

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **INSTITUTO DE TECNOLOGÍAS**



### **SEMINARIO DE GRADUACIÓN:**

**"Solución completa a partir de la observación de un astro, para el ploteo de una recta de altura, usando el almanaque náutico y las tablas 229"**

**Previo a la obtención del Título de:  
TECNÓLOGO PESQUERO**

**Ancón – Ecuador  
2012**

# ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

## INSTITUTO DE TECNOLOGÍAS



**INTEC**   
Instituto de Tecnologías  
Escuela Superior Politécnica del Litoral



**Protep**   
Programa de Tecnología en Pesquería

## PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN TECNOLÓGICA EN PESQUERÍA

**Tesina:**

**SISTEMA DE COORDENADAS ASTRONOMICAS:  
COORDENADAS HORIZONTALES.**

**Presentado por:**

**EDUARDO CUCALON C.**

**Bajo la dirección del Licenciado  
Luis Zhingri Ortega**

**Ancón – Ecuador  
2012**

## DEDICATORIA

A mis padres:

Patricio y Julia

A mis hermanos:

Nury, Mayra y Dalton

A mi querida:

Esposa Jessica.

A mis amigos que han estado cerca de mí durante casi toda mi vida y que me conocen y me apoyan en los peores y mejores momentos.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios todo poderoso por ser mi fortaleza, por darme la oportunidad de vivir, soñar, llorar, reír y sobre todo aprender cosas muy importantes, desde las más complejas, hasta las más sencillas.

A mis queridos padres: Julia y Patricio, que con su apoyo, confianza y perseverancia y la educación que me han brindado estoy concluyendo una etapa más de mi formación profesional.

A mis hermanos: Nury, Mayra y Dalton por su gran amor, sinceridad y apoyo incondicional.

A Jessica, por ser parte esencial de mi vida, por ser mi apoyo y mi inspiración para crecer y ser mejores cada día.

A mis sobrinas, Ámbar (cumbia) y Fiorella (raro), por sus alegrías, ocurrencias y amor para mi, su tío Edu.

A la Escuela superior Politécnica del Litoral por brindarme la Educación Profesional.

A mis maestros por impartir sus conocimientos durante todo este tiempo, y al coordinador del Campus Ancón y profesor Luis Zhingri Ortega, por las facilidades prestadas para la realización de esta tesina.

**TRIBUNAL DE GRADO**

\_\_\_\_\_  
TCNLG.KLEBER HERRERA PALOMEQUE  
PRESIDENTE

\_\_\_\_\_  
LCDO. LUIS ZHINGRI ORTEGA  
PROFESOR GUIA

\_\_\_\_\_  
ING. LUIS TORRES NAVARRETE  
VOCAL

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta ***Tesina de Grado***, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ***ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL***”

**EDUARDO JACINTO CUCALON CACAO**

## RESUMEN

La presente tesina “Sistema de Coordenadas Astronómicas: Coordenadas Horizontales” es dar a conocer como poder determinar nuestra posición en la superficie terrestre a partir de la observación de los astros en la esfera celeste en cualquier lugar del planeta. Los sistemas de coordenadas que se emplean para la esfera celeste son análogos a los que usamos para definir posiciones sobre la superficie terrestre, donde utilizamos la Longitud y Latitud terrestres.

El Capítulo uno, Sistema de Coordenadas Astronómicas acomete establecer un adecuado sistema de referencia, para determinar exactamente un punto en el espacio. En Astronomía se utilizan sistemas parecidos al de coordenadas esféricas, pero no interesa la distancia,  $r$ , a la cual se encuentra el punto, el astro, sino su dirección o posición en la bóveda celeste; el capítulo dos, La esfera Celeste nos describe en realidad los cuerpos celestes ocupan distancias diferentes con respecto al observador, aquí veremos las definiciones básicas y los sistemas de coordenadas que constituyen a la misma.

El Capítulo tres, Coordenadas Horizontales, se refieren a un observador deberá medir su altura que es la distancia angular desde el horizonte hasta la estrella. En segundo lugar, tendrá que determinar el ángulo que forma la estrella con una dirección que se toma como origen, generalmente el norte (navegación) medida sobre el horizonte y en sentido horario. Dicho ángulo se llama acimut.

Por último analizaremos el Capítulo Cuatro, Diseño de las Coordenadas Horizontales, para ilustrar, didácticamente, el sostener una teoría sobre el tema se construye una esfera celeste donde queda demostrado una aproximación de los elementos que entran en juego para la determinación de la posición de un observador en la superficie de la tierra

## INDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>I</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>II</b>
<b>TRIBUNAL DE GRADO</b> .....	<b>III</b>
<b>DECLARACIÓN EXPRESA</b> .....	<b>IV</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>V</b>
<b>INDICE GENERAL</b> .....	<b>VI</b>
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>IX</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>2</b>
<b>SISTEMA DE COORDENADAS ASTRONÓMICAS</b> .....	<b>2</b>
1.1. Sistema de Coordenadas Astronómicas.....	<b>2</b>
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>5</b>
<b>LA ESFERA CELESTE</b> .....	<b>5</b>
2.1 Definición de la Esfera Celeste.....	<b>5</b>
2.2. La Observación Celeste .....	<b>7</b>
2.3. Movimiento Celeste .....	<b>7</b>
2.4. Situación Geográfica .....	<b>8</b>
2.5 Elementos Principales .....	<b>8</b>
2.5.1. Dirección de la vertical .....	<b>8</b>
2.5.2. Cenit astronómico.....	<b>8</b>
2.5.3. Nadir.....	<b>8</b>
2.5.4. La distancia cenital .....	<b>9</b>



2.5.5. Horizonte astronómico.....	9
2.5.6. Polo celeste .....	9
2.5.7. Eje del mundo .....	9
2.5.8. Ecuador celeste.....	9
2.5.9. Meridiano celeste .....	10
2.5.10. Paralelos celestes .....	10
2.5.11. Círculo horario.....	10
2.5.12. Recta este - oeste .....	10
2.5.13. Polo norte celeste.....	10
2.5.14. Polo sur celeste .....	10
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>12</b>
<b>COORDENADAS HORIZONTALES .....</b>	<b>12</b>
3.1. Conceptos Fundamentales.....	12
3.1.1. Vertical de un lugar.....	12
3.1.2. Horizonte Astronómico .....	13
3.1.3. Meridiano del lugar .....	14
3.1.4. Línea Meridiana.....	15
3.1.5 Primer Vertical .....	15
3.2 El Acimut y la Altura.....	16
3.2.1. Azimut .....	16
3.2.2. Altura .....	19
<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>20</b>
<b>SOPORTE DIDACTICO PARA LAS COORDENADAS HORIZONTALES.....</b>	<b>20</b>

4.1. Armado de aros de hierro .....	20
4.2. Armado de soporte de la esfera, línea norte sur, línea este oeste, línea vertical y línea de los polos.....	22
4.3. Armado de las coordenadas horizontales.....	23
4.4. Pintado de las coordenadas horizontales .....	23
4.5. Ubicación de la Esfera Terrestre y de una Malla de Aluminio en las Coordenadas Horizontales. ....	24
<b>CONCLUSION</b> .....	<b>26</b>
<b>RECOMENDACIÓN</b> .....	<b>27</b>
<b>GRAFICOS Y FIGURAS</b> .....	<b>28</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>29</b>

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA I. COORDENADAS ESFÉRICAS .....	2
FIGURA II. SISTEMA DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS.....	3
FIGURA III. LA ESFERA CELESTE .....	5
FIGURA IV. LA ESFERA CELESTE Y EL EJE DE ROTACIÓN DE LA TIERRA.	6
FIGURA V. LA ESFERA CELESTE CON SUS ELEMENTOS PRINCIPALES .	11
FIGURA VI. VERTICAL DE UN LUGAR (ZÉNIT Y NADIR).....	13
FIGURA VII. HORIZONTE ASTRONÓMICO .....	14
FIGURA. VIII. MERIDIANO DE LUGAR.....	14
FIGURA IX. LÍNEA MERIDIANA .....	15
FIGURA X. PRIMER VERTICAL.....	16
FIGURA XI. AZIMUT .....	17
FIGURA XII. AZIMUT POR CUADRANTES .....	18
FIGURA XIII. ALTURA DE UN ASTRO .....	19
FIGURA XIV. DIBUJANDO CIRCUNFERENCIA.....	20
FIGURA XV. MOLDEADO DE LAS VARILLAS DE HIERRO.....	21
FIGURA XVI. UNIÓN DE LOS AROS DE HIERRO. ....	21
FIGURA XVII. ARO ARMADO Y SOLDADO. ....	22
FIGURA XVIII. PROCESO DE PINTAR LAS COORDENADAS.....	24
FIGURA XIX. UBICACIÓN DEL GLOBO TERRÁQUEO. ....	24
FIGURA XX. UBICACIÓN DE UNA MALLA METÁLICA.....	25

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo es para demostrar que de la misma manera que situamos los distintos puntos de la Tierra mediante unas Coordenadas, los cuerpos celestes del cielo también las tienen. Esto permite orientarnos, predecir las posiciones de las estrellas y planetas en diferentes horas del día, días del año y según nuestro lugar de observación.

El sistema de coordenadas horizontales va a tener como plano fundamental el plano del horizonte.

Si trazamos una recta perpendicular al plano del horizonte por el centro de la esfera celeste obtenemos dos puntos, que llamaremos Z (zénit o cénit) y Z' (nadir). Dos círculos verticales importantes: el meridiano del lugar (que marca la dirección N-S), y el primer vertical (que marca la dirección E-W).

Este sistema tiene la ventaja de que es un sistema muy sencillo de manipular en la práctica en nuestro lugar de trabajo, pero tiene la desventaja de que es un sistema local, es decir, es válido solamente en la zona donde hacemos la observación y además dependen del movimiento del astro.

Explicaremos como fue construida la esfera celeste además de los materiales que fueron utilizados para la misma. Dando a conocer el uso y la aplicación de las coordenadas horizontales para los navegantes en caso de averías de los equipos electrónicos y de comunicación.

## CAPÍTULO I

### SISTEMA DE COORDENADAS ASTRONÓMICAS

#### 1.1. Sistema de Coordenadas Astronómicas.

La localización en la bóveda celeste de objetos astronómicos exige establecer un adecuado sistema de referencia.

En el sistema de coordenadas esféricas, bastan tres parámetros,  $r$ ,  $a$  y  $b$ , (como se muestra en la Fig.1), para determinar exactamente la posición de un punto del espacio, en donde  $r$  representa la distancia al origen de coordenadas,  $a$  y  $b$  son los ángulos que indican la dirección del punto respecto al origen.

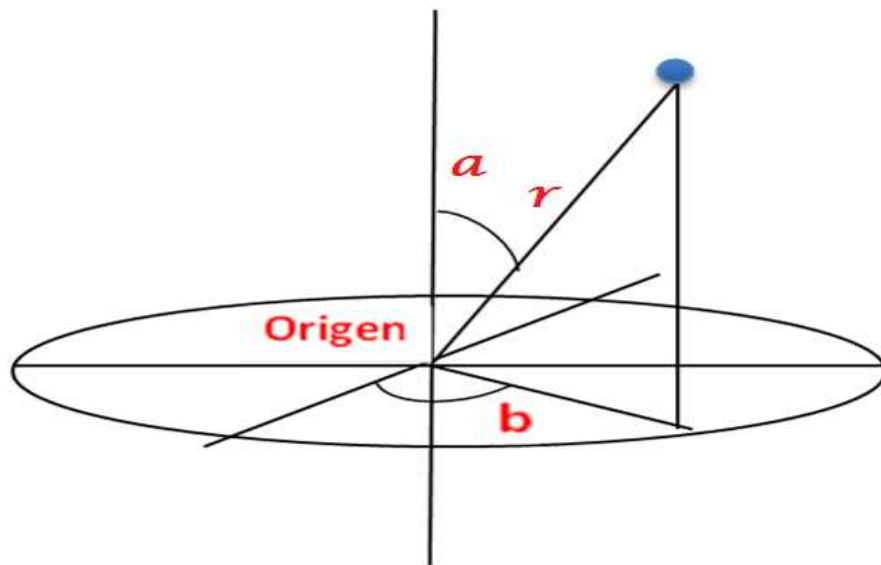


Figura I. Coordenadas Esféricas<sup>1</sup>

Tanto en las coordenadas geográficas como en las astronómicas, la distancia al origen resulta superflua; en el caso de las coordenadas geográficas porque los puntos a posicionar se encuentran sobre la superficie del planeta, y en el caso de las coordenadas astronómicas porque, en principio, no se conoce con

adecuada exactitud los objetos a posicionar en la observación de la bóveda celeste.

Por esta razón basta en general con dos parámetros, representativos de longitudes de arco, para indicar la dirección de la posición de los objetos. Estos parámetros o coordenadas son siempre medidos sobre círculos máximos perpendiculares de la esfera celeste y se conocen como coordenada ascendente o longitudinal y coordenada declinante o latitudinal.

En el caso de las coordenadas geográficas, miden con bastante exactitud la localización de cualquier punto de la superficie del planeta, independientemente de los movimientos de la Tierra y de la posición del observador (Fig.2), pero, sin embargo, no ocurre lo mismo en las coordenadas astronómicas, en donde habría que distinguir entre sistemas de coordenadas astronómicas locales, cuyas medidas dependen de la posición del observador y sistemas de coordenadas astronómicas no locales, en donde se pretende que la posición del observador no tengan influencia en la medición de la dirección de un astro.

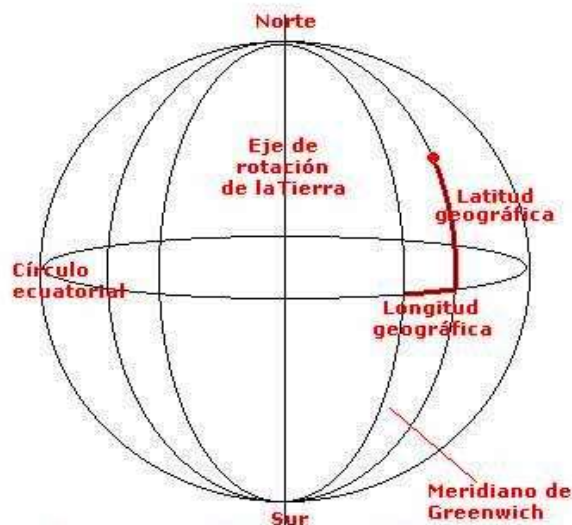


Figura II. Sistema de Coordenadas Geográficas<sup>2</sup>

**SEMINARIO**  
**“SOLUCIÓN COMPLETA A PARTIR DE LA OBSERVACIÓN DE UN ASTRO,**  
**PARA EL PLOTEO DE UNA RECTA DE ALTURA,**  
**USANDO EL ALMANAQUE NÁUTICO Y LAS TABLAS 229”**

---

Las coordenadas geográficas utilizan un círculo fundamental, el ecuador terrestre, y un eje fundamental, el eje norte-sur de rotación del planeta. Fijando un meridiano como referencia (el de Greenwich) pueden ya medirse las dos coordenadas geográficas, longitud, de  $0^{\circ}$  a  $180^{\circ}$  Oeste y de  $0^{\circ}$  a  $180^{\circ}$  Este del meridiano de Greenwich, y latitud, de  $0^{\circ}$  a  $+90^{\circ}$  latitud norte, y de  $0^{\circ}$  a  $-90^{\circ}$  latitud sur.

## CAPÍTULO II

### LA ESFERA CELESTE

#### 2.1 Definición de la Esfera Celeste

La esfera celeste es una esfera ideal, sin radio definido, concéntrica con el globo terrestre, en la cual aparentemente se mueven los astros. Permite representar las direcciones en que se hallan los objetos celestes; así es como el ángulo formado por dos direcciones será representado por un arco de círculo mayor sobre esa esfera.

Teóricamente se considera que el de la Tierra es el Eje del mundo (el de rotación de la esfera celeste), y que el ojo del observador es coincidente con el centro de la Tierra. Es un modelo que constituye uno de los conceptos fundamentales de la astronomía, especialmente para poder representar las observaciones celestes.

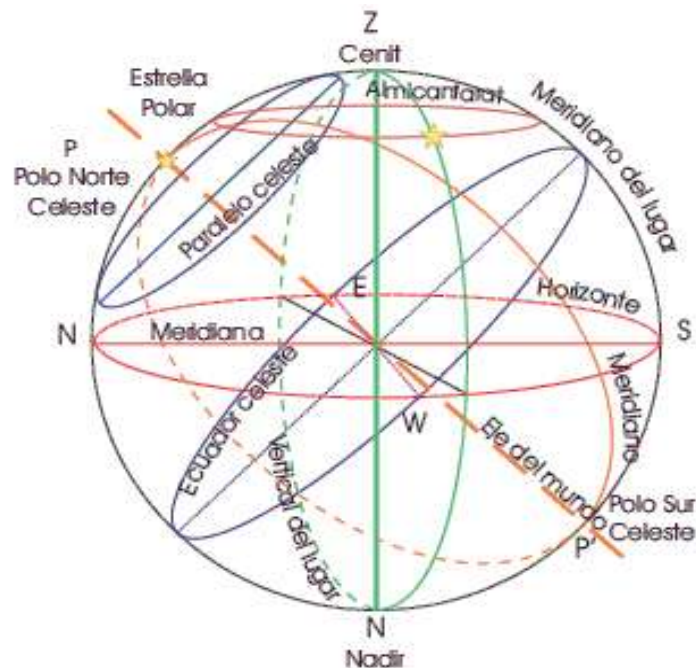


Figura III. La Esfera Celeste<sup>3</sup>



En el transcurso de una noche, las constelaciones parecen moverse suavemente a través del cielo del este al oeste. Los observadores del cielo la antigüedad eran conscientes que las posiciones relativas entre las estrellas permanecían inalteradas año con año. Era natural que concluyeran que las estrellas estaban fijadas a una esfera celeste que rodeaba la Tierra. La figura III muestra como sería la esfera celeste que giraba alrededor de una Tierra inmóvil. Ellos sabían también que la posición del eje de la esfera celeste era muy cerca de la posición de una estrella llamada Polaris (Polar).

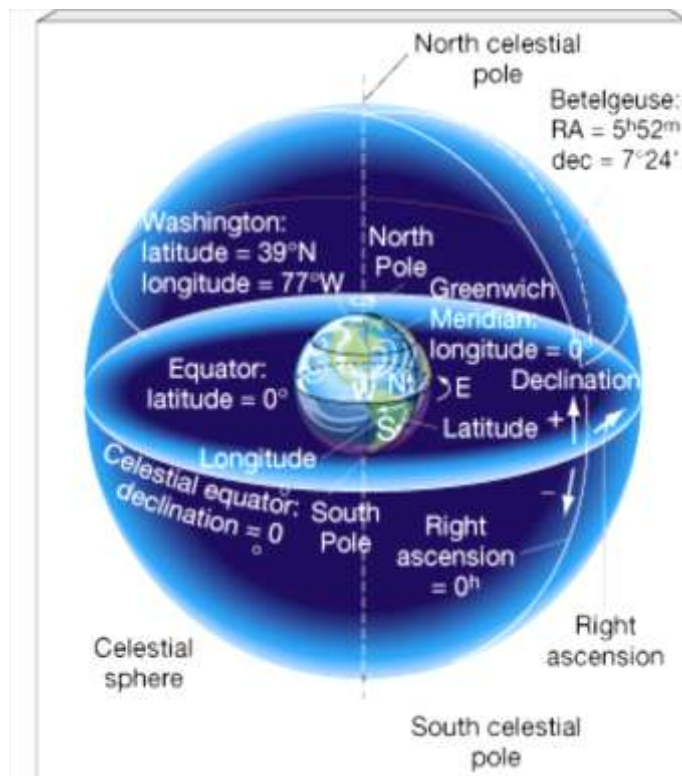


Figura IV. La Esfera Celeste y el eje de rotación de la Tierra.<sup>4</sup>

Desde nuestro punto de vista moderno, el movimiento evidente de las estrellas es el resultado de la rotación de la Tierra, no de la esfera celeste. La estrella Polar indica la dirección al norte geográfico, el eje sobre el cual rota la Tierra.

## 2.2. La Observación Celeste

La esfera celeste es una construcción mental que creamos cuando miramos al cielo. Esta surge por la información que recibe de nuestros ojos. El tamaño y la separación de los ojos nos permiten percibir el volumen de los objetos, pero sólo hasta cierta distancia (visión estereoscópica). Posterior a esa, todos los objetos que se perciban darán la impresión de encontrarse situados a la misma distancia, puesto que serán proyectados mentalmente sobre un mismo plano.

Cuando utilizamos el sentido común, se modifica esa percepción. Si miramos al cielo y observamos objetos que se encuentran muy lejos de nosotros, el cerebro actúa de la misma manera: los proyecta sobre un mismo plano. Al desplazar la vista en todas direcciones, percibimos el cielo como si fuese una inmensa cúpula limitada por el horizonte, con nosotros situados en el centro. Tal percepción, fue lo que impulsó a los antiguos filósofos a considerar que la Tierra era el centro del Universo.

## 2.3. Movimiento Celeste

El movimiento de la esfera celeste es aparente y está determinado por el movimiento de rotación de nuestro planeta sobre su propio eje. La rotación de la Tierra, en dirección Oeste–Este, produce el movimiento aparente de la esfera celeste, en sentido Este–Oeste. Este movimiento lo podemos percibir de día, por el desplazamiento del Sol en el cielo, y en las noches, por el desplazamiento de las estrellas. Ambos se realizan en sentido Este–Oeste. La velocidad con que gira la esfera celeste es de  $15^{\circ}$ /hora, por lo que cada 24 horas completa un giro de  $360^{\circ}$ .

## 2.4. Situación Geográfica

Los astrónomos fundan sus mediciones en la existencia, en esa esfera, de puntos, círculos y planos convencionales: el plano del horizonte y el del ecuador celeste; el polo y el cenit; el meridiano, que sirve de origen para la medición del acimut. Resulta fácil hallar un astro o situarlo respecto a esos planos fundamentales. Cuando el horizonte del espectador es oblicuo con respecto al ecuador, la esfera celeste es calificada de *oblicua*. Para un observador situado en uno de los dos polos, la esfera es *paralela*, ya que su horizonte conserva paralelismo con el ecuador. Por último, la esfera es *recta* para el observador situado en la línea equinoccial, porque allí el horizonte corta perpendicularmente el ecuador. La esfera celeste es un concepto, no un objeto; es la superficie virtual sobre la que vemos proyectados a los astros como si todos estuvieran a igual distancia de la Tierra

## 2.5 Elementos Principales

### 2.5.1. Dirección de la vertical

Se refiere a la dirección que marcaría una plomada. Si se observa hacia abajo, se dirigiría hacia el centro de la Tierra. Observando hacia arriba se encuentra el cenit.

### 2.5.2. Cenit astronómico

Es el punto de la esfera celeste situado exactamente encima de nosotros, intersección de la vertical ascendiente con la esfera celeste.

### 2.5.3. Nadir

Es el punto de la esfera celeste diametralmente opuesto al cenit

#### **2.5.4. La distancia cenital**

Es la distancia angular desde el cenit hasta un objeto celeste, medida sobre un círculo máximo (un círculo máximo es el resultado de la intersección de una esfera con un plano que pasa por su centro y la divide en dos hemisferios idénticos, en la figura, la distancia cenital es el arco entre el cenit y el astro "A").

#### **2.5.5. Horizonte astronómico**

Horizonte celeste o verdadero de un lugar es el plano perpendicular a la dirección de la vertical, plano circular o círculo máximo perpendicular a la vertical de lugar que pasa por el centro de la esfera celeste. En relación con la esfera celeste, decimos que es un plano diametral, ya que el horizonte es un diámetro de la esfera, y la divide en dos hemisferios: uno visible y otro invisible.

#### **2.5.6. Polo celeste**

Es la intersección de la esfera celeste con la prolongación del eje de rotación terrestre (también llamado eje del mundo) hasta el infinito.

#### **2.5.7. Eje del mundo**

Es el eje en torno al cual giraría la esfera celeste.

#### **2.5.8. Ecuador celeste**

El Ecuador celeste es un gran círculo en la imaginaria esfera celeste en el mismo plano que el ecuador y por tanto perpendicular al eje de rotación de la Tierra. En otras palabras, es la proyección del ecuador terrestre en el espacio.

Como resultado de la inclinación que presenta el eje de rotación de la Tierra, el ecuador celeste tiene una inclinación de  $\sim 23.5^\circ$  con respecto a la normal al plano de la eclíptica.

Los dos puntos de la esfera celeste en los que se corta la eclíptica con el ecuador celeste son denominados equinoccios.

### **2.5.9. Meridiano celeste**

Es el círculo máximo que pasa a través de los polos celestes y el cenit de un lugar.

### **2.5.10. Paralelos celestes**

Son los círculos menores de la esfera celeste paralelos al ecuador. Son similares a los paralelos terrestres. Los círculos menores resultan de la intersección de la esfera celeste con planos perpendiculares al eje de rotación.

### **2.5.11. Círculo horario**

Es un círculo máximo graduado de la esfera celeste situado en el ecuador celeste.

### **2.5.12. Recta este - oeste**

Es la recta intersección del horizonte celeste con el ecuador celeste.

### **2.5.13. Polo norte celeste**

Intersección del eje del mundo ascendiente con la esfera celeste.

### **2.5.14. Polo sur celeste**

Intersección de eje del mundo descendiente con la esfera celeste.

Desde el punto de vista de un observador terrestre, y debido al movimiento de rotación de nuestro planeta, la esfera celeste gira en torno a los polos celestes con un periodo de 23 horas, 56 minutos y 4 segundos, lo que se llama un día sideral. Aunque la idea original de esfera celeste es una descripción incorrecta del cielo, todavía usamos esta idea para ayudarnos a visualizar las posiciones de estrellas en el cielo. El método más simple de localizar estrellas en el cielo es especificar la constelación a la que pertenecen.

SEMINARIO  
"SOLUCIÓN COMPLETA A PARTIR DE LA OBSERVACIÓN DE UN ASTRO,  
PARA EL PLOTEO DE UNA RECTA DE ALTURA,  
USANDO EL ALMANAQUE NÁUTICO Y LAS TABLAS 229"

---

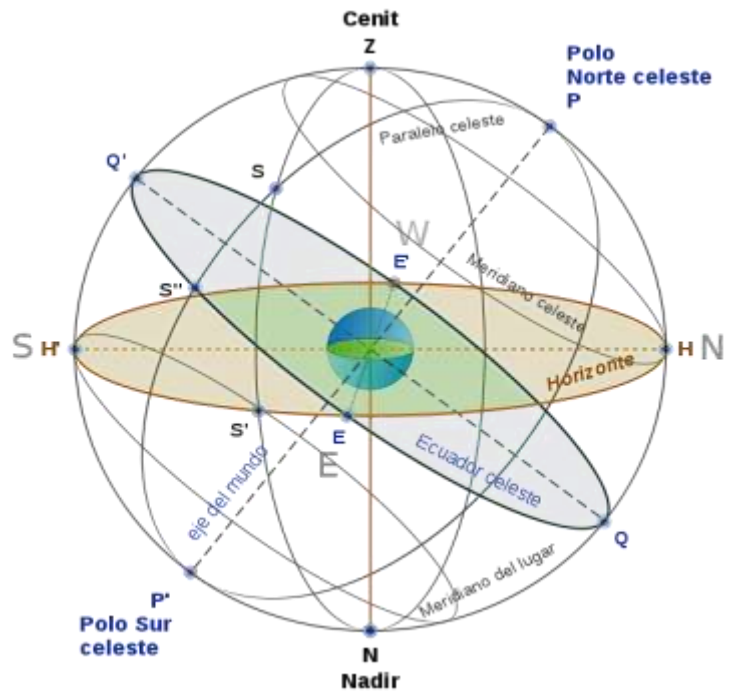


Figura V. La Esfera Celeste con sus elementos principales<sup>5</sup>

## CAPÍTULO III

### COORDENADAS HORIZONTALES

Para determinar la posición de una estrella en coordenadas horizontales, un observador deberá medir su altura que es la distancia angular desde el horizonte hasta la estrella. En segundo lugar, tendrá que determinar el ángulo que forma la estrella con una dirección que se toma como origen, generalmente el sur (en astronomía) o el norte (navegación) medida sobre el horizonte y en sentido horario. Dicho ángulo se llama acimut.

Las coordenadas horizontales dependen del observador. Es decir que en un mismo momento, un astro se observa bajo coordenadas horizontales diferentes por observadores diferentes situados en puntos diferentes de la Tierra. Esto significa que dichas coordenadas son locales.

#### 3.1. Conceptos Fundamentales

##### 3.1.1. Vertical de un lugar

El primer elemento que podemos trazar en dicha esfera es la **vertical**. Esta recta sigue, aproximadamente, la dirección del hilo de una plomada y pasa por el observador.

El punto de intersección entre la vertical y la esfera celeste, se encuentra exactamente sobre la cabeza del observador y se denomina **cénit**. El punto que se encuentra exactamente debajo del observador, en la intersección de la vertical con la esfera celeste, es el **nadir**.

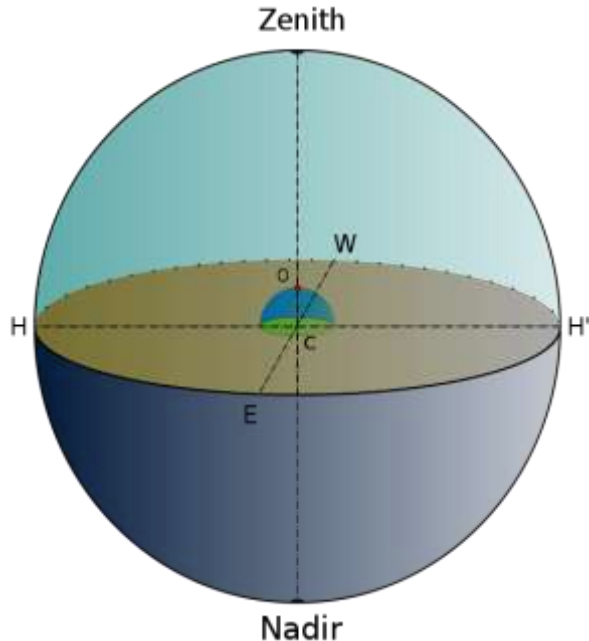


Figura VI. Vertical de un lugar (zénit y nadir).<sup>6</sup>

### 3.1.2. Horizonte Astronómico

Horizonte astronómico es el plano que pasa por el observador y es perpendicular a la vertical. La intersección de este plano con la esfera celeste es un círculo máximo que recibe el nombre de horizonte.

Ya que es tan grande la esfera celeste, es igual encontrarse sobre el centro de la Tierra que en su superficie. Por eso, en un lugar con el cielo despejado y con las condiciones necesarias, sin montañas o edificios que bloqueen la visión, siempre se ve la mitad de la esfera celeste. Se llama horizonte astronómico al círculo que limita este hemisferio (la mitad de la esfera visible). Podemos verificar que el horizonte astronómico es el círculo cortado sobre la esfera celeste por el plano tangente a la Tierra. Generalmente se llama horizonte a la línea que en campo abierto parece separar el cielo de la tierra, o del mar si nos encontramos junto a él.



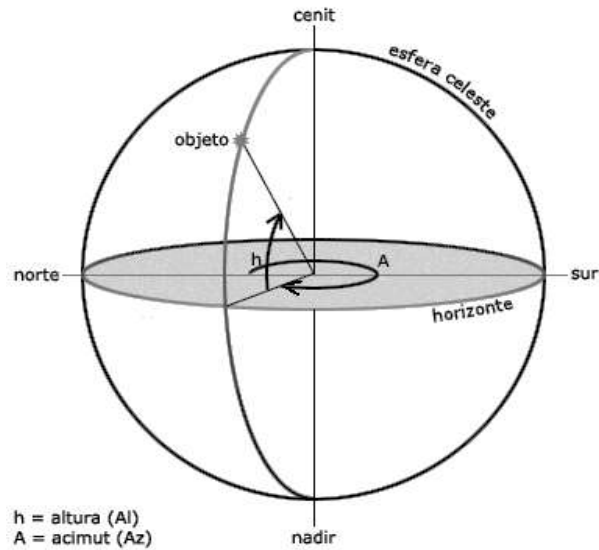


Figura VII. Horizonte Astronómico<sup>7</sup>

### 3.1.3. Meridiano del lugar

Sabemos que los meridianos son círculos máximos que pasan por la línea de los polos. Cada lugar tiene un meridiano que pasa por el Zenit y por el Nadir, además de por los polos y se llama MERIDIANO DEL LUGAR.

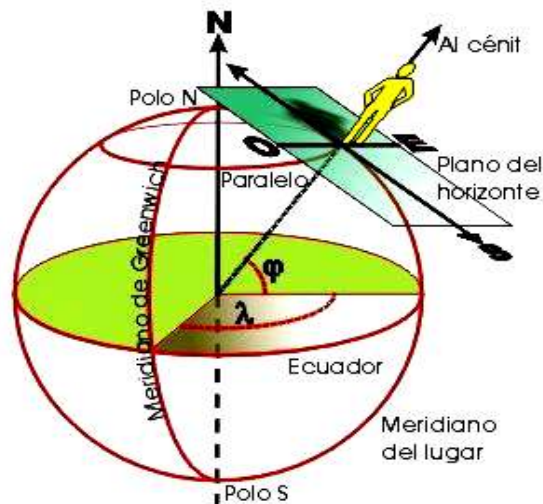


Figura. VIII. Meridiano de Lugar<sup>8</sup>

### 3.1.4. Línea Meridiana.

La línea imaginaria que va desde el punto cardinal Norte sobre la superficie terrestre pasa por el observador y continua así hasta el punto cardinal Sur, se llama Línea Meridiana.

Perpendicular a ésta es la línea ESTE-OESTE y mediante ambas establecemos los cuatro puntos cardinales.

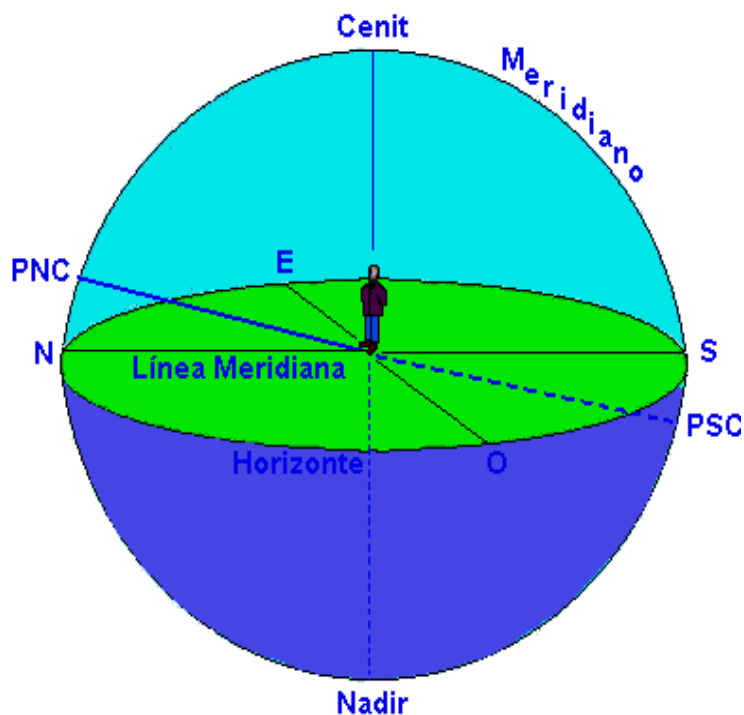


Figura IX. Línea Meridiana <sup>9</sup>

### 3.1.5 Primer Vertical

Sea la esfera celeste y los puntos Zenit y Nadir provocados por la intersección con ella de la vertical del lugar, todos los planos que pasan por la vertical ZN se llaman VERTICALES. Los dos más importantes son el MERIDIANO DEL LUGAR (línea Norte-Sur) y el PRIMER VERTICAL (línea Este-Oeste).

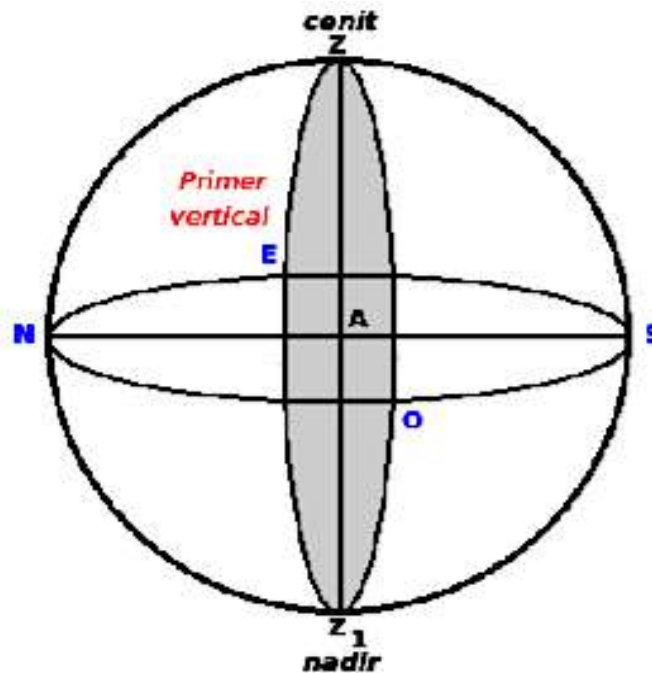


Figura X. Primer Vertical<sup>10</sup>

### 3.2 El Acimut y la Altura

#### 3.2.1. Azimut

En general, es el arco de Horizonte que va desde los puntos cardinales norte o sur hasta el vertical del astro. Se distingue tres puntos:

Azimut Náutico (Z)

Azimut por cuadrantes (Z)

Azimut Astronómico (Za)

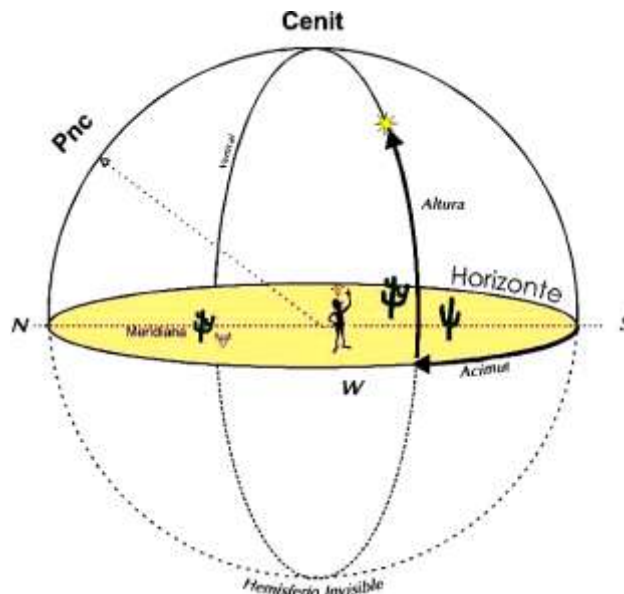


Figura XI. Azimut<sup>11</sup>

### Azimut Náutico

Se encuentra siempre desde el punto cardinal Norte hacia el Este (como las agujas del reloj) hasta el vertical del astro, o sea se encuentra de  $0^{\circ}$  a  $360^{\circ}$

Azimut por cuadrantes:

Se encuentra siempre desde el punto cardinal Norte o Sur hacia el Este u Oeste hasta el vertical del astro, se encuentra menor de  $90^{\circ}$  y se nombra poniendo primero el punto cardinal desde donde se encuentra (N o S) después del arco en grados y al final del otro punto cardinal (E u W).

Para contar este azimut, el Horizonte se divide en los cuatro cuadrantes siguientes:

Primer Cuadrante N al E, Segundo Cuadrante S al E, Tercer Cuadrante S al W, Cuarto Cuadrante N al W.

## AZIMUTES

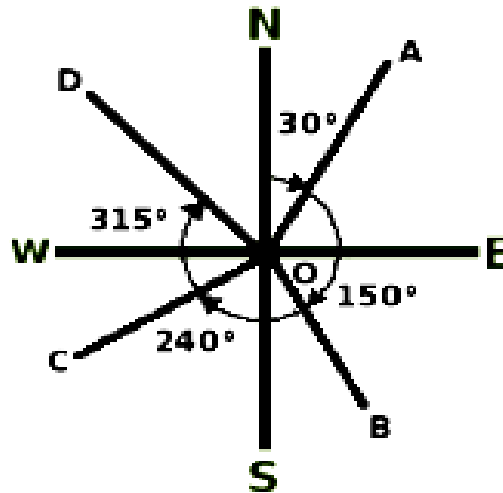


Figura XII. Azimut por Cuadrantes <sup>12</sup>

Azimut Astronómico ( $Z_a$ ):

Es el arco de Horizonte que va desde el punto cardinal N o S, siempre del mismo nombre que la latitud hasta el vertical del astro. Se encuentra menor de  $180^\circ$ , llamándose oriental u occidental según se cuente hacia el E u W.

El paso de un azimut a otro se hace fácilmente. Normalmente pasamos de Azimut náutico a Azimut por cuadrante o viceversa, para ello, podemos emplear la regla siguiente:

Primer cuadrante:  $Z \text{ náutico} = Z \text{ por cuadrantes}$  ( $Z = N30E = 030$ )

Segundo cuadrante:  $Z \text{ náutico} = 180^\circ - Z \text{ por cuadrantes}$  ( $Z = S30E = 150$ )

Tercer cuadrante:  $Z \text{ náutico} = 180^\circ + Z \text{ por cuadrantes}$  ( $Z = S30W = 210$ )

Cuarto cuadrante:  $Z \text{ náutico} = 360^\circ - Z \text{ por cuadrantes}$  ( $Z = N30W = 330$ )

### 3.2.2. Altura:

Es la otra coordenada de este sistema, y es el arco de vertical contado desde el Horizonte hasta el astro, siempre es menor de  $90^\circ$  y es positiva si el astro es visible y negativa si no lo vemos, o sea, está bajo el Horizonte.

Amplitud ( $A_p$ ). Es el complemento del azimut por cuadrantes.

Distancia cenital ( $z$ ), es el arco de vertical que va desde el astro al Cenit.

Es el complemento de la Altura cuando el astro es visible.

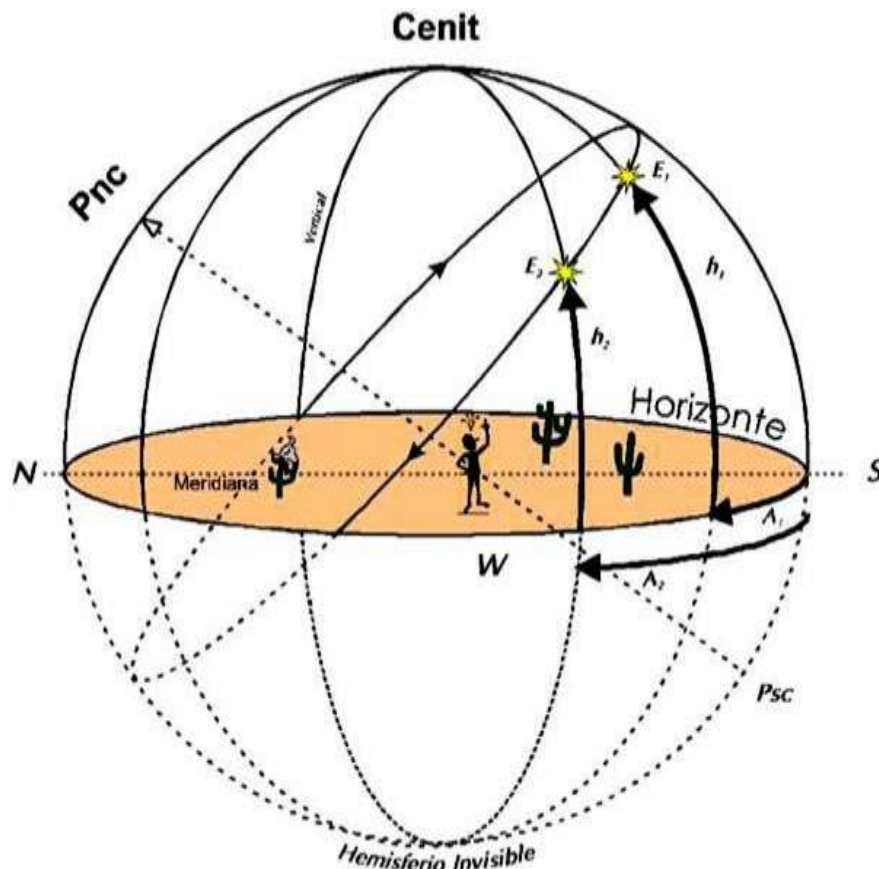


Figura XIII. Altura de un astro <sup>13</sup>

## CAPITULO IV

### SOPORTE DIDACTICO PARA LAS COORDENADAS HORIZONTALES.

Para ilustrar, didácticamente, el sostener una teoría sobre el tema “Sistema de Coordenadas Astronómicas: Coordenadas Horizontales” se construye una esfera celeste donde queda demostrado una aproximación de los elementos que entran en juego para la determinación de la posición de un observador en la superficie de la tierra.

#### 4.1. Armado de aros de hierro

Dibujar una circunferencia de 70cm de diámetro en un pallet, proceda incrustar los clavos alrededor de la misma, con una distancia máxima de 1 cm de separación, debe tener cuidado al maniobrar el martillo este podría lastimar sus extremidades, seguir este procedimiento hasta que la circunferencia está cubierta por los clavos, una vez terminado servirá como molde para construir los aros de hierro.



Figura XIV. Dibujando Circunferencia<sup>14</sup>

Cortadas las varillas se moldean en la circunferencia provista de clavos, se procede a darle forma a los aros, haciendo fuerza y con ayuda de las pinzas de presión se unen los extremos.



Figura XV. Moldeado de las varillas de hierro

Se comienza a unir los extremos con soldadura eléctrica rascando el electrodo con el metal, hasta quedar acoplados uniformemente.



Figura XVI. Unión de los aros de Hierro.



Quedando de esta manera armados nuestros aros de hierro para luego proceder a darle forma a la esfera.



Figura XVII. Aro armado y soldado.

El primer aro de hierro sería el círculo máximo, que es nuestro plano del horizonte, que divide nuestra esfera en dos hemisferios iguales, el hemisferio superior o visible y hemisferio inferior o invisible, el segundo sería nuestro meridiano de lugar, que corta el plano del horizonte en la línea norte sur o también llamada meridiana y el tercero sería nuestro primer vertical línea este oeste.

4.2. Armado de soporte de la esfera, línea norte sur, línea este oeste, línea vertical y línea de los polos.

Se corta y se sueldan cuatro varillas de 70 cm las mismas que además de ser el soporte de la esfera, serían la línea norte sur, la línea este oeste, la línea vertical zenit nadir y la línea de los polos.

#### 4.3. Armado de las coordenadas horizontales

El soporte se une con los tres aros anteriormente contruidos, primero que se une es el aro designado a ser el plano del horizonte que es un círculo máximo de la esfera celeste, perpendicular a la vertical.

Luego se une el meridiano del lugar (línea norte- sur). Este procedimiento se debe realizar con precaución debido a que los materiales al someterlos a altas temperaturas tienden a dilatarse esta es la parte más complicada cuando se aplica la soldadura.

La base de la esfera, debe de adherirse al suelo sin problemas, en esta construcción es de forma rectangular con un tubo en la parte central que además en su interior se ubican rulimanes con grasa para que gire con facilidad y sin problemas la construcción.

#### 4.4. Pintado de las coordenadas horizontales

Meridiano de lugar: Amarillo

Primer vertical: Verde

Plano del horizonte: Rojo

Las letras para su diferenciación deben pintarse con un color distinto, en nuestro caso se pintaron de color plateado, la estrella que hace referencia al astro de color rojo y por último la base fue pintada de color negro.



Figura XVIII. Proceso de pintar las coordenadas.

#### 4.5. Ubicación de la Esfera Terrestre y de una Malla de Aluminio en las Coordenadas Horizontales.

Al finalizar de pintar para definir todos los puntos y líneas de las coordenadas horizontales se utiliza una esfera terrestre pequeña la que se ubica en el centro de la construcción.

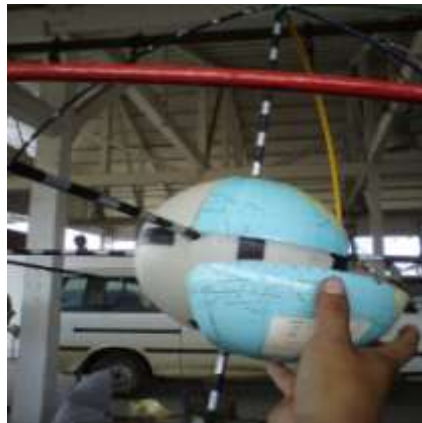


Figura XIX. Ubicación del globo terráqueo.

Para diferenciar la línea del horizonte se utilizara una malla de aluminio de 75 cm de diámetro, la cual debe ser cortada por partes y adherida a la línea

**SEMINARIO**  
**“SOLUCIÓN COMPLETA A PARTIR DE LA OBSERVACIÓN DE UN ASTRO,**  
**PARA EL PLOTEO DE UNA RECTA DE ALTURA,**  
**USANDO EL ALMANAQUE NÁUTICO Y LAS TABLAS 229”**

---

anteriormente mencionada con la ayuda de una agujeta sin punta e hilo nylon para sujetar.



Figura XX. Ubicación de una malla metálica.

## CONCLUSION

Al concluir la construcción de las coordenadas horizontales tomaremos en cuenta los siguientes aspectos:

La web nos brinda mucha información acerca de nuestro tema anteriormente expuesto, pero debe analizar con precisión cada uno de estos documentos, obteniendo una investigación clara y completa para que sea de fácil entendimiento y agrado a todas aquellas personas que decidan leer esta tesina.

Para sostener una teoría sobre el tema "Sistema de Coordenadas Astronómicas: Coordenadas Horizontales" se construyó una esfera celeste donde queda demostrado una aproximación de los elementos que entran en juego para la determinación de la posición de un observador en la superficie de la tierra.

La dificultad principal en la construcción es que las formas redondas en hierro presentan una dificultad añadida superable debido a que al unir los círculos para formar dicha esfera estos se deforman por la alta temperatura que se genera por la acción de soldar, esta situación se controla solo si se tiene paciencia y conocimiento de soldadura.

Este sistema tiene la ventaja de que es un sistema muy sencillo de manipular en la práctica en nuestro lugar de trabajo, pero tiene la desventaja de que es un sistema local, es decir, es válido solamente en la zona donde hacemos la observación y además dependen del movimiento del astro.

## RECOMENDACIÓN

Va dirigida a los Estudiantes del Programa de Tecnología en Pesquería y a todas aquellas personas que están relacionadas con el mar.

¿Por qué razón hemos de seguir estudiando la esfera celeste y sus sistemas de coordenadas en la era de la electrónica y del GPS?

La respuesta es probablemente la misma: Porque vale la pena. Sin duda, el navegador GPS es una herramienta muy potente, pero su uso se convierte rápidamente en rutina además de ser un aparato electrónico que se puede averiar por las condiciones climáticas, por el mal manejo. Encontrar nuestra posición geográfica por medio de observaciones astronómicas requiere conocimientos, criterio y habilidad. En otras palabras, hemos de saber utilizar nuestro cerebro.

Es indispensable recalcar la prudencia y el cuidado con que se debe manipular todo aparato que funcione con corriente eléctrica. Nunca debe tocar un artefacto eléctrico si usted está mojado o descalzo. En nuestro caso utilizamos una maquina de soldar y un esmeril que son maquinarias que si no se manipulan de forma adecuada pueden resultar peligrosas

Se deberá prestar cuidado en la interpretación y observación de los astros en la bóveda celeste ya que su lectura errónea en cuanto a la navegación podría dirigirnos o situarnos a un punto muy diferente del destino en que aparentemente deberíamos ir o estar.

## GRAFICOS Y FIGURAS

1	<a href="http://personales.ya.com/casanchi/ast/coordenada01.jpg">http://personales.ya.com/casanchi/ast/coordenada01.jpg</a> .....	2
2	<a href="http://personales.ya.com/casanchi/ast/coordenada02.jpg">http://personales.ya.com/casanchi/ast/coordenada02.jpg</a> .....	3
3	<a href="http://www.astronomia-iniciacion.com/images/curso/1/curso_1.7_1.gif">http://www.astronomia-iniciacion.com/images/curso/1/curso_1.7_1.gif</a> .....	5
4	<a href="http://www.crya.unam.mx/~j.ballesteros/Diplomado/Clase2/escalas.pdf">http://www.crya.unam.mx/~j.ballesteros/Diplomado/Clase2/escalas.pdf</a> .....	6
5	<a href="http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Celestial-sphere-ES.svg?uselang=es">http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Celestial-sphere-ES.svg?uselang=es</a> .....	11
6	<a href="http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Emisferi_celesti.svg?uselang=es">http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Emisferi_celesti.svg?uselang=es</a> . . .	13
7	<a href="http://www.astropatagonia.com/wp-content/uploads/2007/08/coordenadas0002.GIF">http://www.astropatagonia.com/wp-content/uploads/2007/08/coordenadas0002.GIF</a> .....	14
8	<a href="http://images.wikia.com/ingenieriatopografica/es/images/6/60/Latitud_ongitud.jpg">http://images.wikia.com/ingenieriatopografica/es/images/6/60/Latitud_ongitud.jpg</a> .....	14
9	<a href="http://www.tayabeixo.org/que_obs/imagen/puntos8.gif">http://www.tayabeixo.org/que_obs/imagen/puntos8.gif</a> .....	15
10	<a href="http://dc110.4shared.com/doc/qnwBacJB/preview010.png">http://dc110.4shared.com/doc/qnwBacJB/preview010.png</a> .....	16
11	<a href="http://www.astrosafor.net/Huygens/1997/9/horizontales2.JPG">http://www.astrosafor.net/Huygens/1997/9/horizontales2.JPG</a> .....	17
12	<a href="http://doblevia.files.wordpress.com/2007/07/azimut.png?w=406">http://doblevia.files.wordpress.com/2007/07/azimut.png?w=406</a> .....	18
13	<a href="http://www.astrosafor.net/Huygens/1997/9/horizontales2.JPG">http://www.astrosafor.net/Huygens/1997/9/horizontales2.JPG</a> .....	19
14	EDUARDO CUCALON CACAO .....	20

La grafía de 15 a 20, pertenecen al mismo autor: Eduardo Cucalón.

## BIBLIOGRAFIA.

<http://www.astromia.com/glosario/esferaceleste.htm>

<http://www.astropatagonia.com/datos-utiles/>

<http://www.bernardopombo.com/blogliceo/?p=610>

[http://es.wikipedia.org/wiki/Horizonte\\_astron%C3%B3mico](http://es.wikipedia.org/wiki/Horizonte_astron%C3%B3mico)

[http://es.wikipedia.org/wiki/Coordenadas\\_horizontales](http://es.wikipedia.org/wiki/Coordenadas_horizontales)

[http://www.elcielodelmes.com/Curso\\_iniciacion/curso\\_1.php](http://www.elcielodelmes.com/Curso_iniciacion/curso_1.php)

[http://es.wikipedia.org/wiki/Esfera\\_celeste](http://es.wikipedia.org/wiki/Esfera_celeste)

<http://www.iac.es/adjuntos/www/actividad-altura-acimut.pdf>

<http://www.iesmaritimopesquerolp.org/asignaturas/NAVEGACION%20ASTRONOMICA/Coordenadas.pdf><http://www.scribd.com/doc/52010218/3-ESFERA-ASTRONOMICA-final>

<http://www.masmar.com/articulos/art/95,561,2.html>

<http://personales.ya.com/casanchi/ast/sistecor.htm>

[http://www.rodamedia.com/navastro/umland/Umland\\_Comp\\_Sp\\_042006.pdf](http://www.rodamedia.com/navastro/umland/Umland_Comp_Sp_042006.pdf)