señal de socorro del Bainbridge para llegar hasta tres potenciales barcos de rescate va a ayudar a esos barcos a ubicar la localización del Bainbridge. ¿Puede usted encontrar al barco en peligro? (La medición de los tiempos de viaje de la señal forma la base del radar y el GPS).

**Paso 10. Descripción de las Ubicaciones Geográficas (Para niveles intermedios y avanzados).**

En una esfera terrestre, las líneas este-oeste son líneas de latitud y las líneas norte-sur son líneas de longitud. Haga que los estudiantes discutan por qué son esas líneas diferentes o similares a las líneas que encontraron en los sistemas de coordenadas. Encuentre las localizaciones de la lista en la Tabla GP-AC-2.

Tome un Globo terráqueo y ubíquese. Estime los valores de su latitud y longitud en el mismo. Ahora encuentre el punto opuesto a su posición en el Globo y estime su latitud y longitud. ¿Cuáles son las relaciones entre las coordenadas de longitud y latitud para esas dos ubicaciones opuestas?

**Nota:** Los pasos 8, 9 y 10 presentan conceptos similares a aquellos de la *Actividad de Aprendizaje “La Odisea de los Ojos”* de la *Investigación de Cobertura Terrestre y Biología*.

**Adaptaciones para los Estudiantes Menores y Mayores**

Las descripciones cualitativas de las mediciones pueden resultar más apropiadas para los estudiantes menores. Por ejemplo, describir la dirección de la brújula como “noreste” puede ser más claro que “45° desde el norte”. Las técnicas más cuantitativas y analíticas pueden resultar apropiadas para los estudiantes mayores. Por ejemplo, pueden utilizar el Teorema de Pitágoras para determinar distancias entre lugares dentro de un sistema plano de coordenadas cuadrículadas.

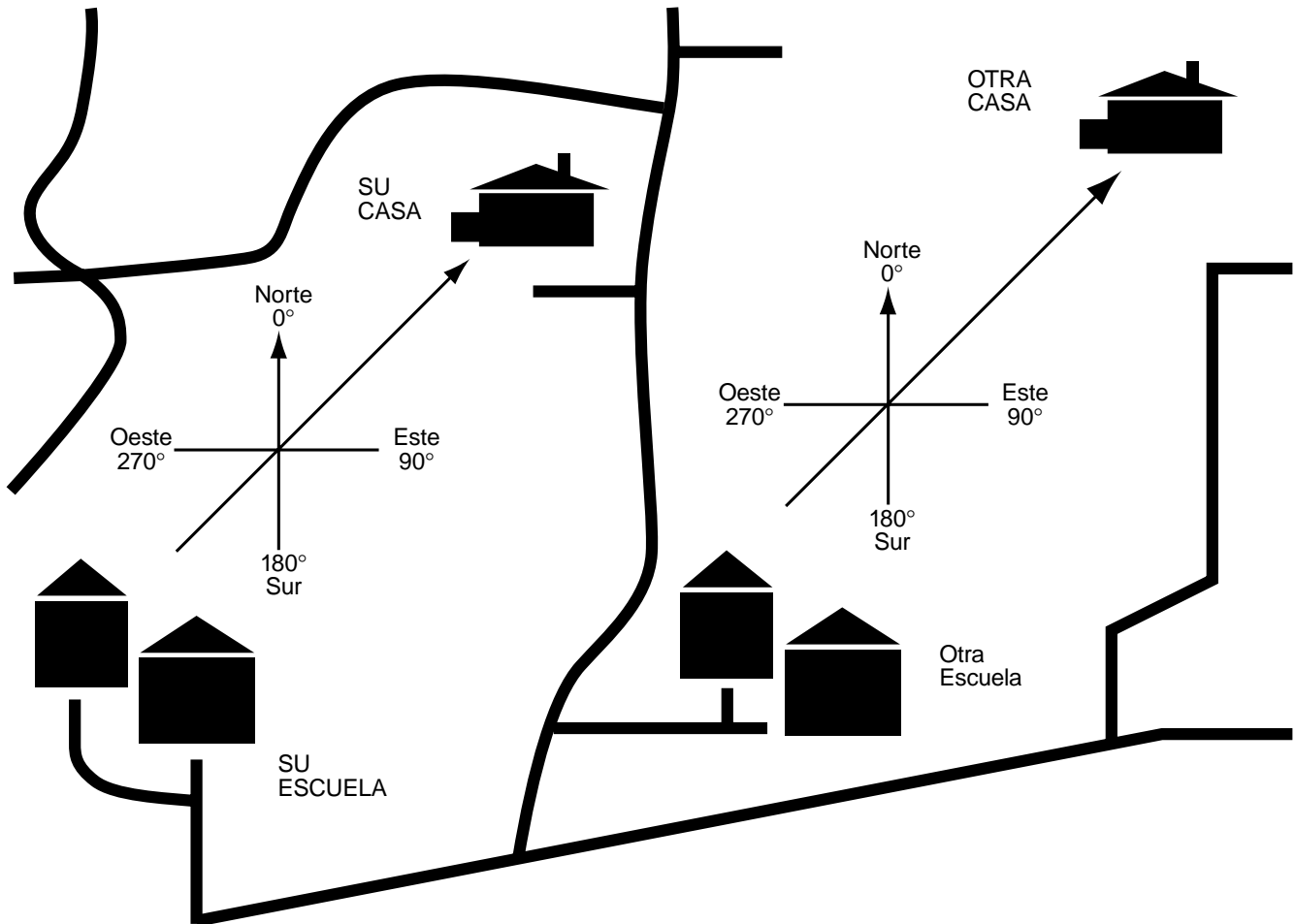
**Evaluación de los Estudiantes**

Haga que los estudiantes ubiquen varias ciudades o características geográficas usando latitudes y longitudes. Deles una lista de ciudades y haga que determinen la latitud y longitud de cada una de ellas. Además, haga que encuentren las distancias entre las ubicaciones geográficas.



# Investigación con GPS

## Gráfico del Mapa de Ubicación del Sitio de la Escuela.



# Investigación con GPS

## Hoja de Trabajo de Datos de la Ubicación del Sitio

Va a necesitar al menos una copia de esta Hoja de Datos del GPS de GLOBE para cada sitio GLOBE. Luego de haber realizado sus mediciones con GPS y de haber calculado el promedio de los datos sobre ubicación, anote los resultados en una de las hojas de envío de datos de GPS, y a continuación envíe sus datos a GLOBE. Todo esto lo puede realizar accediendo a su Hoja de Ingreso de Datos de GPS que está bajo la hoja principal de GLOBE (<http://www.globe.gov>) dentro de la World Wide Web. De esta manera, usted enviará la ubicación promedio que se haya calculado para cada uno de sus sitios (Sitios de Estudio de Atmósfera, Cobertura Terrestre, Biología, Hidrología, Caracterización de Suelos y Humedad del Suelo y de su escuela). Los datos enviados deben redondearse hasta 0.01 minuto más próximo, según lo que aparece en el receptor del GPS.

### ***Tipos de Sitio***

(Atmósfera, Hidrología, etc...)

### ***Descripción del Sitio***

(25 caracteres o menos)

### ***Latitud Promedio***

(Grados completos, minutos decimales N/S)

### ***Longitud Promedio***

(Grados completos, minutos decimales E/O)

### ***Tiempo de la Primera Observación***

Horas: Minutos: Segundos en TU

### ***Tipo de Receptor***

Magellan Trailblazer XL y número de UNAVCO

o

Número del modelo del fabricante y número de serie.

# Trabajo con Angulos



## Propósito

Introduce a los estudiantes el concepto de ángulo

Muestra que las líneas de latitud y longitud se derivan de las mediciones de ángulo de la Tierra

Demuestra que para las mediciones relacionadas con GLOBE se necesitan unidades de ángulo mayores a un grado

Muestra cómo reportar y calcular aritméticamente con varias unidades de ángulo

## Visión General

Los estudiantes aprenden cómo hacer cálculos o promediar un conjunto de valores de ángulos. Al hacerlo, ellos aprenden las unidades utilizadas para los ángulos (grados, minutos, segundos) y cómo hacer conversiones entre grados, minutos y segundos y grados decimales. Además aprenden por qué hacer esas conversiones.

## Tiempo

Aproximadamente de uno a tres períodos de clase, dependiendo de las actividades que se lleven a cabo

## Nivel

Intermedios y avanzados

## Conceptos Claves

Los ángulos se miden en grados, minutos, segundos y grados decimales

Los receptores GPS usan grados y minutos para medir los ángulos

## Destrezas

*Conversión* entre ángulos medidos en grados, minutos y segundos y ángulos medidos en grados decimales.

*Suma y resta* de ángulos en grados y minutos

*Obtención de promedios* de ángulos medidos en grados y minutos

## Materiales y Herramientas

No se requieren. (Una calculadora con sumas y restas hace más rápidos los cálculos matemáticos)

## Preparación

Ninguna

## Prerequisitos

Sumar, restar, fracciones decimales

## Unidades de Medición de Angulos: Grados, Minutos y Segundos

### Antecedentes

Un ángulo es la medida de un arco. Un ángulo se forma por dos líneas que se extienden desde el mismo punto.

Usted puede medir ángulos. Las unidades para los ángulos son los grados. Un círculo completo está dividido en 360 grados (o  $360^\circ$ ).

Las Figuras GP-AC-18 Y GP-AC-19 ilustran algunos ángulos especiales.

### Qué Hacer y Cómo Hacerlo

Haga que los estudiantes dibujen un gráfico tipo pastel (pie) y que lo corten en ocho piezas iguales. Pregúnteles cuál es el valor del ángulo que forma cada pieza (tajada).  $360^\circ/8 = 45^\circ$ .

Algunos estudiantes pueden no haber cortado simétricamente a través del centro. Otros pueden haber cortado cuadrados.

Diferentes estudiantes pueden tener diferentes suposiciones. Discuta los diferentes resultados. Trate de nuevo con 4, 10 y 12 piezas. Los resultados son  $90^\circ$ ,  $36^\circ$  y  $30^\circ$  para tajadas radicalmente simétricas cortadas a través del centro del círculo.

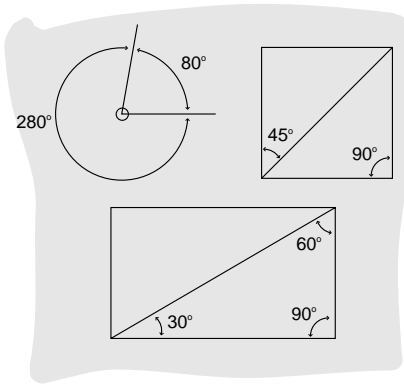


Figura GP-AC-18.  
Varios ángulos

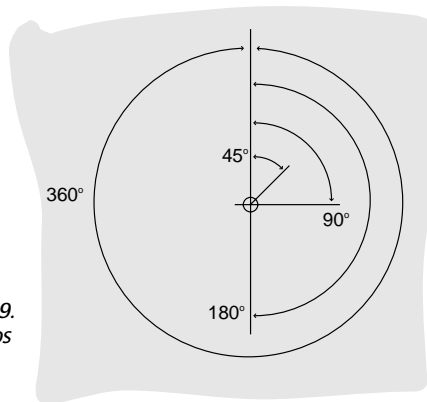


Figura GP-AC-19.  
Algunos ángulos especiales

## Más Sobre los Ángulos

### Antecedentes

La latitud y la longitud son ángulos medidos alrededor de los ejes de rotación de nuestro planeta y entre la línea ecuatorial y los polos respectivamente. Las distancias continentales pueden abarcar decenas de grados de latitud o longitud. Sin embargo, en pequeñas distancias, tales como las de los sitios de estudio GLOBE de 30 x 30 m, los cambios angulares en latitud y longitud típicamente serán fracciones de grado o simplemente unos pocos segundos de arco.

Ángulos pequeños: algunas veces usted puede desear medir un ángulo que mida menos de un grado. Cada ángulo está dividido en 60 minutos. Se puede decir que un tercio de grado equivale a 20 minutos. Se usa el nombre de 20 minutos de arco para evitar la confusión entre esta medida para ángulos y la medida del tiempo.

Si bien la luna está a 384.500 km de distancia y tiene un diámetro de 3.200 km, para un observador en la Tierra su diámetro parece medir la mitad de un grado ó 30 minutos de arco. Vea la Figura GP-AC-20. Por una coincidencia interesante, nuestro sol también parece tener ese mismo ángulo en el cielo; aun cuando está a 148 millones de kilómetros de distancia y tiene un diámetro de 1,3 millones de km. (Esta es la razón por la que la luna cubre al sol casi perfectamente durante un eclipse).

Incluso para los ángulos más pequeños cada minuto está dividido en 60 partes conocidas como segundos o, algunas veces, segundos de arco.

Los astrónomos usan ángulos, grados y segundos para describir los ángulos celestes. En su punto más cercano a la Tierra, el planeta Júpiter parece tener un diámetro angular de aproximadamente 47 segundos de arco. Este es un ángulo tan pequeño que Júpiter parece un punto en el cielo para la mayoría de la gente, pero parece un disco cuando se lo ve a través de un pequeño telescopio o incluso con unos binoculares. Ver una moneda situada en el final de un campo de juego produce el mismo efecto.

Un ejemplo del número que describe la distancia angular entre dos estrellas que se encuentran separadas por tres anchos de luna, sería 1 grado, 30 minutos y 0 segundos. Esto puede expresarse con los símbolos:  $01^{\circ} 30' 0''$ .

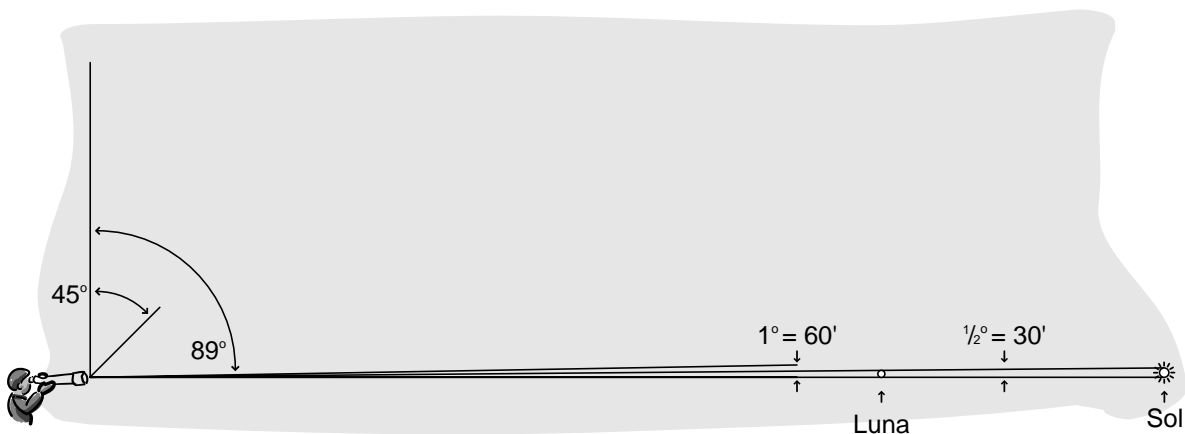


Figura GP-AC-20:  $1/2$  grado = 30 minutos, sol y luna

## Por qué Existen los Grados, Minutos y Segundos y el Problema

La Tierra necesita 365,25 días para viajar alrededor del sol. Los primeros astrónomos no conocían este hecho, de tal manera que hicieron calendarios basados en las observaciones de la posición de los cuerpos celestes. Ellos notaron que las estrellas y sus constelaciones tendían a migrar a través del cielo conforme cambiaban las estaciones y que pasaban más o menos 360 días hasta que las estrellas volvieron a los mismos lugares en el cielo, cuando se las observaba a la misma hora de la noche.

### Qué Hacer y Cómo Hacerlo

Trescientos sesenta (360) es un número muy versátil si usted hace muchos cálculos matemáticos. Es un número fácilmente divisible para muchos números.

Haga que los estudiantes elaboren una lista de todos los números para los que el 360 es divisible y pídale que pongan por qué esos números tienen importancia cultural, histórica o física. Ejemplos:

2	12
3	5
4 (estaciones)	18
5 (mitad de 10)	20 (dedos de las manos y pies)
6	24 un día
8	30 (casi el tiempo que hay entre una fase de luna llena y la siguiente)
9	90 (días de una estación)

Debido a que el círculo se repite a sí mismo cada año, el círculo fue dividido en 360 grados. De esta manera, 360 días fue, durante mucho tiempo, la duración estándar para cada año.

## Medición de la Tierra con Ángulos

### Antecedentes

Debido a que nuestro planeta es redondo, podemos medir distancias sobre su superficie, como diferencias angulares desde el centro de la Tierra. Un grado sobre la superficie redonda de la Tierra es aproximadamente 111 km. Esa distancia era mayor de la que la mayoría de la gente podía viajar. Por lo tanto, se usó una división más pequeña. Un grado está dividido en 60 minutos. Cada minuto de arco sobre la superficie de la Tierra está definido como una milla marina (más o menos 1,8 km). Los

navegantes usaron las millas marinas durante siglos. Una velocidad de una milla marina por hora es un “nudo”. Si bien las unidades métricas han sido aceptadas globalmente, tanto millas marinas, como nudos continúan siendo utilizadas para algunas aplicaciones marinas y de aviación.

Nosotros continuamos usando grados, minutos y segundos para medir ángulos. Sin embargo, los siguientes ángulos son equivalentes:

$$\text{Un cuarto de círculo} = 90^\circ$$

$$\text{El diámetro de nuestra Luna} = 0,5^\circ = 30'$$

$$\text{El diámetro de Júpiter} = 0,013^\circ = 0,79' = 47''$$

Si bien se puede expresar el diámetro de Júpiter, tal como se lo ve desde la Tierra, como “cero punto cero uno tres grados”, “trece miligrados”, o “trece milésimas de grado”, la forma aceptada por la mayor parte de la comunidad científica es “cuarenta y siete segundos de arco”. Parece que la gente prefiere usar números enteros en lugar de fracciones y el uso de minutos y segundos facilita esto para los ángulos pequeños. En contraste, la gente casi nunca describe 30 minutos de arco como 1.800 segundos de arco o 90 grados como 5.400 minutos de arco o 324.000 segundos de arco.

El problema es que nosotros tenemos varios conjuntos de unidades (grados, minutos y segundos) con los cuales podemos expresar el mismo ángulo. Algunas unidades facilitan mejor nuestra manipulación intuitiva de ángulos de tamaños muy diferentes, pero estas unidades diferentes pueden complicar las operaciones aritméticas con los ángulos.

### Conversión entre Unidades de Grados, Minutos, Segundos y Grados Decimales

El uso de grados, minutos y segundos puede ser un problema si usted necesita relacionar varios ángulos que están medidos en diferentes combinaciones de esas unidades.

$$5^\circ 45' 0'' = 5,75^\circ$$

$$0^\circ 30' 0'' = 0,5^\circ$$

¿Qué pasa si queremos sumar al primer ángulo la mitad de un grado (que es 30 minutos)? El nuevo ángulo deberá ser el resultado de sumar ambos ángulos. Si bien esto se puede hacer sumando los grados con los grados y los minutos con los minutos, mire lo que pasa con este ejemplo. Cuando usted suma 45 minutos más 30 minutos, el resultado es 75 minutos, lo cual es más de un grado. Así, el nuevo ángulo se puede representar como 5 grados, 75 minutos y 0 segundos.



	Cálculo	Resultado en grados decimales
Segundos	$9''/60/60$	$0,0025^\circ$
Minutos	$15'/60$	$0,2500^\circ$
Grados completos	$25^\circ$	$25,0000^\circ$
Grados decimales		$25,2525^\circ$

Tabla: GP-AC-3: Convertir 25 grados, 15 minutos, 9 segundos a grados decimales

Sin embargo, ahora, nuestro número de minutos es mayor que un grado entero. Si esto ocurre, preferimos incrementar en uno el número de grados y restar 60 al número de minutos. Esto nos deja con un ángulo expresado por  $6^\circ 15' 0''$ . Ahora el número de minutos está expresando solamente una parte de un grado.

Algunos hacen muchos cálculos aritméticos con ángulos (topógrafos, carpinteros, dibujantes, astrónomos). Que pueden hacerse muy engorrosos, especialmente si el número de segundos no es cero. Por lo tanto, nos gustaría ser capaces de convertir ángulos medidos en grados, minutos y segundos a ángulos medidos en grados decimales y viceversa. Vea la Tabla GP-AC-3.

### Grados, Minutos y Segundos a Grados Decimales

Usted convierte segundos a grados decimales dividiéndolos dos veces para 60. Y convierte los minutos a grados decimales dividiéndolos para 60. Los grados completos permanecen iguales. Sume los tres números para obtener el número total de grados decimales. Vea la Tabla GP-AC-3.

### Grados Decimales a Grados, Minutos y Segundos

Quite el número entero de grados y trabaje con la fracción decimal. Multiplique esta fracción por 60 para obtener minutos decimales. Quite el número entero de minutos y mantenga la fracción decimal. Multiplique esa fracción decimal por 60 para obtener segundos decimales. Combine los números enteros de grados y minutos con los segundos restantes para obtener un ángulo expresado en unidades de grados, minutos y segundos.

## Por qué los Receptores GPS Usan Grados y Minutos

Un receptor del Sistema de Posicionamiento Global del Programa GLOBE está disponible para usted a manera de préstamo. Este receptor muestra medidas de ángulos de longitud y latitud en grados enteros, minutos y decimales de minutos. Los decimales de minutos se muestran con una resolución de dos dígitos a la derecha de los minutos. Una típica medida de latitud se presenta así  $35^\circ 15,01'$ . ¿Por qué no usar segundos en lugar de decimales de minutos? Esto se debe a que el número más próximo a la centésima de minuto de arco es más exacto que el más próximo al segundo de arco.

$0,01'$  es igual a  $1/100$  minutos. Este valor es menor que  $1/60$  minutos. Si necesitamos dos dígitos para designar los segundos, entonces, estos están describiendo un ángulo que es más grande que el que muestran los dos dígitos decimales de los minutos como se ve en la presentación de  $15,01$ . Así, los ingenieros que diseñaron el receptor GPS presentan las medidas de los ángulos en un formato que muestra un ángulo más pequeño con el mismo número de dígitos. Este formato presenta una mayor resolución de ángulo con menos dígitos y, así, se puede representar con más exactitud la latitud y la longitud. Para alcanzar la misma resolución en segundos de arco, se necesitaría tener un dígito extra para las fracciones de segundo ( $35^\circ 15' 0,06''$ ) en la pantalla del instrumento, lo cual lo haría más costoso.

Muchos receptores GPS se pueden programar para que puedan mostrar ángulos en una variedad de unidades y formatos. Le corresponde a usted, a los científicos, el decidir cuál receptor cumple mejor sus requerimientos. Si necesitamos precisión extra sin necesidad de mostrar y grabar más dígitos, los grados decimales son preferibles a los minutos y segundos.

### Aritmética con Grados y Minutos

No se pueden sumar fácilmente ángulos expresados en grados y minutos. Si bien se pueden hacer operaciones matemáticas con ángulos en unidades de grados, minutos y segundos, es más fácil convertir todos los ángulos a grados decimales, hacer las operaciones y luego convertir nuevamente el resultado a las unidades deseadas.

## Qué Hacer y Cómo Hacerlo

### Suma de Ángulos con Unidades Mezcladas

Escriba varios valores de ángulos expresados en grados, en grados y minutos y en grados, minutos y segundos. Haga que los estudiantes sumen esos ángulos. Algunos pueden darse cuenta de que pasarse de 60 minutos ó 60 segundos es similar a "llevar" cuando uno sobrepasa 10 en una columna de una suma.

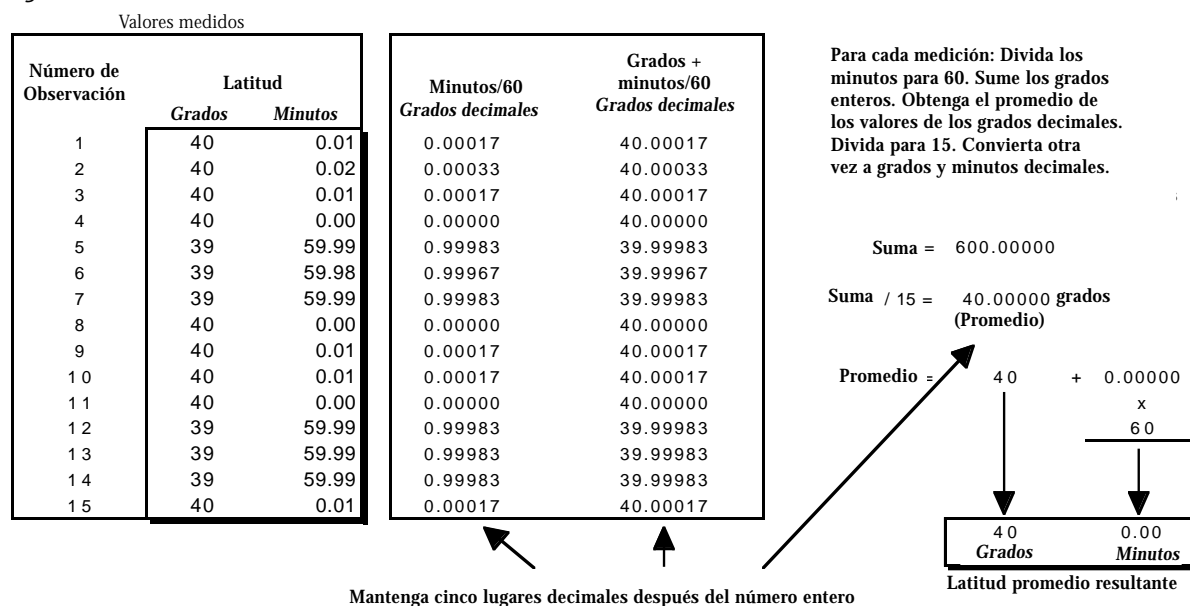
## Promediación de Ángulos Medidos en Grados y Minutos

### Antecedentes

El protocolo para el GPS pide que se obtenga el promedio de 15 latitudes y 15 longitudes. Esto disminuye las ligeras variaciones que se dan en los valores registrados en diferentes momentos. Para promediar una serie de números, se los suma y luego se divide la suma para el número de dichos valores. De esta manera, para obtener promedios se requiere tanto de sumas como de divisiones. Una serie de 15 ángulos registrados en grados y minutos decimales se pueden manipular más fácilmente si primeramente se los convierte a grados decimales. Convierta los 15 valores, haga la suma, luego la división y vuelva a convertir el resultado a grados y minutos decimales.

Cuando esté trabajando con valores de latitud y longitud, mantenga 5 dígitos a la derecha del punto

Figura GP-AC-21 Valores medidos



decimal en sus resultados intermedios, para mantener la resolución que se dé por el 0,01 medición de minuto de arco.

### Un Ejemplo de Cómo Obtener Promedios

En la ciudad de Boulder, Colorado, USA, hay una calle llamada Baseline Street orientada en la dirección este-oeste, sobre la línea de los 40° Norte de latitud. Si estuviera parado sobre esa calle y registrara 15 mediciones con el GPS, puede obtener los resultados que se muestran abajo.

Para obtener un promedio de esas mediciones, convierta cada medición de grados y minutos decimales, a grados decimales. Después sume esos números decimales y divídalos para 15; así obtiene un valor promedio de latitud y longitud en grados decimales. Finalmente, convierta estos grados decimales a valores expresados en unidades de grados y minutos decimales.

### Qué Hacer y Cómo Hacerlo

Nuevamente, escriba serie de hasta 15 valores de ángulos expresados en grados y minutos decimales. Los minutos decimales deben representar una aproximación lo más cercana a la centésima (0,01) de minuto de arco, para que correspondan con los valores que puede mostrar el receptor GPS. Haga que los estudiantes obtengan el promedio de esos ángulos, convirtiéndolos a grados decimales, sumándolos, dividiéndolos y finalmente convirtiéndolos nuevamente a grados y minutos decimales. Es una buena idea confirmar los resultados parciales y finales antes de intentar esto durante las clases.



# Calcular la Hora con el Sol

## Antecedentes

Debido a que la Tierra da una vuelta ( $360^\circ$ ) por día (24 horas), los cuerpos celestes (sol, luna, estrellas) parecen moverse  $15^\circ$  por hora ( $= 360^\circ/24$  horas). Un puño con el dedo pulgar extendido y con el brazo extendido, parece ocupar aproximadamente  $15^\circ$  para la mayoría de la gente. Vea la Actividad de Aprendizaje del GPS de GLOBE "Direcciones Relativas y Absolutas", en la que encontrará una discusión sobre la variación angular del ancho de la mano y una ilustración. De esta manera, el puño con su mano extendida da una medida portátil de una hora del paso a través del cielo, del sol o la luna. Midiendo el número de puños que hay entre el sol y el horizonte occidental, usted puede calcular el número de horas que faltan para la puesta del sol. Si conoce la hora de la puesta del sol, puede calcular la hora actual sin necesidad de un reloj.



## Qué Hacer y Cómo Hacerlo

Determine la hora local de la salida y puesta del sol. (Vea el periódico). Determine la ubicación de los puntos este y oeste de salida y puesta del sol, como se los ve desde su escuela.



Haga que sus estudiantes salgan al patio y midan y registren la distancia (medida en número de puños de la mano) que hay entre el sol y el punto más cercano de salida o puesta del sol. Este método produce mejores resultados por la mañana temprano o durante las últimas horas de la tarde, cuando el sol está cerca del horizonte. Advierta a los estudiantes que no fijen sus ojos en el sol y registre la hora en la que la clase hizo las mediciones.



El número de puños de la mano debe aproximarse al número de horas que han transcurrido desde que el sol salió o que transcurrirán antes de que el sol se oculte en el horizonte. Cada estudiante debe sumar ese número a la hora de la salida del sol o restarlo de la hora a la que el sol se oculta, para obtener una aproximación de la hora. Para obtener un mejor cálculo de la hora, saque el promedio de los valores obtenidos por todos sus estudiantes. Use ese valor en el momento de determinar la diferencia de horas entre el amanecer y el atardecer. Después de los cálculos individuales y de grupo, anuncie a los



estudiantes la hora que marcó el reloj al momento del ejercicio y discuta con ellos los resultados. Vea la Actividad de Aprendizaje de GLOBE "¿Cuál Es La Respuesta Correcta?".

## Adaptaciones Para los Estudiantes Mayores y Para los más Jóvenes

Los estudiantes más jóvenes pueden redondear, tanto la hora del día, como el número de puños de la mano, a la próxima hora, de modo que requieran trabajar solo con números enteros que pueden ser fácilmente contados ascendente o descendentemente. Los estudiantes mayores pueden incrementar su precisión, siendo muy cuidadosos al determinar el punto en el horizonte en el que el sol sale o en el que se oculta, estableciendo experimentalmente el tamaño angular específico de su mano, incluyendo fracciones de puños de la mano y convirtiéndolas a minutos y horas cronológicas. ¡Esta técnica puede trabajar sorprendentemente bien!



# Navegación Celestial



## **Propósito**

Determinar la latitud y la longitud de otro sitio midiendo los ángulos del sol de cada sitio al medio día solar.

## **Visión General**

Sus estudiantes se hacen amigos con estudiantes de otro colegio que se encuentra por lo menos a 500 Km, de distancia. Ambos acuerdan tomar medidas de los ángulos de sol el mismo día, al medio día solar local de cada colegio, en un sitio cuya latitud y longitud se conoce. Las horas y las medidas se comparten. Cada colegio calcula la latitud y longitud del otro colegio. Los resultados son intercambiados y estudiados.

## **Tiempo**

Cuatro periodos de clases

Visión General, estimación del medio día solar local, TU, sincronización de relojes, plan.

Construir un clinómetro, instalar un poste vertical, buscar la superficie horizontal.

Realizar la medida.

Computar, discutir, comparación con el otro colegio.

## **Nivel**

Intermedio y Avanzado

## **Conceptos Claves**

Las medidas de tiempo y ángulo pueden ser usadas para determinar las diferencias en latitud y longitud entre dos sitios.

## **Destrezas**

Medición de un ángulo:

Uso de un clinómetro (*intermedio*)

Uso de trigonometría (*avanzado*)

Sincronización del reloj con precisión

Conversión de la hora local con el tiempo universal

Utilización de un compás para determinar el norte y sur

Suma y resta de ángulos

Multiplicación y división (*avanzado*)

Aplicación de la función trigonométrica de tangente

## **Materiales y Herramientas**

Un sitio externo con una superficie plana y con visión al sol en el medio día solar

Un poste que puede ser colocado verticalmente en una superficie plana.

Una cinta métrica o una regla, suficientemente larga para medir la altura del poste y el largo más corto de su sombra con una resolución en milímetros.

Un reloj igualado con la hora local

Un compás magnético o un conocimiento general de la dirección norte sur.

Clinómetro (*intermedio*)

Una tabla trigonométrica de arco tangente o una calculadora científica (*avanzado*).

Un globo o mapa del mundo.

Hojas de Trabajo

Computadora y el Servidor del Estudiante GLOBE

## **Preparación**

Determine la latitud y longitud de su sitio.

Haga arreglos con otro colegio para tomar las medidas el mismo día.

Construya y pruebe el clinómetro de Cobertura de Tierra y Biología.

Iguale un reloj con el tiempo local.

Estime la hora aproximada del medio día solar local.

## **Prerequisitos**

Trabajar con ángulos



## Antecedentes

En tiempos remotos, Eratóstenes intuyó la circunferencia de la Tierra sin tener que caminar alrededor del planeta. Él utilizó la geometría y un juego de medidas angulares de nuestro sol tomados en dos ciudades Egipcias, las ciudades de Ciene y Alejandría, las que están separadas por alrededor de 900 kilómetros. De esto, él sacó que la circunferencia de la Tierra era de alrededor de 44.055 km. A pesar de que esto es 15% más largo que la real circunferencia de la Tierra, que es de 40.074 Km, este resultado es una demostración sorprendente de la geometría y lógica dadas las destrezas de medición disponibles.

Ahora nosotros conocemos las dimensiones de la Tierra muy bien. Utilizando nuestro receptor GPS o un mapa, nosotros podemos conocer nuestra propia latitud y longitud. ¿Podríamos nosotros usar técnicas similares a las de Eratóstenes para determinar la latitud y longitud de otro colegio?

Sí. Nosotros podemos medir los ángulos de nuestro sol tanto en nuestro colegio como en el otro para determinar nuestra diferencia en latitud. La diferencia entre las dos horas registradas en el ángulo más alto del sol en cada colegio, nos indica la diferencia en longitudes. La hora en la que nuestro sol está en el punto más alto en el cielo es llamado el medio día solar y determina la hora a la que las medidas para la *Investigación de la Atmósfera* son hechas.

Los estudiantes de intermedio pueden medir directamente los ángulos construyendo un clinómetro como está descrito en la *Investigación de la Cobertura Terrestre y Biología*. Los estudiantes avanzados pueden sacar los ángulos midiendo la altura del poste y el largo de su sombra utilizando técnicas trigonométricas, las cuales tienden a ser más precisas que nuestras mediciones con el clinómetro.

Antes de hacer las mediciones, ustedes necesitan asociarse con otro colegio GLOBE que se encuentre por lo menos a quinientos kilómetros a distancia y planificar la fecha en la que ambos pueden tomar las medidas en el exterior. Usted puede usar el GLOBEMail para hacer esto. Usted también necesita determinar la latitud y longitud de su colegio a través de un *Protocolo GPS*, para familiarizarse con los ángulos que describen la latitud y longitud y para ser capaz de igualar el reloj con precisión a su hora local.

## Qué Hacer y Cómo Hacerlo

Usted y el colegio asociado van a:

- Escoger la fecha en la que los dos tomarán las medidas en el exterior.
- Estimar la hora de su medio día solar local para la fecha de sus mediciones en el exterior.
- Igualar con precisión el reloj.
- Tomar medidas de la sombra solar en el exterior.
- Intercambiar los datos de las mediciones entre los colegios.
- Computar la latitud y longitud del otro colegio.
- Comparar los resultados.

## Mediciones Exteriores

En la misma fecha calendario, al medio día solar local de cada colegio, y desde un sitio de latitud y longitud conocida, cada colegio registrará los siguientes datos en la Hoja de Trabajo de Registro de Mediciones de Navegación Celestial indicadas en el apéndice de esta actividad:

Altura del poste vertical

Dirección (norte o sur) de la sombra del poste

Durante 20 minutos antes y después de la hora estimada del medio día solar local, cada colegio tomará registros con intervalos de cuatro minutos:

El largo de la sombra sobre el terreno plano desde el poste vertical

(*Intermedios únicamente*) ángulo entre el suelo horizontal y la línea hacia el sol.

Usted puede estimar la hora del medio día solar local, siguiendo el procedimiento descrito en la *Investigación de la Atmósfera* o realizando a "grosso modo" este experimento una semana antes

Figura GP-AC-22: Estudiantes Tomando las Medidas

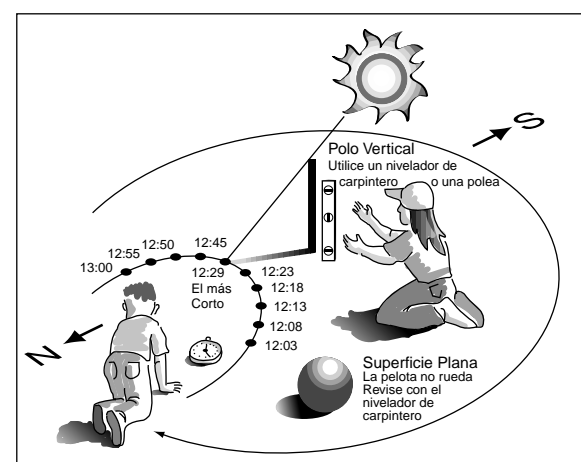
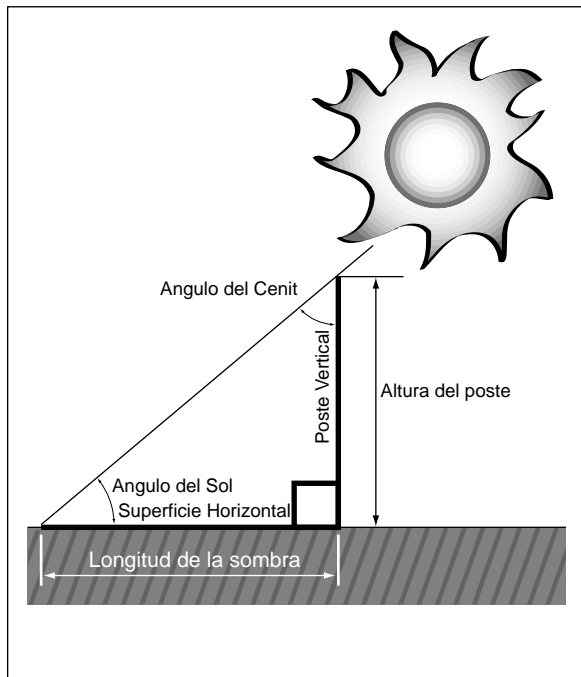


Figura GP-AC-23: Ángulo Solar, Poste Vertical, Superficie Horizontal.



Mida las distancias horizontales en milímetros y los ángulos solares en grados de las sombras desde el poste vertical a intervalos de cuatro minutos durante veinte minutos antes y después de la hora estimada del medio día solar local. Se requieren algunas personas para tomar estas medidas:

(Únicamente intermedios) una persona cuidadosamente deberá sostener y regular el clinómetro para mantenerlo alineado con el sol a través de la observación del punto de luz que pasa a través del sorbete (pajilla) que tiene en su mano.

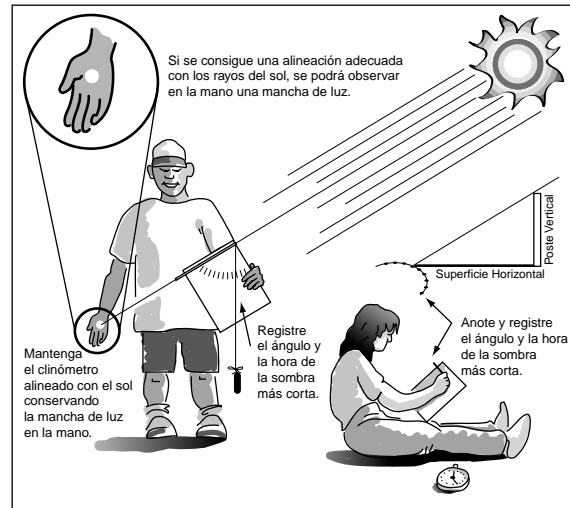
(Únicamente intermedios) otra persona deberá observar el ángulo indicado en el clinómetro. Use el clinómetro para medir el ángulo desde la horizontal hasta nuestro sol al grado más cercano. PELIGRO: no mire al sol a través del clinómetro. Esto podría dañar sus ojos.

Una persona debería medir y marcar los largos de la sombra desde el poste vertical.

Otro deberá observar la hora y registrarla en la Hoja de Trabajo. En intervalos de cuatro minutos durante el experimento, deberá pedir al observador del clinómetro el ángulo medido y al observador de la sombra la medición del largo de la misma y registrar estos valores.

El clinómetro descrito en *Investigación de la Cobertura Terrestre y Biología* usa un sorbete (pajilla) para el alineamiento óptico. No trate de mirar al sol a través del sorbete de su clinómetro, usted se hará daño a los ojos. En su lugar, sostenga el clinómetro con una mano. Alinee de tal forma que usted pueda ver un punto de luz del sol a través del sorbete (pajilla) en su otra mano, como indica en la ilustración.

Figura GP-AC-24 Estudiantes utilizando un Clinómetro



### Intercambie las Medidas con el Colegio Asociado

Asegúrese de que su colegio asociado tomó las mediciones en el mismo día calendario. Si es que el clima u otros eventos evitaron tener éxito en la toma de medidas en el otro colegio, el par de mediciones deberá ser repetida en otro día. ¿Por qué?. Porque el ángulo de nuestro sol cambia cada día conforme cambian las estaciones.

Cuando sea invitado a intercambiar todos sus datos, intercambie sus mediciones de por lo menos:

La hora universal de la sombra más corta

Medida de la sombra más corta

(Intermedio)

Ángulo del sol y la hora a la que se produjo la sombra más corta

Alto del poste

Dirección de la sombra del poste (norte o sur)

Luego cada uno de los colegios computa la latitud y la longitud del otro



## Encuentre la Latitud de Ellos

El sol se encuentra a aproximadamente 150 millones de kilómetros de la Tierra y nos parece a nosotros que fuera un disco de un diámetro de un grado. Debido a esto, para el propósito de esta actividad, podemos asumir que todos los rayos que salen del sol son paralelos. Mire la Figura GP-AC-24; en cualquier día al medio día solar, el ángulo al que los rayos del sol pegan a la superficie de la Tierra varía solo con la latitud. Si es que comparamos las medidas hechas en dos sitios distintos en el mismo día podremos determinar la diferencia de latitud entre estos dos lugares.

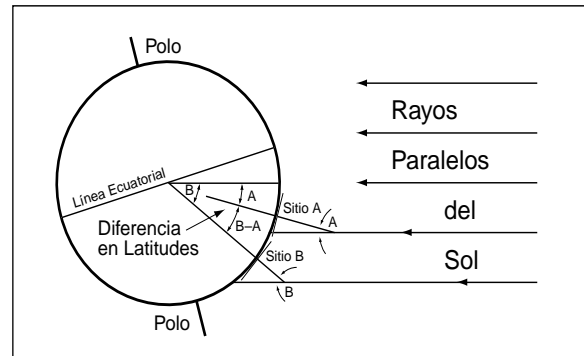
Conforme la Tierra rota sobre su eje, el ángulo con que la luz del sol golpea la superficie varía, así que es importante que las observaciones hechas en dos sitios diferentes que van a ser comparados sean hechas a la misma hora solar local. Al medio día solar local, o bien nuestro sol está directamente sobre nuestras cabezas o bien el ángulo al que la luz golpea la superficie de la Tierra está orientado en el sentido norte - sur y toda la diferencia entre los dos lugares se debe a la variación en latitud. El ángulo con que la luz del sol golpea la superficie también varía día a día conforme la Tierra orbita alrededor del sol; por lo tanto, las mediciones que van a ser comparadas tienen que ser hechas en el mismo día.

Para encontrar la latitud del otro colegio, copie sus medidas y la medida del colegio asociado a la hora local del medio día solar, y anote éstas en la Hoja de Trabajo para Calcular la Latitud de Navegación Celestial GPS. Busque la Hoja de Trabajo de Ejemplo y luego realice los cálculos conforme se indica en la Hoja de Trabajo en Blanco que aquí se repite:

- Para los datos de cada colegio:
- (Avanzado) compute el ángulo del sol
- (Intermedios) use el ángulo del sol medido y compute el ángulo del cenit (90-ángulo del sol) [grados].
- Compute la diferencia de latitud (reste los ángulos de cenit)
- Compute la diferencia de sus latitudes
- Compute la latitud del colegio asociado

De las medidas por usted tomadas determine la hora de su medio día solar local. Esto ocurre cuando la sombra es más corta. Debido a que usted podrá tener varias medidas de la misma longitud elija la hora de aquella que esté lo más cercana posible al centro de las medidas cortas iguales. Convierta esto

Figura GP-AC-25. Relación de la Latitud y el Ángulo del Sol



a tiempo universal y registre esto en su Hoja de Trabajo de Cálculo además de los otros datos de sus mediciones y los del colegio asociado.

Siga los cálculos indicados en la Hoja de Trabajo. Los estudiantes avanzados determinarán el ángulo del sol a través de una computación trigonométrica, mientras que los otros utilizarán los ángulos medidos con el clinómetro.

Nosotros realmente necesitamos el Angulo del cenit. Este es el ángulo entre una línea que apunta al sol y una línea vertical. Es la diferencia entre nuestro ángulo con nuestro sol y nuestro ángulo con el cenit. El cenit se define como si siempre estuviera sobre nuestras cabezas donde quiera que estemos. El poste vertical apunta al cenit. Debido a que la suma de todos los ángulos internos de un triángulo de  $180^\circ$ , si es que el poste es vertical, y el suelo es horizontal (plano), entonces podemos restar los  $180^\circ$  menos los  $90^\circ$  del ángulo del sol para obtener el ángulo del cenit.

¿Por qué necesitamos el ángulo del cenit? Si es que el sol estuviera sobre la línea ecuatorial (los equinoccios de primavera y otoño están alrededor del 21 de marzo y el 21 de septiembre), entonces nuestros rayos del sol serían paralelos a la línea ecuatorial. Entonces, el ángulo del zenit será igual al de nuestra latitud. El conocer el ángulo del sol de otro colegio nos dirá su latitud. Sin embargo, en días que no sean del equinoccio, el sol no está directamente sobre la línea ecuatorial, así es que sus rayos caen a ángulos diferentes.

Pero, ambos colegios experimentarán los mismos rayos paralelos del sol durante el mismo día sin importar la localización. Así es que si nosotros restamos lo que serían nuestras latitudes en los días del equinoccio, nosotros también estaremos cancelando la diferencia de vida a los movimientos

de estación del sol ya que esta desviación es experimentada por igual en ambos colegios. Por lo tanto, en cualquier día podemos determinar la diferencia de latitudes entre los colegios. Sabiendo esta diferencia y conociendo nuestra latitud (a través de un mapa o la medida de un receptor GPS), podemos encontrar la latitud del otro colegio.

### Correcciones

Cada colegio podría estar viendo al sol de diferentes direcciones norte y sur. Esto puede cambiar durante todo el año conforme el sol se mueve en su ciclo estacional. En este caso, nosotros tal vez deberíamos hacer una suma en lugar de encontrar la diferencia entre los ángulos de cenit de los colegios. La relación entre las direcciones de las sombras del poste nos indica si es que es necesario hacer una suma o sacar la diferencia entre los ángulos de cenit. La Hoja de Trabajo tiene una tabla que indica las condiciones para la suma o la resta.

Es también posible que el colegio asociado se encuentre en el hemisferio opuesto al suyo. Si así ocurriera, usted obtendrá una latitud negativa cuando usted realice sus restas finales. En este caso, solamente cambie de hemisferio y haga sus resultados positivos.

### Encuentre la Longitud de Ellos

Debido a que estamos en un planeta que rota un grado cada cuatro minutos, saber las diferencias entre las horas nuestras y las del otro colegio del medio día solar local, nos indica a nosotros nuestra diferencia de longitud. El tiempo universal debería ser utilizado por ambos colegios de tal suerte que trabajemos con una referencia común. Realice los cálculos conforme están indicados en la Hoja de Trabajo. Vea el formulario de ejemplo y luego realice los cálculos conforme se indican en el formulario en blanco y que aquí se repite:

Para cada dato del colegio:

Utilice el Tiempo Universal para registrar el medio día solar local

Convierta los tiempos en minutos en el día (TU)

Encuentre la diferencia de tiempo en minutos entre el medio día solar local de su colegio y el del colegio asociado

Convierta la diferencia de tiempo en diferencia de longitud (un grado cada cuatro minutos)

Suma o reste de la longitud medida de su colegio

Corrija los cambios de hemisferio

Compute la longitud del colegio asociado

Todas estas frases describen la misma cosa:

24 horas en un día

24 horas para que la Tierra haga una rotación con relación al sol

24 horas en una rotación de  $360^\circ$  de la Tierra

1440 minutos en una rotación de  $360^\circ$  de la Tierra

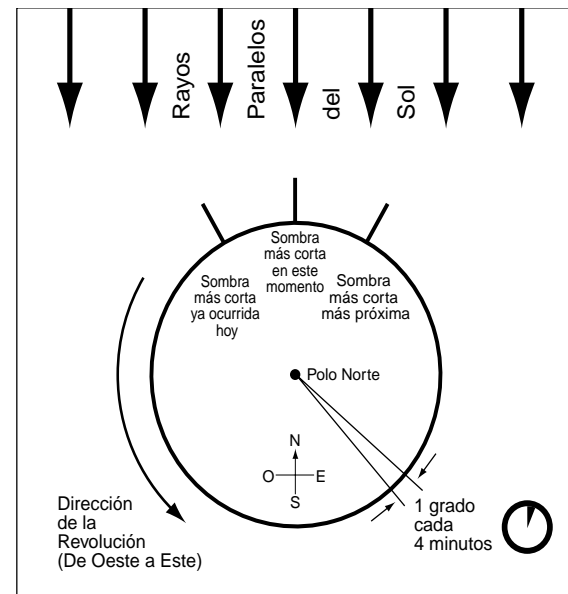
4 minutos en un grado de rotación de la Tierra

4 minutos en un grado de movimiento este, oeste del sol

Cada 4 minutos la Tierra rota  $1^\circ$  de longitud

Así es que cada 4 minutos, nuestro sol se mueve un grado

Figura GP-AC-26 Medida de la Longitud del Ángulo del Sol de la Longitud



Debido a que estamos en un planeta que rota un grado cada cuatro minutos, el saber la diferencia entre las horas de nuestro medio día solar local y las del otro colegio, nos indica nuestra diferencia de longitud. El Tiempo Universal deberá ser usado por los dos colegios de tal suerte de estar trabajando con un esquema referencial común. Realice las computaciones como se indica en la Hoja de Trabajo.

El tiempo es importante para las computaciones de longitud. Compare esto con las computaciones de latitud en donde la medida de los ángulos es importante. Los relojes de péndulo fueron desarrollados mucho antes que los relojes de resorte autoregulados. Pero los relojes de péndulo no trabajan bien en un barco o en un buque que se mueve y se balancea. Hasta que se desarrollaron los relojes que no requerían péndulos, los buques podían determinar sus latitudes pero no sus



longitudes. El esfuerzo épico para desarrollar la tecnología que resolvió este problema se presenta en el libro *Longitud* (por Dava Sovel, 1995, Walker Publishing Company Inc.).



Para facilitar sin tener que tratar con fracciones de hora, convierta el Tiempo Universal de horas a minutos y en un número de minutos para el día para cada colegio. Encuentre la diferencia entre estas horas para determinar la cantidad de tiempo existente entre el medio día solar local en cada sitio. Debido a que la Tierra gira en forma estable  $1^\circ$  cada 4 minutos, divida la diferencia de tiempo para cuatro para computar la diferencia angular de longitud en grados entre los colegios.



Nuestro planeta gira de oeste a este. Usted puede saber esto recordando que el sol se eleva por el este, lo que indica que usted deberá estar viajando hacia el sol y por lo tanto hacia el este. Así el colegio que tuvo su medio día solar local primero se encuentra al este del otro colegio. Esto nos indica si se deben sumar o restar las diferencias de longitudes entre los colegios con relación a su longitud para obtener la longitud del otro colegio.



### Correcciones

Si es que el valor de la longitud del otro colegio es negativo, entonces éste está a través del Meridiano Principal (longitud de  $0^\circ$ ) de donde está usted. En este caso, cambie los hemisferios este, oeste y use un valor de longitud positivo. Si es que el valor va a ser mayor de  $180^\circ$ , entonces está al otro lado de la Línea de Fecha Internacional. En este caso, cambie de hemisferios, reste  $360^\circ$ , y luego tome el valor positivo como final para la longitud.



### Compare con el Colegio Asociado

Comuníquese con el colegio asociado y comparta los resultados. ¿Qué pasó?, ¿Pudo usted obtener su localización?, Si es que no ¿Qué tan lejos estuvo de lograrlo?, ¿Usted sabe por qué? ¿Puede usted comparar cualquier error en su respuesta a la de Eratóstenes? ¿Puede usted determinar por qué?



### Preguntas y Estudios Posteriores

La gente ha usado los objetos celestiales (estrellas, sol y la luna) durante siglos para determinar su localización en la Tierra. ¿Cuál es la diferencia de esto con relación a nuestras actividades? Imagínese al otro colegio ubicado a  $0^\circ$  de latitud y a  $0^\circ$  de longitud y que tenemos una tabla de ángulos solares para el medio día solar local para la ubicación de ese colegio para todo el año. Nosotros podríamos tomar las medidas del ángulo del sol y determinar



la hora del medio día solar local en cualquier sitio que escojamos, luego hacer trabajar el problema arriba expuesto en sentido inverso para determinar nuestra ubicación en cualquier parte del mundo. Esto ha sido hecho durante algunos cientos de años y progresivamente ha venido a ser más preciso con el desarrollo de mejores relojes y mejores técnicas de medida del ángulo solar. Los matemáticos y astrónomos han desarrollado las tablas necesarias del conocimiento de la relación espacial entre la Tierra y una gran cantidad de objetos celestes. El Sistema de Posicionamiento Global opera usando principios similares con la excepción de que los cuerpos celestes visibles están siendo reemplazados por satélites artificiales que usan señales de radio.

### ¿Cómo podemos igualar nuestros relojes con precisión?

¿Cómo llegamos a saber la hora correcta del día? Existen fuentes disponibles que típicamente pueden darle la hora con una precisión mejor que de un segundo, incluyendo:

- El tono de la hora de una estación de radio o de una estación de televisión
- Varias estaciones de radio de onda corta
- Programas para computadoras, basados en la transferencia de la hora por Internet
- Un receptor GPS

### Estaciones de Transmisión

Las estaciones de televisión y radio locales requieren coordinar sus transmisiones con otras estaciones y con sus fuentes de información. Por lo tanto, están altamente motivados para saber el tiempo con una precisión mayor a la de un segundo. Muchas estaciones de radios comerciales ofrecen un tono de tope a la finalización de la hora (0 minutos 0 segundos) con el que uno puede igualar su reloj. Existen varias estaciones internacionales de radio de onda corta que emiten únicamente la hora del día.

¿Cuánto le toma a la señal llegar desde la estación de radio hasta usted?

Si usted se encuentra a 100 km de la estación de radio cuando el tono suena, la señal viajando a la velocidad de la luz ( $3.0 \times 10^8$  metros/segundos) llegará a su radio en un tercio de un milisegundo (un milisegundo = una milésima de segundo) después de que esta es enviada. Al sonido del radio le tomará tres milisegundos viajar a la velocidad del sonido (331 metros/segundos) desde el aparato del radio hasta su oído si es que se encuentra a un metro

de distancia del radio. De tal suerte que cualquier error que pueda incurrir cuando ajusta manualmente su reloj, será más largo que el tiempo que le toma a la señal llegar desde la estación de radio a usted.

### Redes de Computación

Usted puede obtener la hora de la Armada de los Estados Unidos vía Internet en <http://tycho.usno.navy.mil>. El programa de comunicaciones de su computadora desagrega sus datos digitales en paquetes y los envía a través de la red de trabajo, potencialmente por vía de diferentes caminos, con demoras no conocidas y variables. Estos paquetes también requieren algo de tiempo para ser transmitidos, por lo tanto, no podemos saber con facilidad la diferencia de tiempo entre lo que usted ve a la hora presentada en la pantalla y el cuándo la computadora en un sitio remoto en realidad respondió a su pedido.

Existen programas para ser usados vía Internet con los que se puede transferir la hora del día desde otra computadora a la suya. Algunos de estos programas son lo suficientemente sofisticados, de tal suerte que pueden rebotar mensajes entre las dos computadoras, para medir el tiempo promedio de demora entre las dos. Una vez que esta demora es estimada, se la puede sumar a la hora enviada desde la computadora remota para intentar corregirla de los varios retardos ocasionados por el viaje a través de la red de trabajo.

En algunas ocasiones los astrónomos usan una hora ligeramente diferente (hora sideral), la cual es sincronizada con el movimiento de las estrellas. Esto difiere en alrededor de cuatro minutos por día de nuestra "Hora Civil" (la hora del día indicada típicamente en nuestros relojes), la que tiene como referencia nuestra relación con el sol. Otras fuentes de hora disponible en la red incluyen:

<http://www.greenwich2000.com/time.htm>

[http://www.bldrdoc.gov/doc-tour/atomic\\_clock.html](http://www.bldrdoc.gov/doc-tour/atomic_clock.html)

### Sistema de Posicionamiento Global

El GPS es un sistema inherentemente basado en la hora. Debido a que las localizaciones son encontradas por señales de tiempo enviados desde satélites que tienen a bordo relojes atómicos los mismos que están igualados con precisión, su receptor GPS puede presentar la hora del día. Algunos receptores GPS más elaborados pueden también compensar por el tiempo que le toma a la señal viajar desde el satélite hasta su receptor de

GPS, porque conoce la distancia al satélite, y por lo tanto puede calcular el retardo (el mismo que es de alrededor de 67.000 segundos)

### Hora Local Versus Hora Universal

En esta actividad, tanto su colegio como el colegio asociado van a encontrar la hora local del mediodía solar registrando su hora local del día cuando la sombra del sol es la más corta. Luego usted podrá determinar la diferencia de la hora local del mediodía solar en ambos colegios.

Debido a que el sol aparece sobre nuestras cabezas a diferentes horas en las diferentes longitudes, las instituciones gobernantes decidieron dividir al mundo en 24 zonas de tiempo, cada una separada de la otra en promedio por 15 grados en longitud, que es la distancia equivalente a una hora de rotación de la Tierra. Por lo tanto, es muy posible que la hora cuando el sol está en el punto más alto del cielo (mediodía solar local), en su colegio, es muy diferente de aquella del otro colegio que está a una buena distancia. Es posible también que el otro colegio se encuentre en una zona de tiempo (huso horario) distinta en la que la hora de todos los relojes es diferente a la suya por una o más horas completas. Sin embargo, podemos hacer que los dos colegios presenten sus mediciones de tiempo en una referencia de tiempo común. Entonces, podremos restar los dos tiempos para establecer la diferencia.

Por razones históricas, la hora que cruza a lo largo del meridiano de Greenwich, Inglaterra, es definido como Hora Universal. Cambiamos la hora local a Hora Universal sumando o restando horas enteras que dependen de nuestra localización.

Podemos determinar las horas que debemos sumar o restar para la conversión a Hora Universal mirando a un mapa o globo terrestre que indique las zonas de tiempo o husos horarios o preguntando a alguien que sabe hacerlo. Estas podrían cambiar con la aplicación local del Ahorro de Tiempo por la Luz del Sol. En los trabajos relacionados con la aviación y la meteorología, los oficiales típicamente requieren conocer los estándares de la hora local. La mayor parte de los receptores GPS pueden ser seleccionados para presentar la hora local o la hora universal.

Vea los enlaces para las páginas Web que presentan la Hora Universal.



### *¿Qué tan precisos son sus resultados?*

¿Qué tan cercana (en grados) es su latitud y longitud calculadas de aquellas medidas en el otro colegio? ¿Qué afecta esta diferencia? Asumiendo que usted realizó los cálculos aritméticos correctamente y que usó las fórmulas correctas, los resultados pobres pueden ser por causa de errores de instrumentación en los datos medidos, lo cual, podría incluir:

- Tamaño de una sombra borrosa
- Alineación del tubo
- Piso no plano o el poste no estaba vertical
- Determinación de la hora del mediodía solar local

¿Cómo puede usted determinar cuál de los errores causa más problemas? Pretenda que realiza el experimento. Junte un juego de mediciones que usted juzgue podría obtener bajo circunstancias ideales. Realice los cálculos con sus números ideales y asegúrese de que obtiene las respuestas ideales que espera. Luego junte un juego de números en el que todos sean ideales a excepción de un solo error. Escoja el valor del error que sea típico de lo que usted podría observar. Por ejemplo, usted podría añadir unos pocos milímetros al tamaño de la sombra, en donde, añadir 100 metros es claramente demasiado. Realice los cálculos con estos números y compare con los resultados ideales.

Cuando usted haga esto, usted está realizando una simulación para probar la sensibilidad de su experimento frente a las fuentes de error. Para experimentos más complejos, que tiene una mayor cantidad de medidas y un montón de ecuaciones, se podría usar un programa de computación para variar todas las fuentes de error identificadas y así determinar los varios resultados extremos.

### *¿Importa si es que el poste está vertical? ¿Cómo podemos confirmar que el poste está vertical?*

Usted puede usar un nivel de carpintero para comprobar si el poste está vertical. Es posible que el poste esté vertical en el plano norte - sur, pero no en el plano este - oeste. Así es que, asegúrese de usar el nivel en varios lados del poste para garantizar que esté completamente vertical.

Una línea vertical se forma cuando una cuerda sostiene un peso. Si es que su poste coincide en ser un pedazo de tubo, usted puede probar si es que es vertical si introduce un peso por el interior del tubo. Cuando usted oriente el tubo de tal suerte que la cuerda está centrada a todo lo largo, el poste está vertical. El peso fue alguna vez llamado "plomada",

debido a que los pesos que se usaban eran hechos de plomo. Un antiguo nombre químico para el plomo "plumbum" de donde viene la palabra "plomero".

Algunas personas ni siquiera usan un poste cuando hacen estas medidas. Ellos simplemente cuelgan la piola con un peso desde algún objeto de arriba. La piola debe tener un nudo o cualquier otro objeto lo suficientemente grande para producir una sombra visible y deberá estar amarrada entre un metro o medio metro sobre la superficie plana. La distancia desde la superficie al nudo debe ser cuidadosamente medida y registrada igual que la distancia vertical. Sin embargo, esta técnica tiene problemas si es que el viento mueve a la piola y al peso.

Se introducirán errores en la técnica trigonométrica de la medida del ángulo si es que el poste no está vertical y si es que la superficie donde está ubicado no es plana. Este no es un problema para la técnica del clinómetro usada para medir el ángulo del sol, sin embargo, incrementa la dificultad para determinar el largo mínimo de la sombra.

### *¿Importa si es que el piso es plano? ¿Cómo podemos confirmar si es que el piso es plano (horizontal)?*

Si es que una pelota de fútbol u otra pelota rueda sola al colocarla sobre el suelo, su superficie no es plana. Técnicas más sensibles utilizan la tendencia de los líquidos a moverse hacia el punto más bajo posible. Usted puede usar un nivel de carpintero para verificar si es que el piso es plano. Asegúrese de colocar el nivel de tal manera que los tubos conteniendo el líquido estén paralelos a la superficie.

Una gota de agua sobre una superficie formará una bola y se quedará en la superficie aunque la superficie no sea exactamente horizontal. Los detergentes son químicos que reducen la tensión superficial de los líquidos. Suavemente suelte una pequeña cantidad de detergente doméstico en una pequeña cantidad de agua en la superficie. Esto reducirá suficientemente la tensión superficial del agua de tal manera que rueda cuesta abajo si es que la superficie no es plana. Esto puede ayudarle a usted, tanto para determinar si es que la superficie es plana como en corregirla si es que usted la puede mover.

Una técnica más sofisticada para determinar un plano horizontal común utiliza un tubo largo flexible transparente casi completamente lleno de líquido.





Dos estudiantes, cada uno de ellos sosteniendo los extremos del tubo, se mueven apartándose el uno del otro mientras sostienen los extremos del tubo para no derramar el líquido. Independientemente de su distancia, los niveles del líquido en cada extremo será el mismo.

Los Geólogos utilizan una variación de esta técnica para detectar elevaciones o caídas de la superficie de nuestro planeta. Ellos entierran, o depositan sobre la superficie, un tubo horizontal que podría tener varios cientos de metros de largo y llenan este tubo con agua hasta la mitad. El tubo es ajustado hacia arriba y hacia abajo hasta que se pueda observar en ambos extremos del tubo que están llenos a la mitad. Si es que el suelo se movería ligeramente produciendo un cambio en el ángulo tan pequeño como de una fracción de grado, el agua se moverá a un extremo del tubo. Este es un ejemplo de la construcción de un instrumento que indica una pequeña diferencia con un cambio dramático. Usted puede hacer lo mismo con un tubo largo y transparente de un diámetro moderado.

Se introducirán errores en la técnica trigonométrica de medición del ángulo si es que el poste no es vertical y su superficie no es plana. Esto no es un problema cuando se usa la técnica del clinómetro para medir el ángulo del sol; sin embargo, se incrementa la dificultad para determinar el largo mínimo de la sombra.

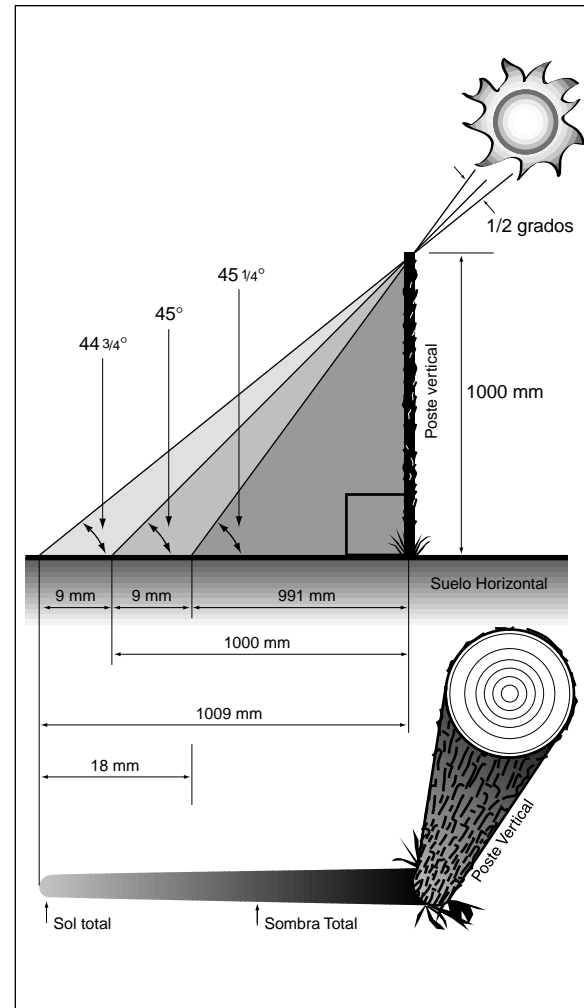
### ¿Qué pasa si tenemos una sombra difusa?

Si usted se encuentra en la Tierra y utiliza el sol como una fuente de luz, usted siempre obtendrá una sombra difusa. Con un poste corto usted podría no notar lo borroso del extremo de la sombra, pero ninguna sombra generada por el sol tiene extremos bien definidos en la Tierra.

¿Por qué? Porque la luz del sol no parece venir de una fuente puntual. En su lugar parece que viene en forma casi uniforme desde un círculo de un diámetro de aproximadamente un grado (que realmente es del mismo tamaño angular que la luna, razón por la cual los eclipses solares totales son tan interesantes).

Debido a que podrían dañarse sus ojos si mira directamente al sol, mire a una luna llena una de estas noches. La luz se irradia a usted desde el centro, desde arriba, desde abajo, desde la derecha y desde el lado izquierdo de la luna. Toda esta luz se aproxima a usted o a cualquier objeto que pueda generar una sombra por ángulos ligeramente diferentes.

Figura GP-AC-27: Sombras Difusas



Por ejemplo, si un poste vertical de un metro de alto es ubicado donde el sol, parece estar, a 45 grados de altura en el cielo, los rayos de luz que pasan inmediatamente sobre el extremo superior del poste vienen desde partes ligeramente diferentes del sol. Los rayos del centro podrían estar viniendo hacia abajo en un ángulo de 45°, pero los rayos de la parte superior estarán viniendo hacia abajo sobre la parte superior del poste, con una inclinación mayor de un cuarto de grado ( $45 + 0,25 = 45,25^\circ$ ). Contrariamente, los rayos que vienen de la parte inferior se aproximarán en un ángulo menos pronunciado en un cuarto de grado ( $45 - 0,25 = 44,75^\circ$ ). Los rayos con menor ángulo toparán el suelo más lejos del poste (1009 milímetros), mientras que los rayos más pronunciados estarán más cercanos (911 milímetros). Esto es una diferencia de 18 milímetros (casi dos centímetros) entre el extremo del área que recibe completamente la luz solar y el área de sombra completa.

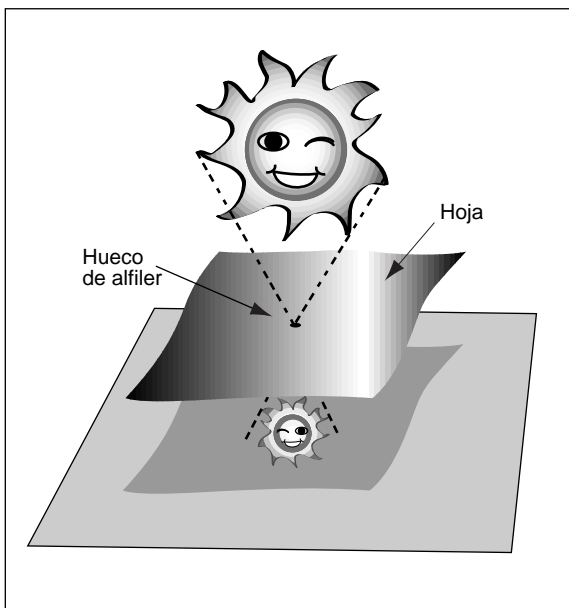


Para el propósito de la medición, esto es un problema. Uno podría iniciar la medición en el extremo de la luz del sol completa o en el extremo de la sombra completa. Pero debido a que la luz gradualmente se desvanece desde plena luz solar a plena sombra, no hay un extremo definido. Debido a que esto produce el ángulo casi deseado, trate de estimar la mitad del área entre la luz y la sombra y utilice ésta como su distancia.

En el ejemplo mencionado arriba, si uno usara el extremo de luz o el extremo de sombra en lugar de la mitad de la sombra, esto podría inducir a un error de un cuarto de grado en cualquier sentido. Esto se constituye en un error de aproximadamente 26 km cuando se lo convierte a una diferencia en latitud.

Esto no es un problema con las estrellas, a pesar de que son tan grandes, pues están tan lejos que aparentan tener un diámetro menor a un segundo de arco. Por lo tanto, para propósito de navegación aparentan ser puntos. También, los extremos superiores e inferiores del sol pueden ser usados. Los instrumentos usados para realizar estas medidas con los cuerpos celestes se llaman sextantes.

Figura GP-AC-28: Cámara de Hueco de Alfiler



Uno puede ver una foto del sol haciendo una cámara de hueco de alfiler. Utilice un alfiler para hacer un pequeño hueco en una pieza de lámina de aluminio. Si usted sostiene enfrentándolo al sol sobre una superficie plana, ligeramente coloreada, usted puede ver una imagen invertida del sol proyectada en la superficie. Esta es una buena manera para ver las manchas solares o un eclipse solar.

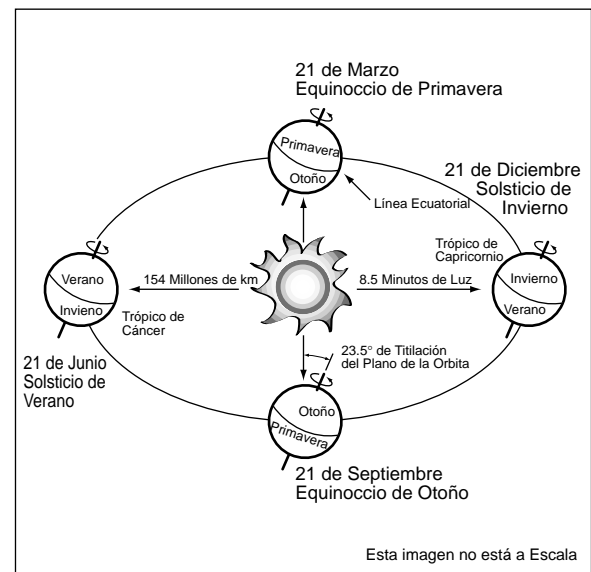
Ocasionalmente, la disposición de las hojas de los árboles que se encuentran sobre nosotros forman pequeños huecos a través de los cuales brilla la luz del sol para cubrir el piso con círculos de luz. Durante un eclipse solar, usted puede ver el suelo cubierto con proyecciones de los arcos de la parte no cubierta del sol. Si usted se encuentra abajo de una cabina que permita durante la noche que sus ojos estén adaptados a la oscuridad, cuando hay una luna que sea menor a la luna llena, usted puede ver imágenes claras de la luna parcial proyectadas en el piso a través de pequeñas aberturas en las hojas.

### ¿Por qué no se usa una sola medida del ángulo del sol para determinar nuestra latitud?

La Tierra orbita de oeste a este, a una distancia promedio de 150 millones de Km de nuestro sol. Sin embargo, el eje de rotación de nuestro planeta está inclinado alrededor de 23,5° fuera del plano de su órbita. Por lo tanto, en un lado de nuestra órbita, el hemisferio norte recibe la luz del sol más cerca a la perpendicular sobre un área mayor que la que experimenta el hemisferio sur. Este es el verano en el hemisferio norte y el invierno en el hemisferio sur. Las estaciones se cambian entre los hemisferios conforme nuestro planeta se mueve al otro lado del sol. Un observador terrestre verá el sol a un ángulo mucho más alto en su cielo durante el verano.

Algunas definiciones geográficas y astronómicas son consecuencia de esta inclinación. Los Círculos Artico y Antártico se definen como si estuvieran localizados alrededor de 23,5° de los polos norte y sur respectivamente.

Figura GP-AC-29: Relacion de las estaciones del sol y la tierra



Estas son las menores latitudes que pueden experimentar una oscuridad total en sus inviernos respectivos. El Trópico de Cáncer y el Trópico de Capricornio están definidos como localizados a  $23,5^\circ$  norte y sur respectivamente de la línea equinoccial. Estas son las latitudes más alejadas de la línea ecuatorial que siempre tienen el sol sobre sus cabezas. En el hemisferio norte, la fecha anual en la que se encuentra el ángulo solar más alto es el 21 de junio. En el hemisferio sur esto ocurre el 21 de diciembre. Estos días se definen como los solsticios de verano y de invierno respectivamente en el hemisferio norte. El sol parece estar sobre la cabeza en la línea ecuatorial alrededor del 21 de marzo y 21 de septiembre. Estos se definen como los equinoccios de primavera y de otoño.

Desde cualquier punto de la Tierra, el ángulo del sol parece cambiar diariamente en un ciclo de un año de duración ligado a las estaciones. Así que, si usted tuviera que hacer una medición del ángulo del sol en un día y su colegio asociado lo hiciera en otro, ustedes tendrían una diferencia de ángulos entre los colegios que se debería tanto a las diferentes latitudes como a los diferentes ángulos del sol. Sin embargo, en cualquier período de 24 horas, el movimiento estacional del sol es de menos de un solo grado.

¿Qué tan alto aparecería el sol en el cielo durante el verano y el invierno en varios lugares de la Tierra? ¿En la línea Ecuatorial? ¿En el Polo Norte? ¿Dónde usted vive? Los astrónomos han desarrollado ecuaciones que modelan el movimiento de los cuerpos celestes. Existen programas de computación que utilizan estas ecuaciones para computar las posiciones del sol, la luna y otros cuerpos celestiales que pueden ser vistos en cualquier parte del mundo a cualquier hora.

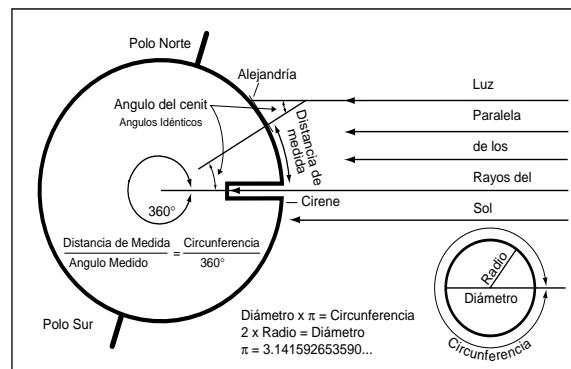
La luz del sol que cae perpendicularmente sobre el suelo representa alrededor de 1000 watts de radiación solar para cada metro cuadrado de suelo cubierto por la luz. Intuitivamente, esto es un equivalente a diez focos de tamaño mediano que caen en cada metro cuadrado que está bajo el sol. Y hay un montón de metros cuadrados en nuestro planeta. En contraste, a  $45^\circ$  de latitud el equivalente de la luz del sol que cae es de 700 watts por cada metro cuadrado en un día igualmente claro. Esta diferencia en la cantidad de radiación solar que llega cuenta para las diferencias de energía acumulada entre los extremos de las estaciones, las cuales son indirectamente observadas como cambios de temperatura.

### ¿Cómo es que Eratóstenes realizó sus experimentos?

Eratóstenes era un científico Griego que vivió durante el tercer siglo antes de Cristo. Él notó que en un día en particular en el año se podía ver la luz del sol reflejada en el agua de un pozo profundo de la ciudad de Cirene, Egipto. Esto significaba que el sol estuvo directamente sobre la cabeza en el Cirene. En este mismo día, se midió cuidadosamente el ángulo de la sombra del sol desde un poste vertical en la ciudad norteña de Alejandría, Egipto y encontró que era un cincuentavo de un círculo que es de alrededor de  $7,2^\circ$ .

Eratóstenes pagó a alguien para que camine hacia el norte desde Cirene hasta Alejandría, quien midió esta distancia como de 500 estades. Un estade es alrededor de 185 metros ó 607 pies. Debido a que él caminó hacia el norte, él caminó sobre una línea constante de longitud, por lo tanto solo cambiaba su latitud.

Figura GP-AC-30 Experimento de Eratóstenes



Conociendo la distancia circunferencial y la separación angular entre dos puntos en un círculo nos permite determinar la circunferencia del círculo. Si es que asumimos que la Tierra es redonda (como lo hicieron muchos anteriormente contrarios a la leyenda), podemos deducir la circunferencia de la Tierra a partir de la información arriba indicada. Eratóstenes hizo esto y le dio como resultado una circunferencia estimada de 250.000 estades o 44.055 km. Hoy en día, estimamos que la circunferencia de la Tierra tiene como promedio 40.074 km. Por lo tanto, Eratóstenes tenía un error del 15%. Dada la tecnología y conocimiento científico de la época, esta fue una deducción digna de consideración.

Las técnicas similares a ésta que están siendo usadas ahora, han sido desarrolladas durante siglos para la tierra, el mar, el aire y el teodolito que es usado para tomar lectura de los ángulos de los cuerpos celestes



para propósitos de navegación. Es una versión de más alta precisión de nuestro clinómetro. Cuando son hechos correctamente, un sextante manual, un reloj y tablas de computación, pueden ser usados para determinar su posición con una precisión dentro de los dos kilómetros en todo el mundo. Si desea ver detalles, vea el libro de navegación que es actualizado anualmente *The American Practical Navigator: An Epitome of Navigation* (El Navegante Americano Práctico: Una Epitome de Navegación), Nathaniel Bowditch, US Defense Mapping Agency, Bethesda, Maryland, First Edition 1802.



Los estudiantes pueden explorar el World Wide Web para buscar más información sobre Eratóstenes.

### **Otras Preguntas**



¿Los datos que medimos tenían sentidos? ¿Tuvieron los cálculos intermedios y finales y sus resultados algún sentido? ¿Si es que no, puede determinar el por qué?

Compute lo que el otro colegio creará que es nuestra ubicación.



¿Cómo se comportarán los largos de la sombra en los polos del planeta? (mismo largo todo el día)

¿Que días tienen las sombras más largas y las más cortas?



¿Veremos mucho del movimiento este - oeste en la sombra? Un poco. Durante los 40 minutos de intervalo alrededor de la luna, ¿veremos mucho cambio en el largo de la sombra y en el ángulo del sol? ¿Muy poco? Pero si usted tiene tiempo mida y registre lo que sucede durante varias horas



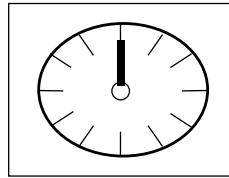
# Navegación Celestial GPS

## Hoja de Trabajo de Registro de Mediciones

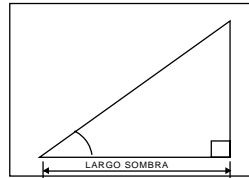
NOMBRE Jordan Malik  
 FECHA 19 Abril 1994

Registro del periodo de 20 minutos antes y después del Mediodía Local Estimado

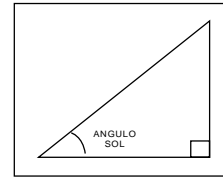
Dirección de la Sombra  
 (encierre una en un círculo)  
 Norte o Sur



Reloj

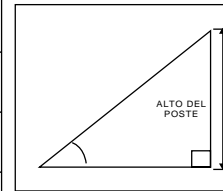
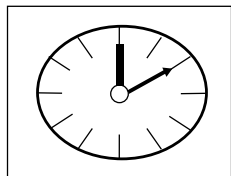
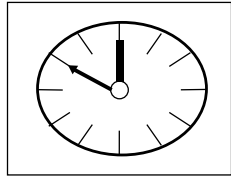


Cinta Métrica  
Regla



Clinómetro  
(Únicamente Intermedios)

Diferencia del Mediodía Local (minutos)	Hora del día Local (HH-MM)	Largo Sombra (mm)	Ángulo Sol (grados)
Antes del Mediodía Local	11:52	454	65
-20	11:56	451	66
-16	12:00	448	66
-12	12:04	446	66
-8	12:08	446	66
-4	12:12	445	66
Medio Día Local Estimado	12:16	446	66
0	12:20	447	66
4	12:24	449	66
8	12:28	451	66
12	12:32	455	65
16			
Después del Mediodía Local			
20			



(Avanzados)

Alto del Poste (mm)



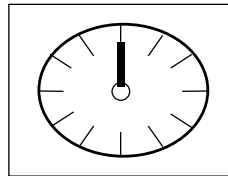
# Navegación Celestial GPS

## Hoja de Trabajo de Registro de Mediciones

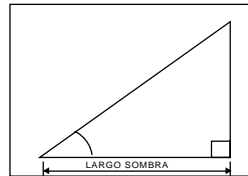
NOMBRE \_\_\_\_\_  
 FECHA \_\_\_\_\_

Registro del periodo de 20 minutos antes y después del Mediodía Local Estimado

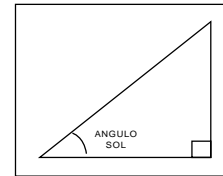
**Dirección de la Sombra**  
 (encierre una en un círculo)  
 Norte o Sur



Reloj



Cinta Métrica  
Regla



Clinómetro  
(Únicamente Intermedios)

Diferencia del Mediodía Local (minutos)	Hora del día Local (HH-MM)	Largo Sombra (mm)	Ángulo Sol (grados)	
Antes del Mediodía Local				<p>(Avanzados )</p> <p>Alto del Poste (mm)</p> <div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px; margin-left: 100px;"></div>
-20				
-16				
-12				
-8				
-4				
Medio Día Local Estimado				
0				
4				
8				
12				
16				
Después del Mediodía Local				
20				

# Navegación Celestial GPS

## Hoja de Trabajo de Cálculo de Latitud

NOMBRE Jordan Malik

FECHA

19 de Abril 1994

<b>Datos de las mediciones</b>  (Intermedio) (Avanzado)	Nuestra Latitud	<input type="text" value="35.3"/>	[Grados]	Vamos a calcular  <input type="text" value="17:37"/> [HH:MM] <input type="text" value="411"/> [mm] <input type="text"/> [Grados] <input type="text" value="1000"/> [mm] <input type="text" value="Norte"/> o <input type="text" value="Sur"/>
	Nuestra Longitud	<input type="text" value="78"/>	[Grados]	
	Hora Universal del Largo Mínimo de la Sombra	<input type="text" value="17:12"/>	[HH:MM]	
	Largo de la Sombra a 1 Hora del Largo Mínimo	<input type="text" value="445"/>	[mm]	
	Angulo del Sol a la Hora del Largo Mínimo	<input type="text" value="66"/>	[Grados]	
	Altura del Poste	<input type="text" value="1000"/>	[mm]	
	Dirección de la Sombra del Poste	<input type="text" value="Norte"/>	o <input type="text" value="Sur"/>	

**Compute El Angulo del Sol**

Angulo del Sol Computado = arco tangente (Alto del Poste[mm] / Largo Sombra[mm])

(Unicamente Avanzado)

Angulo del Sol Computado =  [Grados]       [Grados]

Los estudiantes avanzados deberán usar el ángulo computado del sol en todas sus computaciones

**Compute el Angulo del cenit**

**Este es el ángulo que esta al tope del triángulo.**

Si es que el sol estuvo sobre el ecuador cuando realizó sus mediciones, entonces su ángulo de cenit será su Latitud.

Ángulo de cenit = 90[ Grados] - Ángulo del Sol[Grados]

Nuestro Ángulo de cenit  
 [Grados]

El Ángulo de cenit de Ellos  
 [Grados]

**Compute la Diferencia de Latitudes**

Debido a que las medidas del Ángulo del Sol son hechas el mismo día sin perjuicio de la ubicación del Sol, la diferencia en los ángulos de cenit nos da el cambio de latitud entre colegios.

[Grados] = Cambio de Latitud =

Nuestro Ángulo de cenit  
 [Grados] +/-

El Ángulo de cenit de Ellos  
 [Grados]

(si es que obtiene un resultado negativo, mantenga solo lo de magnitud positiva).

Si la sombra apunta a direcciones distintas +

Si apunta en la misma dirección -

**Compute la Latitud de Ellos**

[Grados] = Latitud de Ellos =

Nuestro Latitud  
 [Grados] +/-

Cambio de Latitud  
 [Grados]

Diferentes Direcciones de la Sombra -

Misma Dirección de la Sombra y :

Si nuestro ángulo del sol es menor -

El ángulo del sol de Ellos es menor +

**Latitud Corregida**

Su Latitud =  [Grados]       o  (encierre una en un círculo)

Si es negativo, entonces su colegio está en el hemisferio opuesto

# Navegación Celestial GPS

## Hoja de Trabajo de Cálculo de Latitud

NOMBRE \_\_\_\_\_ FECHA \_\_\_\_\_

<b>Datos de las mediciones</b>  (Intermedio) (Avanzado)	Nuestra Latitud	<input type="text"/>	[Grados]	Vamos a computar  <input type="text"/> [HH:MM] <input type="text"/> [mm] <input type="text"/> [Grados] <input type="text"/> [mm] <input type="text"/> Norte o Sur
	Nuestra Longitud	<input type="text"/>	[Grados]	
	Hora Universal del Largo Mínimo de la Sombra	<input type="text"/>	[HH:MM]	
	Largo de la Sombra a 1 Hora del Largo Mínimo	<input type="text"/>	[mm]	
	Angulo del Sol a la Hora del Largo Mínimo	<input type="text"/>	[Grados]	
	Altura del Poste	<input type="text"/>	[mm]	
	Dirección de la Sombra del Poste	<input type="text"/>	Norte o Sur	<input type="text"/>

### Compute El Angulo del Sol

Angulo del Sol Computado = arco tangente (Alto del Poste[mm] / Largo Sombra[mm])

(Unicamente Avanzado)

Angulo del Sol Computado =  [Grados]  [Grados]

Los estudiantes avanzados deberán usar el ángulo computado del sol en todas sus computaciones

### Compute el Angulo del cenit

**Este es el ángulo que esta al tope del triángulo.**

Si es que el sol estuvo sobre el ecuador cuando realizó sus mediciones, entonces su ángulo de cenit será su Latitud.

Ángulo de cenit =  $90[\text{Grados}] - \text{Ángulo del Sol}[\text{Grados}]$

Nuestro Ángulo de cenit  [Grados] El Ángulo de cenit de Ellos  [Grados]

### Compute la Diferencia de Latitudes

Debido a que las medidas del Ángulo del Sol son hechas el mismo día sin perjuicio de la ubicación del Sol, la diferencia en los ángulos de cenit nos da el cambio de latitud entre colegios.

[Grados] = Cambio de Latitud =  [Grados] +/-  [Grados]

(si es que obtiene un resultado negativo, mantenga solo lo de magnitud positiva). Si la sombra apunta a direcciones distintas +  
Si apunta en la misma dirección -

### Compute la Latitud de Ellos

[Grados] = Latitud de Ellos =  [Grados] +/-  [Grados]

Diferentes Direcciones de la Sombra -  
Misma Dirección de la Sombra y :  
Si nuestro ángulo del sol es menor -  
El ángulo del sol de Ellos es menor +

### Latitud Corregida

Su Latitud =  [Grados] Norte o Sur (encierre una en un círculo)



# Navegación Celestial GPS

## Hoja de Trabajo de Cálculo de Longitud

NOMBRE Jordan Malik FECHA 19 de Abril 1994

<b>Datos de las mediciones</b>  (Intermedio) (Avanzado)	Nuestra Latitud	<input type="text" value="35.3"/>	[Grados]	Vamos a computar		
	Nuestra Longitud	<input type="text" value="78"/>	[Grados]			
	Hora Universal del Largo Mínimo de la Sombra	<input type="text" value="17:12"/>	[HH:MM]		<input type="text" value="17:37"/>	[HH:MM]
	Largo de la Sombra a 1 Hora del Largo Mínimo	<input type="text" value="445"/>	[mm]		<input type="text" value="411"/>	[mm]
	Angulo del Sol a la Hora del Largo Mínimo	<input type="text" value="66"/>	[Grados]		<input type="text"/>	[Grados]
	Altura del Poste	<input type="text" value="1000"/>	[mm]		<input type="text" value="1000"/>	[mm]
	Dirección de la Sombra del Poste	<input type="text" value="Norte"/> <input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/> Sur			<input type="text" value="Norte"/> <input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/> Sur	

<b>Hora</b>	Hora Universal del Largo Mínimo de la Sombra	Nuestra <input type="text" value="17:12"/>	[HH:MM]	de Ellos <input type="text" value="17:37"/>	[HH:MM]
	Convertir en Minutos del día = Horas x 60 + minutos	<input type="text" value="1032"/>	[minutos]	<input type="text" value="1057"/>	[minutos]
	<input type="text" value="25"/> [minutos] = Diferencia de Hora =	<input type="text" value="1032"/>	[minutos]	<input type="text" value="1057"/>	[minutos]

(Si resulta un negativo, mantenga solo las magnitudes positivas)

**Compute la Longitud de Ellos**

[Grados] = Diferencia de Longitudes = Diferencia de Hora  [Minutos] x 4 [minutos por un grado de rotación de la Tierra]

[Grados] = Latitud de Ellos = Nuestra Longitud  [Grados] + Diferencia de Longitud  [Grados]

Si es que estamos en el Hemisferio Este y  
 Si nuestra sombra es más corta más temprano -  
 Si nuestra sombra es más corta más tarde +

Si es que estamos en el Hemisferio Oeste y  
 Si es que la sombra es más corta más temprano +  
 Si es que la sombra es más corta más tarde -

**Longitud Corregida**

Si la longitud de ellos es < 0 grados, entonces ellos están a través del Meridiano Principal (haga su resultado positivo y en el hemisferio contrario)

Si la longitud de Ellos es > 180 grados, entonces ellos están al otro lado de la Línea Internacional del Día (reste 360 grados, hágalo positivo y en el hemisferio opuesto)

La Longitud de Ellos =  [grados] Este u  Oeste

# Navegación Celestial GPS

## Hoja de Trabajo de Cálculo de Longitud

NOMBRE \_\_\_\_\_

FECHA \_\_\_\_\_

<b>Datos de las mediciones</b>  (Intermedio) (Avanzado)	Nuestra Latitud	<input type="text"/>	[Grados]	Vamos a computar  <input type="text"/> [HH:MM] <input type="text"/> [mm] <input type="text"/> [Grados] <input type="text"/> [mm] <input type="text"/> Norte o Sur
	Nuestra Longitud	<input type="text"/>	[Grados]	
	Hora Universal del Largo Mínimo de la Sombra	<input type="text"/>	[HH:MM]	
	Largo de la Sombra a 1 Hora del Largo Mínimo	<input type="text"/>	[mm]	
	Angulo del Sol a la Hora del Largo Mínimo	<input type="text"/>	[Grados]	
	Altura del Poste	<input type="text"/>	[mm]	
	Dirección de la Sombra del Poste	<input type="text"/>	Norte o Sur	

<b>Hora</b>	Hora Universal del Largo Mínimo de la Sombra	<input type="text"/>	Nuestra [HH:MM]	<input type="text"/>	de Ellos [HH:MM]
	Convertir en Minutos del día = Horas x 60 + minutos	<input type="text"/>	[minutos]	<input type="text"/>	[minutos]
	<input type="text"/> [minutos] = Diferencia de Hora =	<input type="text"/>	[minutos]	<input type="text"/>	[minutos]

(Si resulta un negativo, mantenga solo las magnitudes positivas)

### Compute la Longitud de Ellos

$$\text{Diferencia de Longitudes} = \frac{\text{Diferencia de Hora} \times 4 \text{ [minutos por un grado de rotación de la Tierra]}}{1}$$

$$\text{Longitud de Ellos} = \text{Nuestra Longitud} \pm \text{Diferencia de Longitud}$$

Si es que estamos en el Hemisferio Este y  
 Si nuestra sombra es más corta más temprano -  
 Si nuestra sombra es más corta más tarde +

Si es que estamos en el Hemisferio Oeste y  
 Si es que la sombra es más corta más temprano +  
 Si es que la sombra es más corta más tarde -

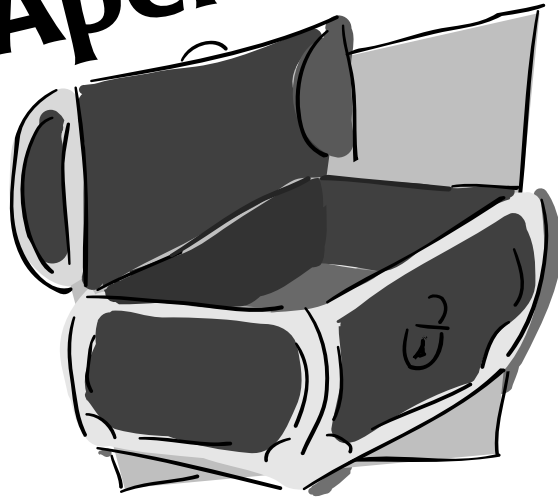
### Longitud Corregida

Si la longitud de ellos es < 0 grados, entonces ellos están a través del Meridiano Principal  
 (haga su resultado positivo y en el hemisferio contrario)

Si la longitud de Ellos es > 180 grados, entonces ellos están al otro lado de la Línea Internacional del Día  
 (reste 360 grados, hágalo positivo y en el hemisferio opuesto)

La Longitud de Ellos =  [grados] Este u Oeste

# Apéndice



*Hoja de Trabajo de Datos de la Investigación con GPS*

*Hoja de Trabajo de Datos de Equivalencias*

*Glosario*

*Hojas de Ingreso de Datos en la Web de GLOBE.*

# Investigación con GPS

## Hoja de Trabajo de Datos

Nombre del Sitio: \_\_\_\_\_ Datos registrados por: \_\_\_\_\_ Año: \_\_\_\_\_ Mes: \_\_\_\_\_ Día: \_\_\_\_\_  
 Nombre de la Escuela: \_\_\_\_\_ Fecha del registro: \_\_\_\_\_  
 Dirección de la escuela: \_\_\_\_\_ Sitio del Círculo: Biología Cobertura Terrestre  
 Hidrología Atmósfera Humedad del Suelo

Espera al menos un minuto entre cada una de las observaciones que se van a registrar.  
 Registre lo siguiente tomando a partir de la pantalla de Trailblazer Magellan XL "Location 1".

OBS	LATITUD Grados Minutos N/S 33 46,55 N	LONGITUD Grados Minutos O/E 84 23,84 O	ELEVACION Metros 318	HORA H:M:S TU 14:33:00	Nro. SATS Satélites 4	Iconos del Mensaje Si se muestra el círculo 2D
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						

Latitud \_\_\_\_\_ Longitud \_\_\_\_\_ Promedios \_\_\_\_\_  
 Elevación \_\_\_\_\_ Receptor de GPS proporcionado por \_\_\_\_\_  
 UNAVCO/Globe ◀ O ▶ USTED  
 Fabricante \_\_\_\_\_  
 Magellan \_\_\_\_\_ Número de Modelo \_\_\_\_\_  
 Trailblazer XL \_\_\_\_\_ Número de Serie \_\_\_\_\_  
 UNAVCO  
 (303) 497-8003  
 gretchen@unavco.ucar.edu  
 http://www.unavco.ucar.edu

# Investigación con GPS

## Hoja de Trabajo de Datos de Equivalencia

### Mediciones

Desde el Lugar de Compensación:

Latitud Medida =  grados

Longitud Medida =  grados

Para llegar a su sitio, vaya  (Norte o Sur)

Distancia =  metros

Haga un Círculo en Una



minutos N o S

minutos O o E

### Cómputos

Cambio de Latitud:

metros =  minutos

1855 metros/minuto

- Si el lugar de compensación se aleja de la Línea Ecuatorial
- + Si el lugar de compensación se acerca a la Línea Ecuatorial

Minutos de Latitud de su ubicación =  +/-  =

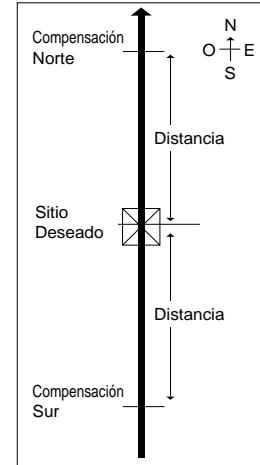
(Redondee al 0,01 minuto más cercano) =  minutos

Combine con los grados de Latitud:

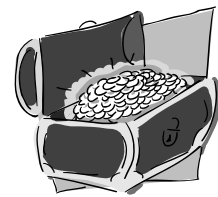
Latitud Deseada =  grados  minutos N o S

Longitud Deseada =  grados  minutos O o E

(Igual que Longitud Compensada)



# Glosario



## Angulo de Cénit

Para la medición del ángulo de nuestro sol, este es el ángulo entre la vertical (directamente hacia arriba) y nuestro sol. En Navegación, algunas veces se llama la distancia cénit. En los días de equinoccio de primavera y otoño, este ángulo será nuestra latitud. El cénit es el punto directamente sobre nuestras cabezas en donde quiera que estemos. La suma del ángulo del sol más del ángulo del cénit es de  $90^\circ$ .



## Angulo del sol

Este es el ángulo entre el plano horizontal (el suelo) y el sol. Algunas veces este ángulo es también llamado ángulo de elevación o altitud.



## Compás magnético

Es un instrumento que cabe en la mano que presenta la orientación angular de un magneto de poco peso que gira sobre un eje. Debido a que la Tierra se comporta como un magneto gigante, el magneto del compás apuntará hacia los polos magnéticos de la Tierra, los que, en forma general, indican el norte y el sur.



## Equinoccio

Una de las dos veces en que el sol aparece en el año directamente sobre la línea ecuatorial, y esto ocurre típicamente el 21 de marzo (equinoccio de invierno) y el 23 de septiembre (equinoccio de otoño). En estos días, las horas de luz del día y la noche serán iguales.



## Exactitud

La medida de que se puede repetir una observación; es decir, si la medición ha sido repetida múltiples veces, cuánto variarán los valores individuales medidos del promedio de todas las mediciones.

## Histograma

Un indicador de distribución de frecuencias que indica, qué tan a menudo aparece un número en particular en un grupo de números.



## Latitud

La medición del ángulo en grados de un planeta al norte y sur de su Línea Ecuatorial. Iniciando en la Línea Ecuatorial de la Tierra ( $0^\circ$ ), la latitud se mide en grados, siendo los polos norte y sur  $90^\circ$ .



## Longitud

Es el ángulo medido en grados este y oeste

alrededor del eje de rotación del planeta. En la Tierra, el Meridiano Principal es la línea norte sur que pasa a través del pueblo inglés Greenwich, Inglaterra. Esta es la longitud  $0^\circ$ , y la Línea Internacional de Fecha está a  $180^\circ$  del Meridiano Principal.

## Meridiano

Esta es una circunferencia alrededor de la superficie de la Tierra que pasa a través de los dos polos y la Línea Ecuatorial. Esta forma curva de longitud constante entre cualquiera de los dos polos.

## Navegación

Es la ciencia y la tecnología para determinar el curso, posición y distancia viajada.

## Plomada

La línea vertical formada por una cuerda sujetando un peso. El peso normalmente era hecho de plomo y el nombre químico latino para el plomo era, "plumbum" de donde viene la palabra española "plomero".

## Posiciones (o Lugars)

Absoluta: medida en un lugar fijo previamente acordado.

Relativa: medida desde un punto arbitrariamente localizado tal como su localización.

## Precisión

La diferencia entre el valor de la medición indicada y el valor verdadero.

## Promedio

Una técnica que se utiliza para describir un grupo de números con un número. Un valor promedio (media) es computado por la suma de un juego de valores y luego dividida esta suma por el número de valores sumados.

## Resolución

El cambio más pequeño que puede ser presentado en un instrumento.

## Satélite

Cualquier cuerpo celeste que orbita alrededor de otro cuerpo más grande.

## Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

El Sistema de Posicionamiento Global es un sistema de navegación que incluye 24 satélites orbitando la Tierra a 20200 Km. de altura. Utilizando las mediciones de tiempo de las señales de los satélites GPS, los receptores pueden indicar nuestra latitud, longitud y elevación.

**Sitio desplazado**

Este es un sitio desplazado directamente al norte o sur del sitio deseado, en donde podemos realizar con éxito una medición GPS.

**Solsticio**

Una de las dos ocasiones durante el año en que el sol en su cenit aparece lo más alejado de la Línea Ecuatorial de la Tierra, las que ocurren típicamente el 21 de Junio y el 22 de Diciembre. En este tiempo ocurrirán los días más largo y más corto del año si su ubicación es respectivamente más cercana o más alejada del sol elevado.

**Trigonometría**

El estudio matemático de los triángulos, funciones trigonométrica y sus aplicaciones. Las técnicas trigonométricas nos permiten relacionar los valores angulares a las longitudes de los varios lados de un triángulo.

**Variación magnética**

También llamada Declinación Magnética, ésta es la diferencia de ángulo entre los polos magnético y geográfico (eje de rotación), específico a un lugar. Se expresa en grados este u oeste para indicar la dirección del norte verdadero desde el norte magnético. El polo norte magnético de la Tierra se mueve lentamente y actualmente se encuentra localizado en los Territorios del Noroeste del Canadá alrededor de 11° del Polo Norte. Adicionalmente, las propiedades magnéticas de la composición de la Tierra varían ligeramente entre lugares contribuyendo a una distorsión única del campo magnético de la Tierra en cualquier sitio. Los valores pueden ser encontrados en las cartas de navegación.

**Unidades Circulares, Distancias y Relaciones****Grado (°)**

Un círculo puede ser dividido en 360° (o 400grados) o alrededor de dos veces  $\pi$  (radianes). Las fracciones pequeñas de un grado pueden ser indicadas ya sea como fracciones decimales (25,2525°) ó utilizando grados enteros, minutos y segundos (25°15'19").

**Minuto (arco minuto ')**

Un grado puede ser dividido en 60' por lo tanto  $360^\circ \times 60' = 21.600$  arco minuto (21.600') en un círculo.

**Segundos (arco segundo ")**

Un minuto puede ser dividido en 60" por lo tanto, hay  $60 \times 60 = 3.600$  arcos segundos en un grado ó 1'296.000 arcos segundos (1'296.000" en un círculo).

**Radian**

Una unidad de medidas de ángulos igual al ángulo obtenido en el centro del círculo por un arco igual en distancia al radio del círculo. Un círculo completo contiene dos veces Pi radiales ó 360°. Un radian es igual a 57,3°. Por ejemplo, 25°15'9" es igual a 25,2525° esto es igual alrededor de 0,4407 radianes. El Pi es un número irracional (no puede ser descrito como una razón de dos números enteros y por lo tanto requiere un número infinito de dígitos decimales), con un valor de alrededor de 3,141592653590. Pi ha sido computado a millones de dígitos, pero la precisión del valor aquí indicado inducirá a errores menores de un metro cuando se trabaje con distancias del tamaño de nuestro sistema solar.

**Estructuras Referenciales de Tiempo****Hora real**

Anteriormente llamada Hora Civil, este es el valor de la hora del día que está presentado típicamente en nuestros relojes. Hace que un promedio la posición del sol al medio día, esté siempre casi por encima de nuestra cabeza, a lo largo del año, en nuestro horario. Cada zona horaria es diferente en una hora de la zona horaria adyacente y que tiene un valor equivalente de 15° de longitud con muy pocas excepciones determinadas por los gobiernos para acomodarse a las necesidades locales o la geografía. Su hora real puede ser relacionado a la Hora Universal a través de la determinación de su distancia de la longitud 0° de la Tierra, ya sea por incrementos de 15° ó números de zonas horarias. La Hora Real y Universal puede ser contrastada con la Hora Sideral (utilizada por los astrónomos y algunas veces llamada Hora de la Estrella), la misma que es definida para colocar los cuerpos celestes distantes al mismo punto en el cielo luego de exactamente una rotación de la Tierra alrededor del sol. Un día Sideral es de alrededor 4' más corto que un día usando la Hora Real.

**Hora universal**

También conocida como TU Zulu o GMT (Greenwich Mean Time), ésta es la hora del día para un día de 24 horas, que define que la



posición promedio anual del sol sea sobre nuestras cabezas al medio día cuando es observada a una longitud de 0° de la Tierra.

### **Medio día local**

La hora del día en su lugar de ubicación en la que el ángulo del sol es más grande. Esta hora es específica a su localización o ubicación y varía en alrededor de media hora en todo el año.



### ***Consecuencias de la inclinación de 23,5° del eje de rotación de la Tierra con relación al plano de la órbita de la Tierra alrededor del Sol***

#### **Círculos Ártico y Antártico**

También llamados Círculos Polares Norte y Sur; estos son los extremos en latitud (66,5° Norte y Sur) de los polos Terrestres, donde la obscuridad total o luz permanente puede ser experimentada en los inviernos o veranos respectivos.



#### **Trópicos de Cáncer y Capricornio**

Estos son los extremos en latitud (23,5° Norte y Sur respectivamente) de la Línea Ecuatorial de la Tierra entre los cuales el sol podría estar directamente sobre las cabezas en algún momento durante el año.







## Defina un Sitio de Estudio

---

- [Sitio de Ubicación de la Escuela](#)
- [Sitio para las Observaciones de Temperatura, Precipitación y Observación de Nubes](#)
- [Sitio para las Mediciones de la Superficie del Agua](#)
- [Sitio para la Caracterización del Suelo](#)
- [Sitio para la Humedad del Suelo](#)
- [Sitio para las Observaciones de Biología](#)

Para definir el sitio para la Investigación de Cobertura Terrestre, haga click aquí para abrir [Cobertura Terrestre Cuantitativa](#) o [Cobertura Terrestre Cualitativa](#).

---



NOAA/Laboratorio de Sistemas de Predicción, Boulder, Colorado

# Investigación con GPS



## Hoja de Ingreso de Datos de la Ubicación de la Escuela


---

### Medición del tiempo:

Año:  Mes:  Día:  Hora:  TU

Hora actual: 1997 junio 18, 21 TU

### Nombre del sitio: Nombre de la Escuela

Por favor proporcione tanta información como usted pueda. Cuando obtenga información adicional haga click en el botón de ingreso  y vaya a "Edit a Study Site" (Edite un Sitio de Estudio)

Fuente de los datos:  GPS  Otros

Latitud:  grados  min  Norte  Sur del Ecuador

(Ingrese los datos en el formato 56 grados, 12,84 minutos y marque si es Norte o Sur)

Latitud:  grados  min  Este  Oeste del Meridiano Principal

(Ingrese los datos en el formato 102 grados, 43,90 minutos y marque si es Este u Oeste).

Elevación:  metros

---



NOAA/Laboratorio de Sistemas de Predicción, Boulder, Colorado