

11  
2.0j



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO**

---

---

**Facultad de Ingeniería**

**Posicionamiento Marino**

**T E S I S**

**Que para obtener el título de:  
Ingeniero Topógrafo y Geodesta**

**P r e s e n t a**

**ISMAEL MARIN MORA**



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
60-1-206

Señor ISMAEL MARIN IDRA,  
Presente.

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Profesor Ing. Federico Alonso Lerch, para que lo desarrolle como TESIS para su Examen Profesional de la carrera de INGENIERO TOPOGRAFO Y GEODESTA.

"POSICIONAMIENTO MARINO"

- Introducción.
- I. Antecedentes
- II. Identificación del problema.
- III. Algoritmo.
- IV. Diagrama de flujo.
- V. Programa para computadora.
- VI. Resolución de un problema específico.
- VII. Instrucciones para el usuario.
- VIII. Conclusiones.

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento con lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Coordinación de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria, a 9 de agosto de 1985  
EL DIRECTOR

DR. OCTAVIO A. RASCON CHAVEZ.

## I N D I C E.

INTRODUCCION .....	2
CAPITULO I : ANTECEDENTES.	
Posicionamiento de microondas .....	4
Unidad Medidora de Distancias ( DMU ) .....	5
Estación Maestra .....	5
Estación Remota .....	5
Requisitos de Potencia .....	6
Descripción del funcionamiento de medición .....	6
Trabajos que requieren posicionamiento .....	9
Batimetrías .....	9
Inspección de líneas de conducción , .....	9
Perfiles Estratigraficos .....	10
CAPITULO II : IDENTIFICACION DEL PROBLEMA.	
Identificación del Problema .....	15
CAPITULO III : ALGORITMO.	
Algoritmo .....	23
CAPITULO IV : DIAGRAMA DE FLUJO.	
Diagrama de Flujo .....	30
CAPITULO V : PROGRAMA PARA COMPUTADORA.	
Listado del Programa .....	38
Listado del Programa por Bloques .....	43
CAPITULO VI : RESOLUCION DE UN PROBLEMA ESPECIFICO	
Solución Analítica .....	51
Solución por medio de Computadora .....	66

**CAPITULO VII : INSTRUCCIONES PARA EL USUARIO.**

**Instrucciones para el Usuario ..... 68**

**CAPITULO VIII : CONCLUSIONES.**

**Conclusiones ..... 72**

**Bibliografía ..... 73**

INTRODUCCION.

## INTRODUCCION :

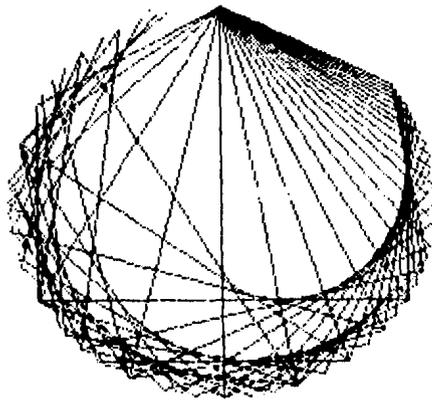
En la actualidad el desarrollo alcanzado tanto en equipo electrónico como en la computación, a logrado que los levantamientos, tanto geodesicos como topograficos de lugares distantes entre sí y con poca accesibilidad se vean ahora reducidos a problemas más simples.

El uso de equipo electrónico tal como el Loran, Maxiran, Argo, Ecosondas, Geociver, etc., a hecho que el problema se vea simplificado y los lugares tengan ahora un posicionamiento más confiable y efectivo, todo esto aunado a los avances de la computación que nos permite disponer de efectivas micro-computadoras de facil manejo y transporte, nos permite disponer de los datos necesarios para conocer las posiciones geograficas de estos sitios en cuestión de segundos, sin tener que elaborar laboriosos trabajos de calculo.

Es por ello que el presente trabajo esta realizado para dicho fin, tomando en cuenta los parametros necesarios para su mejor realización.

CAPITULO I

ANTECEDENTES.



## ANTECEDENTES :

### POSICIONAMIENTO DE MICROONDAS :

El Trisponder de la empresa "Del Norte" es un sistema electrónico de posicionamiento que proporciona una información precisa de distancia visual desde una estación maestra a una o más estaciones remotas. Esto se realiza al medir el tiempo de ida y vuelta de las señales FR ( De Frecuencia Radial ) transmitidas entre las dos estaciones. Cada distancia desplegada es un promedio de 10 ó 100 medidas, el cual disminuye el error estadístico y aumenta la estabilidad y precisión del sistema.

Cada medida requiere sólo cerca de un milisegundo, y el promedio indicado se actualiza una vez cada segundo. Las señales que van y que vienen de cada estación están codificadas, y de esa manera proporcionan un medio para la selección de estaciones y para el rechazo de las señales exteriores. Las estaciones remotas se encuentran instaladas en localidades conocidas ( En Tierra ), y la estación maestra se encuentra ( En una embarcación ) donde tendrá una vista de las remotas sin obstrucción alguna.

Los datos de distancia se observan en la unidad de control desplegadas en la pantalla y podrán ser reducidas a una posición X, Y por medio de trilateración.

Un sistema Trisponder estándar se compone de:

- 1.- Una unidad medidora de la distancia ( Unidad DMU ) o una unidad de control y pantalla.
- 2.- Un transmisor-receptor maestro y una antena Omni.
- 3.- Dos transmisores-receptores remotos y antenas direccionales.
- 4.- Todos los cables interconectores.

Para el funcionamiento, se requieren tres fuentes de poder - de 24 VCC. ( Voltios de tensión eléctrica, corriente continua ) - las cuales podran ser baterías de automóviles, con rendimiento de 50 a 100 Amperios-hora ( AH ).

#### UNIDAD MEDIDORA DE DISTANCIAS ( DMU ) ;

La unidad DMU suministra las señales a la estación maestra - para que sean transmitidas a las estaciones remotas. A su vez, -- las señales de las remotas son recibidas por la maestra y envia-- das de vuelta a la unidad DMU para la determinación de la distan-- cia. En la pantalla aparecen tres medidas separadas que indican - la distancia directamente en metros. Asimismo, uno puede disponer de estos datos en un conector externo que se utiliza con equipos-- accesorios tales como impresores.

#### ESTACION MAESTRA ;

Dicha estación interroga todas las unidades remotas cuando - la unidad DMU da la orden. Se suministra con energía y control a-- través de un cable de 15 metros, conectado a la DMU. El transmi-- sor-receptor y las fichas de circuito impreso se contienen en -- una caja a prueba de agua. La maestra utiliza normalmente una an-- tena omnidireccional. Todo el dispositivo puede ser montado sobre un tripie de topógrafo europeo ó americano o sobre una tubería de una pulgada de diametro con un acoplamiento.

#### ESTACION REMOTA ;

Contiene un transmisor-receptor que responde a una orden co-- dificada de la estación maestra. Se suministra con energía a' tra-- vés de un cable de 7.5 metros, conectado normalmente a baterías.- La configuración de la caja y el montaje son iguales a los de la-

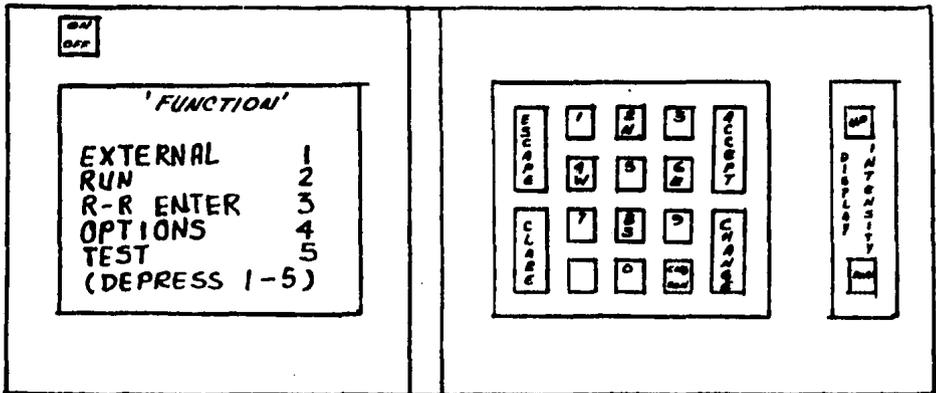
maestra. Las estaciones remotas podrán utilizar o bien una antena omnidireccional.

**REQUISITOS DE POTENCIA ;**

Se obtienen normalmente de dos baterías de automóviles conectadas para suministrar 24 VCC.. La tensión de alimentación podrá variar en un rango de 23 a 32 VCC., la DMU retira 40 vatios ( W ), la estación maestra 17 vatios, y las estaciones remotas 17 vatios, cada una. Los cables de señales y potencia estándares podrán ser bobinados o acortados para realizar una instalación más nítida.

**DESCRIPCION DEL FUNCIONAMIENTO DE MEDICION ;**

- 1.- Se comprueba que el sistema esté conectado según se indica en la figura 1.
- 2.- Se oprime el boton de encendido y apagado.
- 3.- Una vez encendido el DMU, obtendremos lo siguiente:



- 4.- Se elige la función que uno desea de acuerdo a lo siguiente:  
**STAND BY .-** Esta es una función de espera, se utiliza cuando vamos a seguir efectuando mediciones en un tiempo rela-

tivamente corto y no deseamos apagar el aparato.

**RUN** ./ En esta función ponemos en funcionamiento la unidad -  
medidora y automáticamente obtenemos las distancias -  
medidas a las estaciones bases. La pantalla se vera -  
como se muestra:

E#	21	EXT
724		213.4
744		2395.6
784		21346.7

**R/R ENTER.**.-Esta función nos sirve para elegir las estaciones base que vamos a utilizar, y el orden en el cual vamos a recibir los datos. De esta función hablaremos posteriormente.

**OPTIONS** ./ Esta función provee una lista de opciones aprovechables para ser usadas con el DTU de acuerdo al tipo de instalación que se tenga.

**TEST** .- Esta es una prueba interna de la unidad medidora.

Básicamente nos interesa las funciones **RUN** y **R/R ENTER**.

Es importante decir que cada vez que se quiera cambiar algún dato ó función se debe oprimir la tecla **ESCAPE**, la cual nos sitúa en el listado de funciones o menú, una vez obtenido esto elegimos la nueva función, y posteriormente si lo que deseamos es cambiar algún dato oprimimos la tecla **CHANGE**. Con lo cual automáticamente podemos cambiar el dato que deseamos.

Una vez logrado el cambio oprimimos la tecla **ACCEPT** para que la unidad almacene los nuevos datos y deseche los anteriores.

## FUNCION R/R ENTER ;

Como ya se dijo anteriormente, esta función nos sirve para - elegir las estaciones base y esto lo logramos mediante las siguientes operaciones:

- 1.- Al elegir la función R/R ENTER en la pantalla aparece;

```
SELECT REMOTE
CHAN 1  624
CHAN 2  786
CHAN 3  000
CHAN 4  999?
```

- 2.- Si los códigos de las remotas a usar son los que se desea, se oprime la tecla ACCEPT, en caso contrario, se oprime la tecla CHANGE y un cursor aparece en el lado derecho de CHAN 1 o sea,

```
CHAN 1  624
```

- 3.- Se introduce el código que se va a usar ó ceros si no se desea utilizar el canal.
- 4.- Se oprime ACCEPT y el cursor pasará al canal dos, donde se repite la operación, así hasta que se han revisado los cuatro canales. Una vez hecho esto se oprime ACCEPT para que se nos presente nuevamente SELECT REMOTE y podamos ver si no hubo algún error.
- 5.- En caso de que hubiera alguna equivocación se repite el paso 2, en caso contrario se oprime la tecla ACCEPT.
- 6.- Una vez realizado lo anterior, la pantalla nos presenta lo siguiente;

```
"REMOTE A"
CODE      769
CALIB     00000.0
HEIGHT    HHHHH.H
```

- 7.- Se oprime CHANGE y el cursor aparecera a la derecha de CODE.

- 8.- Introducir el código deseado de la remota.
- 9.- Oprimir ACCEPT. El cursor se mueve a la línea de CALIB.
- 10.-Introducir el factor de calibración de la remota escogida.
- 11.-Oprimir ACCEPT y el cursor se mueve a la línea de HEIGHT.
- 12.-Introduzca la altura de la antena remota.
- 13.-Oprima ACCEPT. Y los datos de la remota A aparecerán en la --  
pantalla para una revisión final.
- 14.-Oprima ACCEPT otra vez para introducir los datos para la remota B.
- 15.-Repita los pasos 7 á 14 para los datos de las remotas B, C y D.
- 16.-Una vez introducidos los datos de las remotas oprima ESCAPE.

Una vez seleccionadas las bases e introducidos sus datos procedemos nuevamente al menú para seleccionar si deseamos empezar a medir ó ponernos en espera.

#### TRABAJOS QUE REQUIEREN POSICIONAMIENTO ;

**BATIMETRIAS.-** El equipo utilizado para este trabajo fue el ecosonda y el Finger Ore que nos determinan la profundidad del lugar mediante el envío de pulsos sonoros en el agua. El equipo en sí está formado por la unidad de control, graficadora y transductor. - El transductor envía pulsos de señal que se reflejan en el lecho marino y regresan a la fuente emisora lo cual nos dá un período de tiempo que substituido en la ecuación de la velocidad nos permitira conocer la distancia en metros requerida.

**INSPECCION DE LINEAS DE CONDUCCION.-** Esto se lleva a cabo por medio de un sensor remoto llamado S.M.S. 960 ( Sistema de Mapeo del Piso Marino ), el cual es un sistema de sonar de barrido lateral- que mediante ondas emitidas por rejillas laterales permite ir tomando fotografías del fondo marino y localizando las tuberías que

se encuentran tendidas. Las fotografías poseen marcas fiduciales-- según la escala con que se trabaje y además llevan señalado el -- azimut en el cual se efectuó el recorrido con el barco.

**PERFILES ESTRATIGRAFICOS.**- Se utiliza un sistema de perfilador -- profundo de 8,000 joules/segundo de potencia de salida, consistente en forma general de un emisor acústico de nueve electrodos, un receptor de ocho hidrófonos en serie, un filtro de señales y una graficadora para el registro de las señales recibidas. Este sistema es alimentado por 117 y 220 volts de corriente alterna a 60 Hz., pudiendo obtenerse una penetración hasta del orden de más de -- 700 metros.

Su funcionamiento se basa en crear una onda acústica que -- viaja a través del subsuelo, reflejándose en los diferentes estratos que lo componen hasta ser captado en los hidrófonos, poste--- riormente esta señal es filtrada y amplificada, hasta finalizar - el proceso con la obtención del registro.

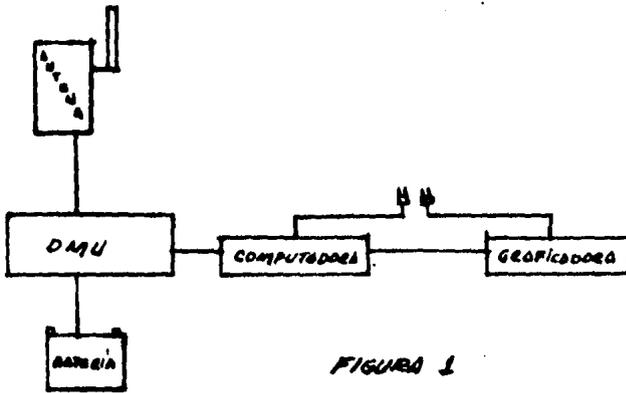
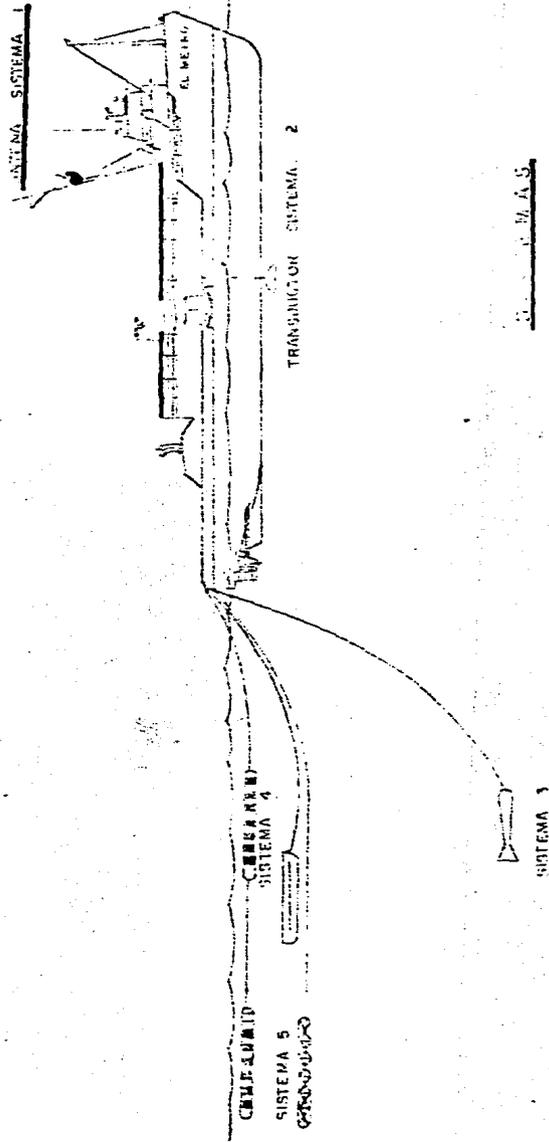


FIGURA 1



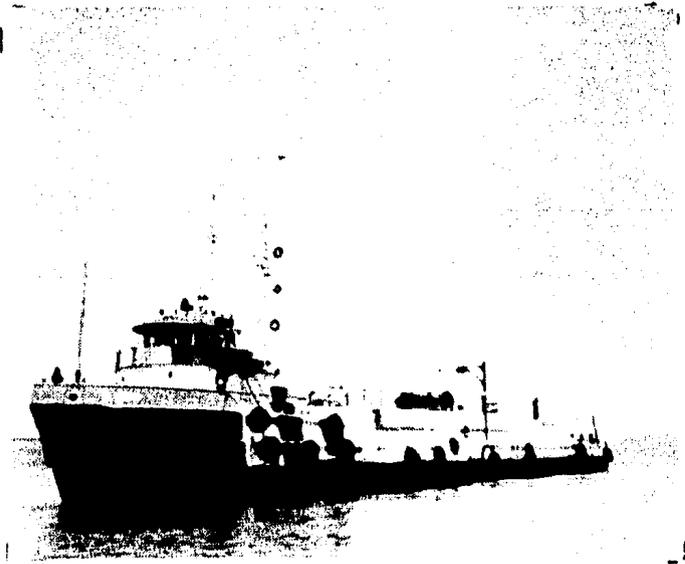
Equipo utilizado operando con equipos perifericos.



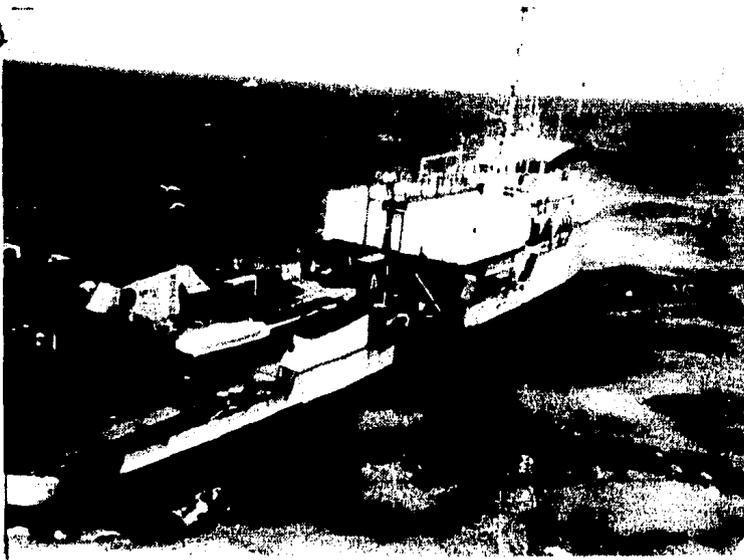
- 1- POSICIONAMIENTO  
 2- MEDIDOR DE PROFUNDIDAD  
 3- MAPEO DEL FONDO MARINO (S.M.S)  
 4- PERFORADOR SOMERO  
 5- PERFORADOR PROFUNDO

Fig. 2 DISTRIBUCION DE EQUIPO Y PERFORACION

EMBARCACIONES UTILIZADOS PARA REALIZAR LOS TRABAJOS.



" EL METRO "

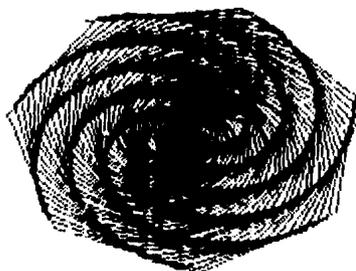


" RED SEAL "

CAPITULO II

IDENTIFICACION DEL

PROBLEMA.



## IDENTIFICACION DEL PROBLEMA ;

El problema fundamental que se resolverá con este trabajo, - es la propagación de coordenadas, de tres puntos coordenados ó -- como los llamaremos de control, a un punto móvil sobre un barco.

Para efectuar este trabajo contamos con los siguientes da -- tos:

a.- Tres puntos de control, cuyas coordenadas geograficas --- son;

PUNTO A

LATITUD  $19^{\circ} 24' 25.03$

LONGITUD  $92^{\circ} 12' 41.40$

PUNTO B

LATITUD  $19^{\circ} 27' 40.49$

LONGITUD  $92^{\circ} 03' 40.70$

PUNTO C

LATITUD  $19^{\circ} 20' 35.36$

LONGITUD  $92^{\circ} 00' 15.83$

b.- Elipsoide de referencia: Clarke de 1866

Semi-eje mayor  $a = 6,378,206.4$  metros

Semi-eje menor  $b = 6,356,583.4$  metros

Aplanamiento  $= 1 / 294.98$

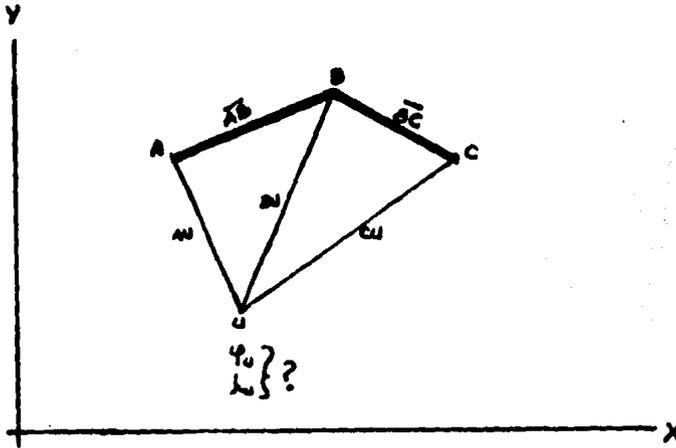
Excentricidad  $e = 0.0822713536$

$e^2 = 0.0067686579$

c.- Tres distancias medidas, las cuales llamaremos AU, BU y - CU: Ejemplo; AU=11909, BU=20711, CU=18052, Todos son metros.

En base a estos datos vamos a obtener las coordenadas geogra<sup>u</sup>ficas de un punto, el cual llamaremos U, o sea que obtendremos su latitud y su longitud.

Mediante una gráfica vamos a visualizar mejor el problema:



Para la resolución de estos triángulos, cuyos lados son pequeños en relación al radio terrestre, el teorema de Legendre autoriza a calcularlos como si fueran triángulos planos, pues las longitudes de los triángulos esferoidales y las de los triángulos planos son prácticamente iguales.

En virtud de lo anterior deberemos ejecutar las siguientes operaciones:

- 1.- Transformar las coordenadas geográficas, correspondientes a los puntos de control, en coordenadas cartesianas planas. ( Usando para ello coordenadas planas supuestas para uno de los puntos )
- 2.- Calcular las coordenadas planas del punto a situar, mediante una trilateración ajustada.
- 3.- Transformar las coordenadas obtenidas según 2 en geográficas.

Para ejecutar el primer paso tendremos que elegir un sistema cartesiano local o dicho de otra manera, asignaremos coordenadas planas arbitrarias a uno de los vértices de apoyo y determinaremos las de los otros vértices de apoyo. Este cálculo será ejecuta

do de acuerdo con las siguientes fórmulas:

$$X = \frac{d\lambda \cos \varphi'}{\lambda^2} ; Y = -\frac{1}{B_m} (d\varphi - C_m X^2)$$

En las cuales tenemos que:

$$N' = \frac{a}{(1 - e^2 \sin^2 \varphi')^{1/2}}$$

$$R_m = \frac{a (1 - e^2)}{(1 - e^2 \sin^2 \varphi)^{3/2}}$$

$$A = \frac{1}{N' \sin 1''}$$

$$B = \frac{1}{R_m \sin 1''}$$

$$C = \frac{\tan \varphi}{2 N' R_m \sin 1''}$$

$$d\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$$

$$d\lambda = \lambda_1 - \lambda_2$$

§ NOTA: Los valores de  $B_m$  y  $C_m$  son calculados con la latitud media, del punto de mayor latitud con respecto a los de menor latitud.

Una vez que han sido aplicados los cálculos mediante las fórmulas anteriores y se han encontrado las coordenadas rectangulares de los tres vértices, procedemos a efectuar un ajuste por el método de los mínimos cuadrados, y basándonos por medio de ecuaciones de observación, con el cálculo ejecutado en un sistema de coordenadas rectangulares.

El sistema de ecuaciones de observación expresado matricialmente es como sigue:

$$[A X] - [K] = [V]$$

donde;

$A$  es la matriz o coeficientes de las incógnitas.

$X$  es la matriz o correcciones desconocidas  $dX_u$  y  $dY_u$ .

$K$  es la matriz de constantes, esto es, las longitudes medidas menos las longitudes calculadas a partir de las coor-

denadas iniciales aproximadas.

V es la matriz de los residuos en las longitudes medidas.

Las correcciones más probables  $dX_u$  y  $dY_u$ , y por lo tanto, -- las coordenadas más probables  $X_u$  y  $Y_u$  se calculan aplicando la -- ecuación matricial de los mínimos cuadrados. Considerando pesos -- iguales para las observaciones, la ecuación es:

$$X = (A^T A)^{-1} A^T K$$

Estas fórmulas matriciales las veremos con más detalle en el siguiente capítulo que es el algoritmo del problema.

Para obtener las coordenadas geográficas del punto buscado, -- aplicaremos las siguientes formulas; primeramente la fórmula que -- nos da la diferencia de latitud entre dos puntos y que es,

$$d\varphi = BY + CX^2 + (S\varphi'')^2 D - hEX^2$$

ya que conocemos la latitud de uno de los puntos y las proyecciones, tanto en el eje X como en el eje Y, de la distancia entre el punto de control y el punto buscado.

En seguida mediante la fórmula que nos da la diferencia de -- longitud entre dos puntos, la cual es,

$$d\lambda = AX \sec \varphi'$$

obtendremos, tanto la diferencia de latitud como de longitud, --- entre cualquiera de los puntos de control y el punto buscado y me diante las formulas:

$$\varphi' = \varphi + d\varphi \quad ; \quad \lambda' = \lambda + d\lambda$$

conseguiremos la latitud y la longitud del punto buscado.

Debido a que todo trabajo topográfico ó geodésico siempre se representa en un plano, vamos a referir el punto anterior a un -- sistema de proyección, el cual será la proyección UTM ( Universal

Transversa de Mercator ). Para lo cual emplearemos las siguientes formulas:

a.- Para el cálculo de las abscisas.

$$X = 500,000 \pm X'$$

$$X' = (IV)p + (V)p^3 + B_5$$

$$(IV) = N \cos \varphi \operatorname{sen} 1'' \operatorname{Ko} 10^4$$

$$(V) = \frac{(\operatorname{sen} 1'')^3 N (\cos \varphi)^3}{6} (1 - \operatorname{Tg}^2 \varphi + (e')^2 \cos^2 \varphi) \operatorname{Ko} 10^{12}$$

$$B_5 = p^5 \frac{(\operatorname{sen} 1'')^5 N (\cos \varphi)^5}{120} (5 - 18 \operatorname{Tg}^2 \varphi + \operatorname{Tg}^4 \varphi + 14 (e')^2 \cos^2 \varphi - 58 (e')^2 \operatorname{sen}^2 \varphi) \operatorname{Ko} 10^{20}$$

$$p = 0.0001 \Delta \lambda''$$

$$\Delta \lambda = (93 - \lambda_{\text{polaris}})''$$

$$\operatorname{Ko} = 0.9996$$

$$(e')^2 = \frac{e^2}{1 - e^2}$$

b.- Para el calculo de las ordenadas.

$$Y = (I) + (II)p^2 + (III)p^4 + A_6$$

$$(I) = SKo$$

$$(II) = \frac{N \operatorname{sen} \varphi \cos \varphi (\operatorname{sen} 1'')^2}{2} \operatorname{Ko} 10^8$$

$$(III) = \frac{(\operatorname{sen} 1'')^4 N \operatorname{sen} \varphi (\cos \varphi)^3}{24} (5 - \operatorname{Tg}^2 \varphi + 9 (e')^2 \cos^2 \varphi + 4 (e')^2 \cos^4 \varphi) \operatorname{Ko} 10^{16}$$

$$A_6 = p^6 \frac{(\operatorname{sen} 1'')^6 N \operatorname{sen} \varphi (\cos \varphi)^5}{720} (61 - 58 \operatorname{Tg}^2 \varphi + \operatorname{Tg}^4 \varphi + 270 (e')^2 \cos^2 \varphi - 330 (e')^2 \operatorname{sen}^2 \varphi) \operatorname{Ko} 10^{24}$$

$$S = a(1 - e^2) \left[ A(\varphi) \frac{\pi}{60} - \frac{9}{2} (\operatorname{sen} 2\varphi) + \frac{5}{4} (\operatorname{sen} 4\varphi) - \frac{D}{6} (\operatorname{sen} 6\varphi) \right]$$

$$A = 1.0051093$$

$$B = 0.0051202$$

$$C = 0.0000108$$

$$D = 0.0000000212$$

El procedimiento para llevar a cabo la transformación de --- coordenadas geográficas a la proyección, consiste en;

- a.- Localización del Meridiano Central correspondiente y de la zona geográfica que le corresponde.
- b.- Determinación del valor de la abscisa mediante la ecuación  $X = 500,000 \pm (IV)p + (V)p^3 + B_s$
- c.- Determinación del valor de la ordenada por medio de la ecuación  $Y = (I) + (II)p^2 + (III)p^4 + A_c$

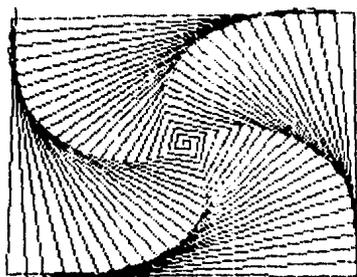
El significado de los factores que intervienen en las ecuaciones son;

- a.- El factor (I). Este es una función que determina la distancia existente en el Meridiano Central en la proyec--- ción desde el Ecuador hasta el paralelo que pasa por el punto considerado.
- b.- Los factores  $(II)p^2$ ,  $(III)p^4$  y  $A_c$  son funciones que --- combinadas determinan la distancia existente en la proyección sobre el Meridiano Central que hay desde la in--- tersección del paralelo considerado, con el Meridiano --- Central hasta la ordenada de cuadrícula que contenga al punto en cuestión. La cantidad  $p = 0.000141$  es la indicadora de la separación que existe del punto o estación al Meridiano Central. Los factores (II) y (III) acusan --- sobre la curvatura del paralelo al ser extendido por  $p^2$  y  $p^4$ . El término  $A_c$  no es esencial para todos los casos. Está representado por una escala que refleja la magnitud de  $A_c$  incrementado para latitudes particulares.
- c.- Los factores  $(IV)p$ ,  $(V)p^3$  y  $B_s$ . La expresión  $(IV)p$  es -

aproximadamente el valor en la proyección que hay para --  
la distancia que separa al Meridiano Central de la esta--  
ción en cuestión, y los terminos  $(V)p^3$  y  $B_3$  combinados, -  
dan el valor que ajustan para su mejor aproximación. Los  
términos (IV) y (V) están en función de la latitud y son  
valores decrecientes.

CAPITULO III

ALGORITMO.



**ALGORITMO :**

En el presente capítulo se va a describir la secuencia a seguir para el cálculo y obtención de las coordenadas buscadas.

1o - Debido a que no se conocen las coordenadas cartesianas particulares de alguno de los puntos, vamos a asignar coordenadas arbitrarias a uno de ellos, por lo tanto, tendremos un sistema de coordenadas arbitrarias para todo el sistema. Las coordenadas que asignaremos al primer punto son:

$$X = 500,000 \quad ; \quad Y = 500,000$$

2o - Partiendo de las coordenadas anteriormente dadas procedemos a calcular las coordenadas de los otros puntos base por medio de las siguientes formulas;

$$X = \frac{d\lambda}{A' \sec \varphi'} \quad ; \quad Y = - \frac{1}{B_m} (d\varphi - C_m X^2)$$

en las cuales,

$$N' = \frac{a}{(1 - e^2 \sin^2 \varphi)^{1/2}}$$

$$R_m = \frac{a(1 - e^2)}{(1 - e^2 \sin^2 \varphi)^{3/2}}$$

$$A = \frac{1}{N' \sin 1''}$$

$$B = \frac{1}{R_m \sin 1''}$$

$$C = \frac{T_g \varphi}{2 N' R_m \sin 1''}$$

$$d\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$$

$$d\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$$

NOTA: Los valores  $B_m$  y  $C_m$  son calculados con la latitud media considerando siempre al punto de mayor latitud con respecto a los otros dos puntos.

Una vez realizados los cálculos anteriores en el orden escrito, para la segunda estación base, los sustituimos en las formu-

las para X, Y escritas al principio y obtenemos las coordenadas arbitrarias del segundo punto, en los calculos realizados, utilizamos la latitud del primer punto.

Una vez hecho esto procedemos a calcular las coordenadas del siguiente punto, para lo cual haremos los mismos calculos pero empleando la latitud del punto inmediato posterior.

3o - Toda vez que tenemos las coordenadas rectangulares arbitrarias de los tres puntos base, y las tres distancias medidas al punto, procedemos a realizar el ajuste de las medidas por el método de mínimos cuadrados, con lo cual obtendremos al realizar el ajuste las coordenadas X, Y del punto U, en nuestro sistema arbitrario de coordenadas.

Para este ajuste seguiremos los pasos a continuación -- descritos:

a) Cálculo del azimut entre dos estaciones base. El cual llamaremos azimut AB.

$$\text{Azimut AB} = \text{Arc Tg} \frac{X_b - X_a}{Y_b - Y_a}$$

b) Cálculo de la longitud AB, o sea la distancia entre estas estaciones.

$$\text{Longitud AB} = \sqrt{(X_b - X_a)^2 + (Y_b - Y_a)^2}$$

c) Cálculo del ángulo BAU, teniendo al punto A como vertice.

$$\text{Cos BAU} = \frac{AU^2 + BU^2 - AB^2}{2(AU)(AB)}$$

d) Cálculo del azimut entre el punto A y el punto U.

$$\text{Azimut AU} = \text{Azimut AB} \pm \text{Angulo BAU}$$

e) Cálculo de las coordenadas iniciales del punto U.

$$\text{Proyección AUo} = (AU) \cos(\text{azimut AU}) \quad \text{---Para eje Y}$$

Proyección AUo = (AU) sen(azimut AU) ---Para eje X

XUo = Xa + Proyección AUo sobre eje X

YUo = Ya + Proyección AUo sobre eje Y

f) Cálculo de la distancia entre el punto C y el punto U por medio de coordenadas.

$$CUo = \sqrt{(XUo - Xc)^2 + (YUo - Yc)^2}$$

g) Obtención de las ecuaciones de observación.

$$a_{11}dXu + a_{12}dYu = K_1 + V_1$$

$$a_{21}dXu + a_{22}dYu = K_2 + V_2$$

$$a_{31}dXu + a_{32}dYu = K_3 + V_3$$

en donde,

$$a_{11} = \frac{XUo - Xa}{AUo} \quad ; \quad a_{12} = \frac{YUo - Ya}{AUo}$$

$$a_{21} = \frac{XUo - Xb}{BUo} \quad ; \quad a_{22} = \frac{YUo - Yb}{BUo}$$

$$a_{31} = \frac{XUo - Xc}{CUo} \quad ; \quad a_{32} = \frac{YUo - Yc}{CUo}$$

La matriz K.

$$K_1 = AU - AUo \quad ; \quad K_2 = BU - BUo \quad ; \quad K_3 = CU - CUo$$

$$K = \begin{bmatrix} K_1 \\ K_2 \\ K_3 \end{bmatrix}$$

Esta matriz es la que nos indica que tan confiable es el levantamiento, ya que son las diferencias entre las distancias medidas y las obtenidas por el ajuste, en caso de que alguno de estos valores sea muy grande nos dice que la medida no fue bien realizada.

Las matrices X y V.

$$X = \begin{bmatrix} dKu \\ dYu \end{bmatrix} ; \quad V = \begin{bmatrix} Vau \\ Vbu \\ Vcu \end{bmatrix}$$

La solución matricial usando la ecuación de los mínimos cuadrados dé pesos iguales.

$$X = (A^T A)^{-1} A^T K$$

en la que la matriz A es,

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \\ a_{31} & a_{32} \end{bmatrix}$$

realizando las operaciones necesarias obtenemos los valores de las correcciones que hay que aplicarle a las coordenadas iniciales del punto U.

h) Una vez obtenidas las nuevas coordenadas del punto U, el siguiente paso es calcular las longitudes desde los puntos ba se al punto U, mediante las formulas,

$$\begin{aligned} AUo &= \sqrt{(XU - Xa)^2 + (YU - Ya)^2} \\ BUo &= \sqrt{(Xu - Xb)^2 + (Yu - Yb)^2} \\ CUo &= \sqrt{(Xu - Xc)^2 + (Yu - Yc)^2} \end{aligned}$$

todo esté proceso es iterativo y se hará tantas veces como sea de preciso el levantamiento, o sea, hasta que las correcciones a las coordenadas ya sean mínimas o se acerque a cero.

4o - Toda vez que ya se tienen las coordenadas más probables del punto U, procedemos a realizar el calculo de su posición geográfica.

Para ello nos auxiliaremos con las coordenadas geográficas de uno de los puntos base y las diferencias de coordena-

das cartesianas entre el punto base elegido y el punto U, -- nos referimos a las coordenadas arbitrarias, y para ello utilizaremos las siguientes formulas,

$$d\varphi'' = BY + CX^2 + (S\varphi'')^2 D - hEX^2$$

$$d\lambda'' = AX \sec \varphi'$$

en donde,

$d\varphi$  y  $d\lambda$  son en segundos

$$D = \frac{3e^2 \operatorname{sen} \varphi \cos \varphi \operatorname{sen} 1''}{2(1 - e^2 \operatorname{sen}^2 \varphi)}$$

$$h = \frac{Y}{R_m \operatorname{sen} 1''}$$

$$E = \frac{1 + 3 \operatorname{Tg}^2 \varphi}{6 N^2}$$

las funciones A, B, C sus valores son los que se anotan en el punto 2o. Los valores de  $d\varphi$  y  $d\lambda$  son en segundos, los cuales se aplicaran según las siguientes formulas,

$$\text{Latitud buscada} = \text{Latitud punto base} + d\varphi''$$

$$\text{Longitud buscada} = \text{Longitud punto base} + d\lambda''$$

5o - El siguiente paso es la obtención de los valores de estas -- coordenadas en proyección UTM, o sea, X e Y pero en sistema de proyección. Para ésto haremos los calculos en el orden siguiente:

- a) Cálculo de la longitud del arco meridiano sobre la elipse.
- b) Cálculo de la función (I).
- c) Cálculo del radio de curvatura del primer vertical (R).
- d) Cálculo de  $e'$ .
- e) Cálculo de p.
- f) Cálculo de la función (II).
- g) Cálculo de la función (III).

h) Cálculo de la función  $A_6$ .

i) Cálculo de la ecuación;

$$Y = ( I ) + ( II )p^2 + ( III )p^4 + A_6$$

j) Cálculo de la función (IV).

k) Cálculo de la función (V).

l) Cálculo de la función  $B_5$ .

m) Cálculo de la ecuación;

$$X' = ( IV )p + ( V )p^3 + B_5$$

n) Cálculo de la ecuación;

$$X = 500,000 \pm X'$$

Todas las ecuaciones y funciones fueron expuestas en el capítulo anterior.

Al obtener las coordenadas X e Y en proyección Transversa de Mercator tenemos resuelto el problema.

CAPITULO IV

DIAGRAMA DE FLUJO.



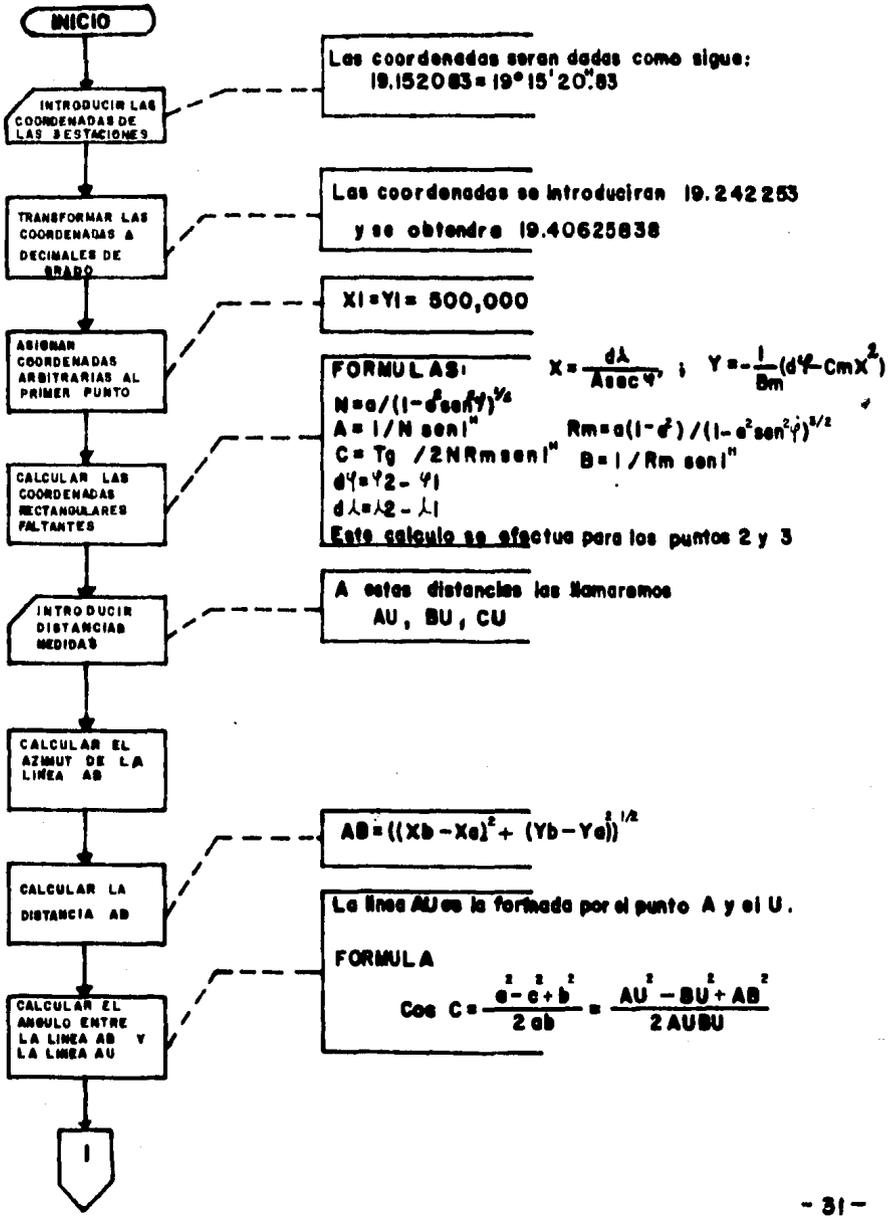
## DIAGRAMA DE FLUJO :

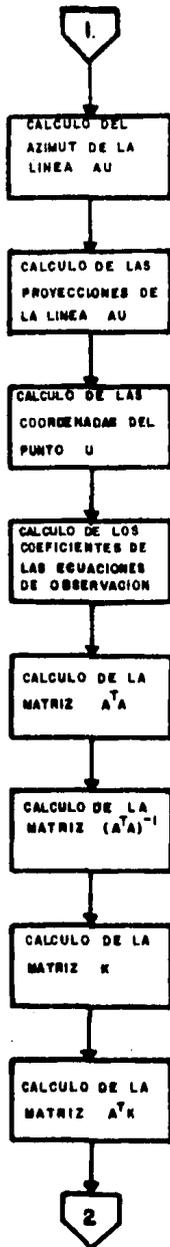
En el presente capítulo vamos a realizar el diagrama de flujo del problema propuesto, debido a que algunas de las ecuaciones son demasiado grandes, y para no perder un poco la estética simbolizaremos dentro de él algunas ecuaciones con un número y a un lado su significado. Esperando que con esto no se creen dificultades para su interpretación.

Un diagrama de flujo es una representación gráfica de lo que se desea que la computadora realice, a la vez que nos sirve como auxiliar para poder "transformar" un programa a uno o varios lenguajes.

Junto con el diagrama se verán "llaves", que nos servirán -- para ir indicando para que se utilizará esa parte, por ejemplo, - para transformar de grados, minutos y segundos un valor a grados y decimales de grado, con una llave indicaremos desde donde empieza y donde termina dicha operación.

Una vez dicho lo anterior el diagrama de flujo para este problema es el que se describe en las siguientes paginas:





Estas coordenadas del punto U no son las definitivas ya que nos serviran para "entrar" al ajuste de la triangulacion.

Las ecuaciones de observacion son:

$$\begin{aligned}
 F(1) dXu + F(2) dYu &= K_1 + V_1 \\
 F(3) dXu + F(4) dYu &= K_2 + V_2 \\
 F(5) dXu + F(6) dYu &= K_3 + V_3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F(1) &= \frac{X - X_a}{AU} & F(2) &= \frac{Y - Y_a}{AU} & F(3) &= \frac{X - X_b}{BU} & F(4) &= \frac{Y - Y_b}{BU} \\
 F(5) &= \frac{X - X_c}{CU} & F(6) &= \frac{Y - Y_c}{CU}
 \end{aligned}$$

La configuracion de este arreglo de matrices es

$$A^T A = \begin{bmatrix} F(1) & F(3) & F(5) \\ F(2) & F(4) & F(6) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F(1) & F(2) \\ F(3) & F(4) \\ F(5) & F(6) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M & 0 \\ 0 & N \end{bmatrix}$$

Esta matriz es

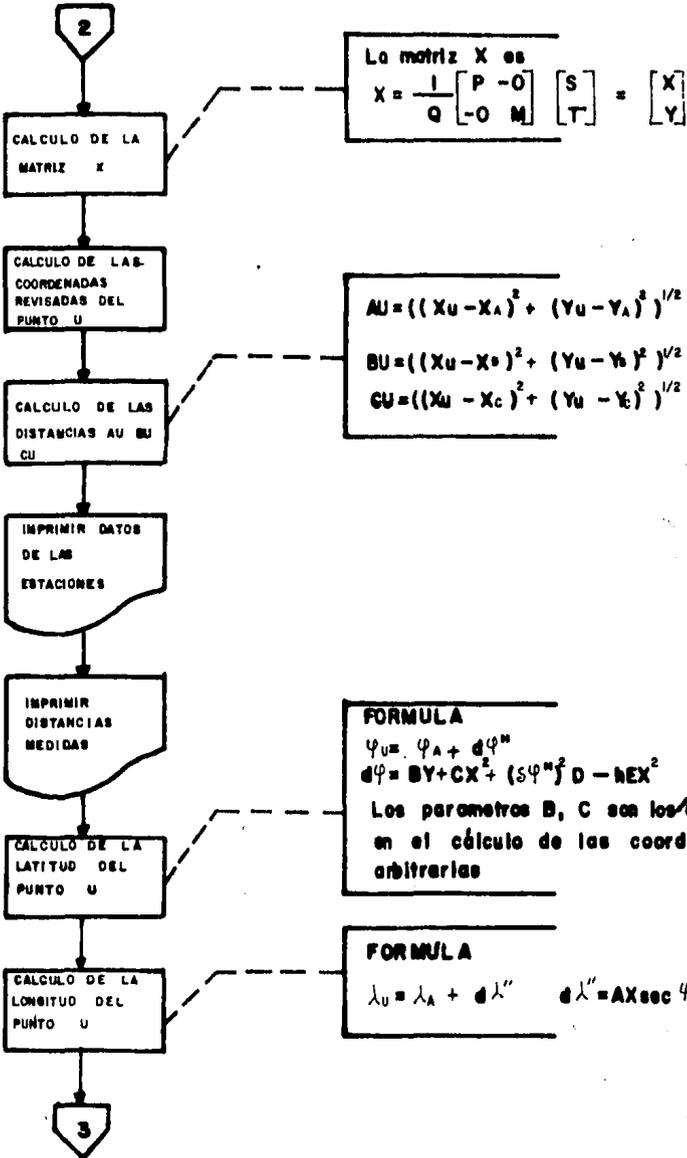
$$(A^T A)^{-1} = \begin{bmatrix} I & 0 \\ M & 0 \\ 0 & N \end{bmatrix} \begin{bmatrix} N & 0 \\ 0 & M \end{bmatrix} ; \begin{bmatrix} M & 0 \\ 0 & N \end{bmatrix} = Q$$

Esta matriz es

$$K = \begin{bmatrix} AU - AU_0 \\ BU - BU_0 \\ CU - CU_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K_1 \\ K_2 \\ K_3 \end{bmatrix}$$

Esta matriz es

$$A^T K = \begin{bmatrix} F(1) & F(3) & F(5) \\ F(2) & F(4) & F(6) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} K_1 \\ K_2 \\ K_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S \\ T \end{bmatrix}$$



3

CALCULAR LOS VALORES MAS USADOS EN LAS FORMULAS

Estos valores son  
 $K_0 = 0.9996$  ;  $e^2 = 0.0068147848$  ;  $\text{Sen}^2 \varphi = 4.8481368 \times 10^{-4}$   
 $D = \cos^2 \varphi$  ;  $C = \tan^2 \varphi$  ;  $N = 6378206.4 / ((1 - e^2 \text{sen}^2 \varphi))^{1/2}$   
 $\Delta \lambda = (93 - \lambda_0) \times 8600$  ;  $P = 0.0001 \times \Delta \lambda$

CALCULO DE LA FUNCION IV

$$IV = N \cos \varphi \text{sen}^2 \varphi \times 10^6$$

CALCULO DE LA FUNCION V

$$V = \frac{\text{sen}^4 \varphi N \cos^2 \varphi}{6} (1 - \tan^2 \varphi + e^2 \cos^2 \varphi) \times 10^{12}$$

CALCULO DE LA FUNCION B<sub>3</sub>

$$B_3 = p^3 \frac{\text{sen}^4 \varphi N \cos^2 \varphi}{120} (5 - 15 \text{Tg}^2 \varphi + \text{Tg}^4 \varphi + 14 e^2 \cos^2 \varphi - 58 e^2 \text{sen}^2 \varphi) \times 10^{20}$$

CALCULO DE LA FUNCION X'

$$X' = IV p + V p^3 + B_3$$

CALCULO DE LA ABCISA EN COORDENADAS UTM

$$X = 500\ 000 + X'$$

CALCULO DE LA LONGITUD DEL ARCO MERIDIANO (S)

$\varphi_p =$  Latitud del punto  $\varphi_p = 0^\circ 00' 00''$  (Ecuador)  
 $S = a(1 - e^2) \left[ A \varphi + \frac{AB_0}{2} \text{sen} 2 \varphi + \frac{C}{4} \text{sen} 4 \varphi - \frac{D}{6} \text{sen} 6 \varphi \right]$

CALCULO DE LA FUNCION I

$$I = U' S K_0$$

4

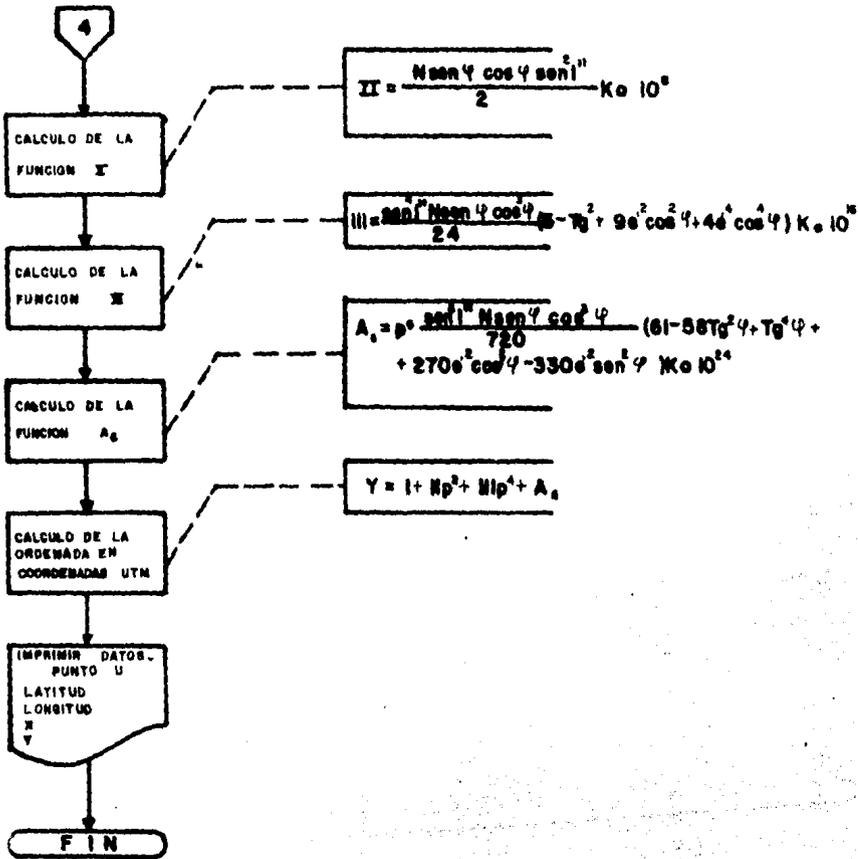
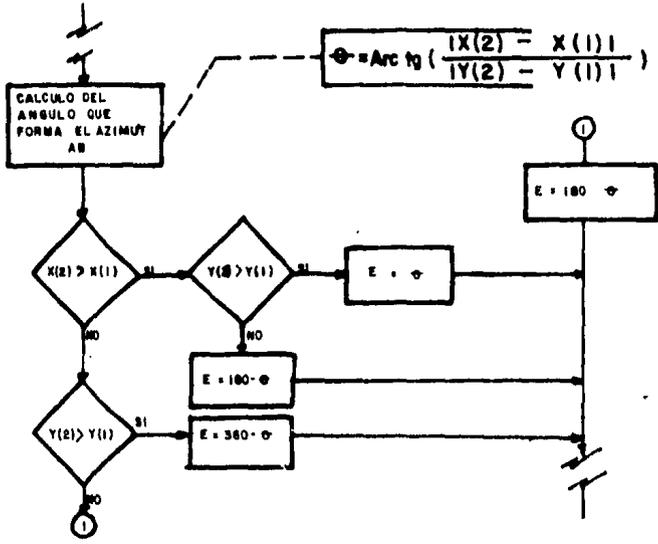
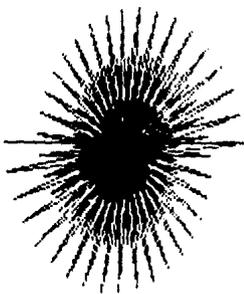


Diagrama para el cálculo del azimut de la línea AB



CAPITULO V

PROGRAMA PARA COMPUTADORA.













Para una mejor comprensión del programa, en las siguientes páginas vamos a desglosar las distintas etapas de cálculo que se tienen en el programa:

Transformación de los datos de entrada de la forma: Grados, Minutos y Segundos a la forma Grados y decimales de grado.

```
2 REM "TRILAC"
5 DIM A(10),B(10),C(10),X(25),Y(25),U(20),V(20),W(20),K(3),F(6)
10 DIM D(3),Y*(2),J(25),I(25),H(5),G(3),N(8),R(5)
15 FOR I=1 TO 3
20 INPUT "DAR LA LATITUD DE LA ESTACION": A(I)
25 INPUT "DAR LA LONGITUD DE LA ESTACION": B(I)
30 C=A(I)*100
35 D=(A(I)-INT(A(I))) *100
40 C(I)=INT(D)/60+(C-INT(C))*100/3600+INT(A(I))
45 C=B(I)*100
46 D=(B(I)-INT(B(I))) *100
50 D(I)=INT(D)/60+(C-INT(C))*100/3600+INT(B(I))
55 NEXT I
```

Cálculo de las coordenadas cartesianas rectangulares de los tres puntos base.

```

80 N(1)=500000
85 N(2)=500000
90 FOR I=1 TO 3
95 N(I)=5270206.4/500*(1-.0037466579*BIN((C(I)*3.1416/100)^2))
98 NEXT I
99 FOR I=1 TO 2
100 A(I+5)=1/(N(I+1)*BIN(3.1416/240000))
105 V=(C(I)-P(I+1))*3600
108 X=V*COS((C(I+1)*3.1416/100)/A(I+5))
109 Y=(1-V)*X(I)*X
110 IF C(1) > C(2) THEN 123
115 IF C(2) > C(3) THEN 127
120 IF C(1) > C(3) THEN 130
123 Q=(C(3)+C(1))/2
125 Z=3
126 GOTO 131
127 Q=(C(1)+C(I+1))/2
128 Z=2
129 GOTO 131
130 Q=(C(1)+C(I+1))/2
131 R=6335034.503/(1-.004746650*BIN((Q*3.1416/100)^2))-(3/2)
132 N=(5270206.4/500*(1-.003746650*BIN((Q*3.1416/100)^2)))
133 B=1/(R*BIN(3.1416/240000))
134 C=TAN((Q*3.1416/100)/(2*ARCSIN(3.1416/240000)))
135 IF Z=3 THEN 139
136 IF Z=2 THEN 141
137 D=(C(1)-C(I+1))*3600
138 GOTO 143
139 D=(C(3)-C(I))*3600
140 GOTO 152
141 D=ABS((C(1)-C(I+1))*3600)
142 GOTO 146
143 Y=(1/B)*(D-C*X)/2
144 Y(I+1)=Y(I)+Y
145 GOTO 157
146 Y=(1/B)*(D-C*X)/2
147 IF I=1 THEN 150
148 Y(I+1)=Y(I)+Y
149 GOTO 157
150 Y(I+1)=Y(I)+Y
151 GOTO 157
152 Y=(1/B)*(D-C*X)/2
153 IF I=1 THEN 156
154 Y(2)=Y(3)+Y
155 GOTO 157
156 Y(3)=Y(1)+Y
157 NEXT I

```

Cálculo del azimut de la línea AB y de la línea AU así --  
como la distancia AB.

```
100 I=1
101 J=1
105 INPUT " INTRODUZCA DISTANCIA AU": A(1)
170 INPUT " INTRODUZCA DISTANCIA BU": B(4)
175 INPUT " INTRODUZCA DISTANCIA CU": C(4)
185 T=ATN(ABS((X(2)-X(1))/(Y(2)-Y(1))))*100/3.1416
187 IF X(2)>X(1) THEN 205
190 IF Y(2)>Y(1) THEN 220
195 I=100+T
200 GOTO 235
205 IF Y(2)>Y(1) THEN 230
210 E=100-T
215 GOTO 235
220 E=360-T
225 GOTO 235
230 E=T
235 G=SQR((X(2)-X(1))^2+(Y(2)-Y(1))^2)
240 H=((A(4)^2+B(4)^2+G^2)/(2*A(4)*G))
241 H=(ATN(H)/SQR(-H*H*1))*(3.1416/2)*100/3.1416
245 INPUT "MEDIDAS A LA DERECHA O IZQUIERDA, DCR=1 YZQ=0":K
250 IF K=1 THEN 265
255 T=E+H
260 GOTO 270
265 T=E-H
270 IF T > 360 THEN 285
275 IF T < 0 THEN 285
280 GOTO 300
285 T=T-360
290 GOTO 300
295 T=360+T
```

**Cálculo de las coordenadas rectangulares iniciales del punto U, así como: Ajuste de la Trilateración.**

```

300 P=A(4)*COS(T*3.1416/180)
305 Q=A(4)*SIN(T*3.1416/180)
310 Y(J+3)=PY(1)
315 X(J+3)=PX(1)
320 V(I)=A(4)
-----
325 W(I)=B(4)
330 U(I)=SQRT((X(J+3)-X(3))^2+(Y(J+3)-Y(3))^2)
335 F(1)=(X(J+3)-X(1))/V(I)
340 F(2)=(Y(J+3)-Y(1))/V(I)
345 F(3)=(X(J+3)-X(2))/W(I)
350 F(4)=(Y(J+3)-Y(2))/W(I)
355 F(5)=(X(J+3)-X(3))/U(I)
360 F(6)=(Y(J+3)-Y(3))/U(I)
365 M=F(1)^2+F(3)^2+F(5)^2
370 N=F(2)^2+F(4)^2+F(6)^2
375 O=F(1)*F(2)+F(3)*F(4)+F(5)*F(6)
380 Q=M*N-O^2
385 K(1)=A(4)*V(I)
390 K(2)=B(4)*W(I)
395 K(3)=C(4)*U(I)
400 S=F(1)*K(1)+F(3)*K(2)+F(5)*K(3)
405 T=F(2)*K(1)+F(4)*K(2)+F(6)*K(3)
410 X=(P*S+Q*O+T)/Q
415 Y=(Q*S+P*O+T)/Q
420 X(J+4)=X+X(J+3)
425 Y(J+4)=Y+Y(J+3)
430 V(I+1)=SQRT((X(J+4)-X(1))^2+(Y(J+4)-Y(1))^2)
435 W(I+1)=SQRT((X(J+4)-X(2))^2+(Y(J+4)-Y(2))^2)
440 U(I+1)=SQRT((X(J+4)-X(3))^2+(Y(J+4)-Y(3))^2)
445 X=X(J+4)-X(J+3)
450 Y=Y(J+4)-Y(J+3)
455 IF ABS(X)>.1 THEN 470
460 IF ABS(Y)>.1 THEN 470
465 GOTO 490
470 J=J+1
475 I=I+1
480 IF I=50 THEN 160
485 GOTO 335

```



**Cálculo e impresión de las coordenadas geográficas del---  
punto U, ( Coordenadas Buscadas ).**

```

630 X = X(J+4) - X(1)
635 Y = Y(J+4) - Y(1)
636 RM=6335034.503/(1-.006760650*(SIN(C(1)*3.1416/100))^2)^(3/2)
637 BA=1/(RM*SIN(3.1416/640000))
638 NA=6375206.4/(1-.006760650*(SIN(C(1)*3.1416/100))^2)^(1/2)
639 CA=TAN(C(1)*3.1416/100)/(2*RM*NA*SIN(3.1416/640000))
640 F=BA*Y+CA*X+2
641 D1=3*.006760650*SIN(C(1)*3.1416/100)*COS(C(1)*3.1416/100)*SIN(3.1416/640000)
642 D=D1/(2*(1-.006760650*SIN(C(1)*3.1416/100)^2))
643 G=F+D+2*D
644 G=(G-X)/(NA*COS(C(1)*3.1416/100)*SIN(3.1416/640000))
645 F=C(1)+G/3600
646 G=D*(1)+G/3600
705 LPRINT " "
710 LPRINT " * COORDENADAS GEOGRAFICAS DEL PUNTO U * "
715 LPRINT " "
720 A=(F-INT(F))*60
725 B=(A-INT(A))*60
730 F=INT(F)+INT(A)*.01+B*.0001
735 A=(G-INT(G))*60
740 B=(A-INT(A))*60

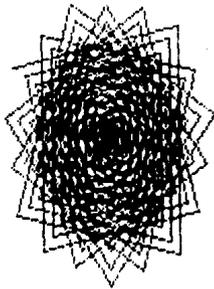
745 W=INT(G)+INT(A)*.01+B*.0001
750 LPRINT "          LATITUD = " ; H
755 LPRINT " *
756 LPRINT "          LONGITUD = " ; W
760 LPRINT " *

```



CAPITULO VI

RESOLUCION DE UN  
PROBLEMA ESPECIFICO.



## RESOLUCION A UN PROBLEMA ESPECIFICO:

El siguiente es un ejemplo que se tomó, para demostrar la --  
eficacia del programa.

En este ejemplo se tiene como estaciones base los siguientes  
puntos:

PUNTO A	PUNTO B	PUNTO C
$\varphi_A = 19^\circ 24' 25''.03$	$\varphi_B = 19^\circ 27' 40''.485$	$\varphi_C = 19^\circ 20' 35''.857$
$\lambda_A = 92^\circ 12' 41''.40$	$\lambda_B = 92^\circ 03' 40''.701$	$\lambda_C = 92^\circ 00' 15''.831$

El primer paso es asignar coordenadas arbitrarias al punto -  
A ;

$$\begin{aligned} & \text{PUNTO A} \\ X &= 500,000.000 \\ Y &= 500,000.000 \end{aligned}$$

Ahora vamos a propagar estas coordenadas arbitrarias a los -  
siguientes puntos para obtener un sistema de coordenadas rectangu-  
lares, para lo cual nos auxiliaremos de las formulas:

$$\begin{aligned} \Delta X &= \frac{d\lambda'' \cos \varphi}{A} \\ \Delta Y &= - \frac{1}{Bm} ( d\lambda'' - Cm X^2) \end{aligned}$$

Pero para obtener los términos anteriores tenemos que usar -  
las fórmulas siguientes:

$$\begin{aligned} N &= \frac{a}{(1 - e^2 \sin^2 \varphi)^{1/2}} \quad ; \text{ Ecuación de la Normal Mayor.} \\ A &= \frac{1}{N \sin 1''} \\ Rm &= \frac{a (1 - e^2)}{(1 - e^2 \sin^2 \varphi)^{3/2}} \quad ; \text{ Ecuación del Radio del} \\ & \quad \text{Meridiano} \end{aligned}$$

$$B = \frac{1}{Rm \text{ sen } 1''}$$

$$C = \frac{Tg \gamma}{2 N Rm \text{ sen } 1''}$$

Después de dicho lo anterior, procedemos al cálculo de las coordenadas rectangulares del punto B y del punto C.

Para este problema particular emplearemos las siguientes - distancias medidas:

Distancia del punto A al punto U = 11909 metros

Distancia del punto B al punto U = 20711 metros

Distancia del punto C al punto U = 18052 metros

CALCULO DE LAS NORMALES MAYORES Na Nb Nc

$$N_a = 6.378206A / (1 - 0.0067998579 \text{ sen}^2 (19^\circ 24' 25''.03))^{1/2} = \underline{6.380.590.978}$$

$$N_b = 0 / (1 - 0 \text{ sen}^2 (19^\circ 27' 40''.85))^{1/2} = \underline{6.380.603.803}$$

$$N_c = 0 / (1 - 0 \text{ sen}^2 (19^\circ 20' 35''.857))^{1/2} = \underline{6.380.575.949}$$

CALCULO DEL PARAMETRO Ab

$$A_b = 1 / (N_b \text{ Sen } \Gamma') = \underline{0.0323268473}$$

DIFERENCIA DE LONGITUD dλbg

$$d\lambda_{bg} = \lambda_c - \lambda_b = 92^\circ 12' 47''.40 - 92^\circ 03' 40''.701 = 9' 00''.7 = \underline{540''.7}$$

INCREMENTO DE X ENTRE A Y B

$$\Delta X_{cb} = d\lambda \text{ Cos } \varphi_b / A_b = 540.7 \text{ Cos}(19^\circ 27' 40''.85) / A_b = \underline{15.770.428}$$

PARAMETRO As

$$A_s = 1 / (N_c \text{ Sen } \Gamma') = \underline{0.0323269867}$$

DIFERENCIA DE LONGITUD dλcb

$$d\lambda_{cb} = \lambda_b - \lambda_c = 92^\circ 03' 40''.701 - 92^\circ 00' 15''.851 = \underline{204''.67}$$

INCREMENTO DE X ENTRE B Y C

$$\Delta X_{bc} = d\lambda \text{ Cos } \varphi_c / A_c = 204.67 \text{ Cos}(19^\circ 20' 35''.857) / A_c = \underline{5.978.687}$$

RADIO MERIDIANO DE LATITUD MEDIA (  $\varphi_a, \varphi_b$  )

$$\underline{Rmcb} = a(1-e^2) / (1-e^2 \sin^2(19^\circ 26' 02''.750))^{3/2}$$

$$= \underline{6.342.131.620}$$

PARAMETRO Bmcb

$$\underline{Bmcb} = 1 / ( Rmcb \text{ Sen } 1'' )$$

$$= \underline{0.0325227924}$$

PARAMETRO Cmcb

$$\underline{Cmcb} = Tg \varphi_m / (2 Rmcb \text{ Sen } 1'' \text{ 6360597.399} )$$

$$= \underline{6.9919824e(-10)}$$

DIFERENCIA DE LATITUD ENTRE A Y B

$$\underline{\Delta \varphi_{ab}} = \varphi_b - \varphi_a = 19^\circ 27' 40''.485 - 19^\circ 24' 25''.03$$

$$= \underline{195''.46}$$

INCREMENTO DE Y ENTRE A Y B

$$\underline{\Delta Y_{cb}} = 0 / Rmcb ( \Delta \varphi'' - Cmcb X^2 )$$

$$= \underline{-6.003.063}$$

RADIO MERIDIANO DE LATITUD MEDIA (  $\lambda_a, \lambda_b$  )

$$\underline{Rmbg} = a(1-e^2) / (1-e^2 \sin^2(19^\circ 24' 06''.171))^{3/2}$$

$$= \underline{6.342.132.171}$$

PARAMETRO Bmbg

$$\underline{Bmbg} = 1 / ( Rmbg \text{ Sen } 1'' )$$

$$= \underline{0.0325229076}$$

PARAMETRO Cmbg

$$\underline{Cmbg} = Tg \varphi_m / (2 Rmbg \text{ Sen } 1'' \text{ 6360589.871} )$$

$$= \underline{6.9761073e(-10)}$$

DIFERENCIA DE LATITUD ENTRE B Y C

$\Delta Y_{bc} = Y_b - Y_c = 19^{\circ}27'40.485 - 19^{\circ}20'35.857$

=  $-42.4^{\circ}828$

INCREMENTO DE Y ENTRE B Y C

$\Delta Y_{bc} = -(1/Bm_{bc})(4\psi^2 - C_{m_{bc}} X^2)$

=  $-13\ 055.349$

CALCULO DE LA ABSCISA DEL PUNTO B

$X_b = X_c + \Delta X_{cb} = 500\ 000 + 15\ 770.428$

=  $515\ 770.428$

CALCULO DE LA ORDENADA DEL PUNTO B

$Y_b = Y_c + \Delta Y_{cb} = 500\ 000 + 6\ 003.063$

=  $506\ 003.063$

CALCULO DE LA ABSCISA DEL PUNTO C

$X_c = X_b + \Delta X_{bc} = 515\ 770.428 + 6\ 979.687$

=  $521\ 750.115$

CALCULO DE LA ORDENADA DEL PUNTO C

$Y_c = Y_b + \Delta Y_{bc} = 506\ 003.063 - 13\ 055.349$

=  $492\ 947.714$

Una vez obtenidas las coordenadas rectangulares de los tres puntos de control. Procedemos a efectuar el

ajuste de la Trilateracion.

Para esto emplearemos el metodo de minimos cuadrados y las formulas con las cuales nos auxiliaremos

seran: FORMULA GENERAL MATRICIAL:  $X = (A^T A)^{-1} A^T K$

Para el calculo de las coordenadas aproximadas del punto U:

$$\text{Azob} = \text{Arc Tg} \left( \frac{X_b - X_a}{Y_b - Y_a} \right)$$

$$\overline{AB} = \left( (X_b - X_a)^2 + (Y_b - Y_a)^2 \right)^{1/2}$$

$$\text{Cos}(\angle \text{BAU}) = \frac{AU^2 - BU^2 + AB^2}{2 \cdot AU \cdot AB}$$

$$\text{Proy. X} = AU \cdot (\text{Sen Azau})$$

$$\text{Proy. Y} = AU \cdot (\text{Cos Azau})$$

#### CALCULO DEL AZIMUT AB

$$\text{Azob} = \text{arc Tg} \left( \frac{15770.428 - 500000}{506003.055 - 500000} \right)$$

$$= \underline{\underline{69^\circ 09' 37.948}}$$

#### CALCULO DE LA LONGITUD AB

$$\overline{AB} = \left( (15770.428)^2 + (6003.055)^2 \right)^{1/2}$$

$$= \underline{\underline{16874.332}}$$

#### CALCULO DEL ANGULO BAU

$$\text{Cos}(\angle \text{BAU}) = \frac{(1909^2 - 20711^2 + 16874.332^2)}{(2 \cdot 1909 \cdot 16874.332)}$$

$$= \underline{\underline{-0.005917103}}$$

$$\angle \text{(BAU)} =$$

$$= \underline{\underline{90^\circ 20' 20.497}}$$

#### CALCULO DEL AZIMUT AU

$$\text{Azau} = 69^\circ 09' 37.948 + 90^\circ 20' 20.497$$

$$= \underline{\underline{159^\circ 29' 58.445}}$$

#### CALCULO DE LAS PROYECCIONES DEL LADO AU

$$\text{Proy. X} = 11909 \cdot \text{Sen} (159^\circ 29' 58.445)$$

$$= \underline{\underline{4170.704}}$$

$$\text{Proy. Y} = 11909 \cdot \text{Cos} (159^\circ 29' 58.445)$$

$$= \underline{\underline{-11154.798}}$$

CALCULO DE LAS COORDENADAS APROXIMADAS DEL PUNTO U

$$\underline{X}_U = X_a + \text{Proy. X} = 500\,000 + 4\,170.704$$

$$= \underline{504\,170.704}$$

$$\underline{Y}_U = Y_a + \text{Proy. Y} = 500\,000 + (-11\,154.798)$$

$$= \underline{488\,845.202}$$

DISTANCIA AL PUNTO U DEL PUNTO C (Por coordenadas)

$$\underline{AU} = \sqrt{11\,909} \quad (\text{MEDIDAS})$$

$$\underline{BU} = \sqrt{20\,711}$$

$$\underline{CU}_0 = \sqrt{(504\,170.704 - 521\,750.115)^2 + (488\,845.202 - 492\,947.705)^2} / \sqrt{2} = \underline{18\,051.765}$$

CALCULO DE LOS ELEMENTOS DE LAS MATRICES, (Primera Aproximación)

$$\underline{Q_{11}} = (X_{U0} - X_a) / AU = (504\,170.704 - 500\,000) / 11\,909 = \underline{0.350214460}$$

$$\underline{Q_{12}} = (Y_{U0} - Y_a) / AU = (488\,845.202 - 500\,000) / 11\,909 = \underline{-0.936669578}$$

$$\underline{Q_{21}} = (X_{U0} - X_b) / BU = (504\,170.704 - 515\,770.428) / 20\,711 = \underline{-0.560073515}$$

$$\underline{Q_{22}} = (Y_{U0} - Y_b) / BU = (488\,845.202 - 506\,003.055) / 20\,711 = \underline{-0.828441552}$$

$$\underline{Q_{31}} = (X_{U0} - X_c) / CU_0 = (504\,170.704 - 521\,750.115) / 18\,051.765 = \underline{-0.973933362}$$

$$\underline{Q_{32}} = (Y_{U0} - Y_c) / CU_0 = (488\,845.202 - 492\,947.705) / 18\,051.765 = \underline{-0.227263262}$$

MATRIZ K

$$K = \begin{bmatrix} AU_0 - AU_c \\ BU_0 - BU_c \\ CU_0 - CU_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0.235 \end{bmatrix}$$

MATRIZ A

$$A = \begin{bmatrix} 0.350214460 & -0.973933362 \\ -0.936669578 & -0.227263262 \end{bmatrix}$$

RESOLUCION DE LA FORMULA  $X = (\bar{A} \bar{A})^{-1} \bar{A}^T K$

$$\bar{A}^T \bar{A} = \begin{bmatrix} 0.350214460 & -0.560075515 & -0.973833362 \\ -0.936669578 & -0.828441552 & -0.227263262 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.350214460 & -0.936669578 \\ -0.560075515 & -0.828441552 \\ -0.973833362 & -0.227263262 \end{bmatrix}$$

$$(\bar{A}^T \bar{A})^{-1} = \begin{bmatrix} 1.384686168 & 0.3572711462 \\ 0.3572711462 & 1.6153138940 \end{bmatrix}$$

$$\text{DET}(\bar{A}\bar{A}) = 2.109$$

$$(\bar{A}^T \bar{A})^{-1} = \frac{1}{2.109} \begin{bmatrix} 1.6153138940 & -0.3572711462 \\ -0.3572711462 & 1.384686168 \end{bmatrix}$$

$$\bar{A}^T K = \begin{bmatrix} 0.350214460 & -0.560075515 & -0.973833362 \\ -0.936669578 & -0.828441552 & -0.227263262 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0.235 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -0.22885940 \\ -0.05340687 \end{bmatrix}$$

$$X = (\bar{A}^T \bar{A})^{-1} \bar{A}^T K = \begin{bmatrix} -0.166229171 \\ -0.002136995 \end{bmatrix}$$

COORDENADAS DEL PUNTO U DE LA PRIMERA APROXIMACION

X<sub>U0</sub> = X<sub>U0</sub> - 0.166228171      = 504 170.838  
Y<sub>U1</sub> = Y<sub>U0</sub> - 0.002136995      = 488 845.200

DISTANCIAS DE LOS PUNTOS A, B, C AL PUNTO U POR COORDENADAS

A<sub>U1</sub> = ((X<sub>U1</sub>-X<sub>a</sub>)<sup>2</sup> + (Y<sub>U1</sub>-Y<sub>a</sub>)<sup>2</sup>)<sup>1/2</sup>      = 11 908.944  
B<sub>U1</sub> = ((X<sub>U1</sub>-X<sub>b</sub>)<sup>2</sup> + (Y<sub>U1</sub>-Y<sub>b</sub>)<sup>2</sup>)<sup>1/2</sup>      = 20 711.095  
C<sub>U1</sub> = ((X<sub>U1</sub>-X<sub>c</sub>)<sup>2</sup> + (Y<sub>U1</sub>-Y<sub>c</sub>)<sup>2</sup>)<sup>1/2</sup>      = 18 091.927

SEGUNDA APROXIMACION

K<sub>1</sub> = A<sub>U1</sub> - A<sub>U1</sub>      = 0.0558235  
K<sub>2</sub> = B<sub>U1</sub> - B<sub>U1</sub>      = -0.0947616  
K<sub>3</sub> = C<sub>U1</sub> - C<sub>U1</sub>      = 0.0725697

ELEMENTOS DE LA MATRIZ A

Q<sub>11</sub> = (X<sub>U1</sub>-X<sub>a</sub>)/A<sub>U1</sub> = 0.3502021674  
Q<sub>12</sub> = (Y<sub>U1</sub>-Y<sub>a</sub>)/A<sub>U1</sub> = -0.9366741500  
Q<sub>21</sub> = (X<sub>U1</sub>-X<sub>b</sub>)/B<sub>U1</sub> = -0.560080961  
Q<sub>22</sub> = (Y<sub>U1</sub>-Y<sub>b</sub>)/B<sub>U1</sub> = -0.828437849  
Q<sub>31</sub> = (X<sub>U1</sub>-X<sub>c</sub>)/C<sub>U1</sub> = -0.973633818  
Q<sub>32</sub> = (Y<sub>U1</sub>-Y<sub>c</sub>)/C<sub>U1</sub> = -0.227261333

MATRIZ A = 

0.350202167	-0.936674150	-0.973633818
-0.936674150	-0.828437849	-0.227261333

$$\text{DET DE } (\vec{A}) = \begin{vmatrix} 1.384684647 & 0.3572817217 \\ 0.3572817217 & 1.6153154470 \end{vmatrix}$$

$$= \underline{2.109}$$

$$(\vec{A})^{-1} = \frac{1}{2.109} \begin{bmatrix} 1.6153154470 & -0.3572817217 \\ -0.3572817217 & 1.384684647 \end{bmatrix}$$

$$(\vec{A} K) = \begin{bmatrix} 0.0017291439 \\ 0.0096577659 \end{bmatrix}$$

$$\underline{X} = \begin{bmatrix} -0.000317183 \\ 0.0071039245 \end{bmatrix}$$

COORDENADAS REVISADAS DEL PUNTO U

$$\underline{X}_{U2} = X_{U1} = -0.000317183$$

$$\underline{Y}_{U2} = Y_{U1} + 0.0071039245$$

$$= \underline{504\ 170.538}$$

$$= \underline{488\ 845.207}$$

DISTANCIAS DE LOS PUNTOS A, B, C AL PUNTO U

$$\underline{AUc} =$$

$$= \underline{11\ 908.937}$$

$$\underline{BUc} =$$

$$= \underline{20\ 711.089}$$

$$\underline{CUc} =$$

$$= \underline{18\ 051.926}$$

Debido a que las correcciones a las coordenadas ya son mínimas ya no es necesario efectuar una nueva aproximación, por lo que tomamos como correctas las últimas coordenadas calculadas del punto U, por lo que:

$$\underline{X_u = 504\,170.538}$$

$$\underline{Y_u = 488\,845.207}$$

Toda vez obtenidas las coordenadas rectangulares del punto U. Procedemos a calcular la

Latitud y Longitud del punto.

CALCULO DE LA LATITUD DEL PUNTO U.

Formula:  $d\varphi = B\alpha Y + C\alpha X^2 + (S\varphi)''^2$  Da Se toman los valores referidos a uno de los puntos base.

Por lo que:

$$B\alpha = 0.0325228907$$

$$C\alpha = 8.9784427e-10$$

$$\underline{X} = X_u - X_a = 504170.538 - 500000 = \underline{4170.538}$$

$$\underline{Y} = Y_u - Y_a = 488845.207 - 500000 = \underline{-11154.794}$$

$$\underline{S\varphi}'' = (0.0325228907)(-11154.794) + (8.9784427e-10)(4170.538)^2 = \underline{-362.7705284}$$

$$\underline{D} = (3e^2 \text{ Sen}(19^\circ 24' 25.03) \text{ Cos}(19^\circ 24' 25.03) \text{ Sen}'' / 2(1 - e^2 \text{ Sen}^2(19^\circ 24' 25.03))) = \underline{1.051159193 e - 8}$$

$$\Delta Y = (-362.770) + (-362.770)^2 \cdot (1.6515993 \times 10^{-8}) = -362.768$$

$$= -00^{\circ} 06' 02''.768$$

$$Y_u = Y_a + \Delta Y = 19^{\circ} 24' 25''.03 - 00^{\circ} 06' 02''.768$$

$$= 19^{\circ} 18' 22''.262$$

### CALCULO DE LA LONGITUD DEL PUNTO U

$$\text{Formula: } -\Delta \lambda'' = A_0 \times \text{Sec } \gamma_a$$

Por lo que:

$$N_0 = 6 \ 360 \ 590.976$$

$$A_0 = 0.032326913$$

$$X = 4 \ 170.939$$

$$-\Delta \lambda'' = (0.032326913)(4170.539) / \cos(19^{\circ} 24' 25''.03) = 142''.942$$

$$= 00^{\circ} 02' 22''.942$$

$$\lambda_u = \lambda_a + \Delta \lambda'' = 92^{\circ} 12' 41''.40 - 00^{\circ} 02' 22''.942$$

$$= 92^{\circ} 10' 18''.458$$

### CONVERSION DE COORDENADAS GEOGRAFICAS A U.T.M.

Calculo del Arco de Meridiano (S)

$$a(1 - e^2) = 6 \ 355 \ 034.503$$

$$A = 1.009109919$$

$$B/2 = 0.0025998815$$

$$C/4 = 2.716289 - 6$$

$$D/6 = 3.633339 - 9$$

$$\underline{b = 10' 22' 26.2}$$

$$\underline{S_2 = 6335034.503 (1.008108919 \cdot F \cdot b / 180 - 0.0025598815 \cdot \text{Sen}(2 \cdot b) + 2.718238 - 6 \cdot \text{Sen}(4 \cdot b) -$$

$$- 3.63338 - 9 \cdot \text{Sen}(6 \cdot b))$$

$$= \underline{2.158.433.160}$$

$$\underline{\text{CALCULO DEL PARAMETRO } \sigma^2}$$

$$\underline{\sigma^2 = \sigma^2 / (1 - \sigma^2) =}$$

$$= \underline{0.00881478485}$$

$$\underline{\text{CALCULO DE LA NORMAL MAYOR}}$$

$$\underline{N = \sigma / (1 - \sigma^2 \cdot \text{Sen}^2(b))^{1/2}}$$

$$= \underline{6.380.567.208}$$

$$\underline{\text{VALORES MAS COMUNES UTILIZADOS}}$$

$$\underline{\text{Sen } \psi_u =}$$

$$= \underline{0.33068324}$$

$$\underline{\text{Cos } \psi_u =}$$

$$= \underline{0.943766274}$$

$$\underline{\text{Tan } \psi_u =}$$

$$= \underline{0.350316182}$$

$$\underline{\text{CALCULO DEL PARAMETRO } P}$$

$$\underline{p = 0.0001 \Delta \lambda^2 = 0.0001 \cdot (93 - 92)^2 \cdot 10^4 (6' 458)}$$

$$= \underline{0^2 2981542}$$

$$\underline{\text{CALCULO DE LA FORMULA I}}$$

$$\underline{I = S \cdot K_0 = 2135433.160 \cdot 0.9996}$$

$$= \underline{2.134.576.987}$$

$$\underline{\text{CALCULO DE LA FORMULA II}}$$

$$\underline{II} = (N \text{ Sen } b \text{ Cos } \text{Sen}^2 i'' \cdot K_0 \cdot 10^8) / 2 = 6390567.208 \cdot \text{Sen } b \cdot \text{Cos } b \cdot \text{Sen}^2 i'' \cdot 0.9996 \cdot 10^8 / 2 = \underline{2.338.8065}$$

CALCULO DE LA FORMULA III

$$\underline{III} = (\text{Sen}^4 i'' N \text{ Sen } b (\text{Cos } b)^3 \cdot (5 - \text{Tan}^2 b + 9e^2 \text{Cos}^2 b + 4e^2 \text{Cos}^4 b) \cdot K_0 \cdot 10^{16}) / 24 = \underline{2.021179}$$

CALCULO DE LA FORMULA IV

$$\underline{IV} = N \text{ Cos } b \text{ Sen}^4 i'' \cdot K_0 \cdot 10^4 = \underline{291.926.342}$$

CALCULO DE LA FORMULA V

$$\underline{V} = (\text{Sen}^3 i'' \cdot N \cdot \text{Cos } b) \cdot (1 - \text{Tan}^2 b + e^2 \text{Cos}^2 b) \cdot K_0 \cdot 10^{12} / 6 = \underline{89.9461876}$$

CALCULO DE LA FORMULA A6

$$\underline{A6} = \frac{6}{10^{24}} \text{ Sen}^6 i'' N \text{ Sen } b \text{ Cos } b \cdot (61 - 59 \text{Tan}^2 b + \text{Tan}^4 b + 270e^2 \text{Cos}^2 b - 330e^2 \text{Sen}^2 b) \cdot K_0 = \underline{0.000001106}$$

CALCULO DE LA FORMULA B9

$$\underline{B9} = \frac{6}{10^{20}} \text{ Sen}^5 i'' N \text{ Cos}^5 b \cdot (5 - 18 \text{Tan}^2 b + \text{Tan}^4 b + 14e^2 \text{Cos}^2 b - 59e^2 \text{Sen}^2 b) \cdot K_0 = \underline{0.000071519}$$

CALCULO DE LAS COORDENADAS U.T.M. DEL PUNTO U.

$$\underline{Y} = I + II^2 + III^2 + A6 = 2134578.967 + 2338.8015 \cdot 0.2981542^2 + +2.021179 \cdot 0.2981542^4 + 0.000001106 = \underline{2.134.786.911}$$

$$X' = IVp + Vp^3 + 85 = 291825.242 - 0.2981542 + 85.9461876 - 0.2981542^3 +$$

$$+ 0.00007159$$

$$= \underline{27011.604}$$

$$\underline{X} = 500\ 000 + X' = 500\ 000 + 87\ 011.604$$

$$= \underline{587\ 011.604}$$

Por lo tanto concluimos que las coordenadas del punto U son:

COORDENADAS GEOGRAFICAS

COORDENADAS U.T.M.

LATITUD: 19° 18' 22".262

Y = 2 134 786.911

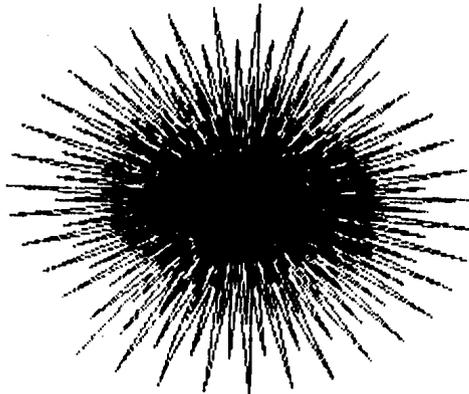
LONGITUD: 92° 10' 18".498

X = 587 011.604



CAPITULO VII

INSTRUCCIONES PARA EL USUARIO.



## INSTRUCCIONES PARA EL USUARIO:

En este capítulo describiré los pasos a seguir para la --  
utilización del programa.

Por principio les diré que la computadora empleada en el  
barco es una, Hewlett-Packard modelo 9825, la cual emplea un +  
lenguaje Basic y con una capacidad de memoria de 64K.. La ----  
computadora cuenta con un teclado normal, lectora de cinta y -  
una pantalla con capacidad de 32 caracteres, además de una ---  
impresora integrada a la misma. Podemos también conectar cir-+  
cuitos periféricos tales como impresora, monitor y una conexión  
al equipo medidor de distancias ( Distanciómetro ). Pero para  
hacer más útil el programa, éste está codificado para una ----  
computadora TRS-80 Model III de marca Radio Shack.

El primer paso es ingresar el programa a la computadora, -  
para ésto se tecldea la instrucción y se pulsa la tecla RETURN,  
la numeración de las instrucciones es automática por lo que no  
es necesario indicarla.

Toda vez que el programa ha sido almacenado en la compu--  
tadora y se desea empezar a hacer calculos, lo primero es opri-  
mir la tecla BREAK e inmediatamente se tecldea RUN y se oprime  
RETURN.

La secuencia que se sigue es la presente:

```
Ready  
RUN  
DAR LA LATITUD DE LA ESTACION? 19.242503  
DAR LA LONGITUD DE LA ESTACION? 92.12414  
DAR LA LATITUD DE LA ESTACION? 19.274049  
DAR LA LONGITUD DE LA ESTACION? 92.03407  
DAR LA LATITUD DE LA ESTACION? 19.203586  
DAR LA LONGITUD DE LA ESTACION? 92.001583  
INTRODUZCA DISTANCIA A? 11909  
INTRODUZCA DISTANCIA B? 20711  
INTRODUZCA DISTANCIA C? 18052  
MEDIDAS A LA DERECHA O IZQUIERDA, DER=1 IZQ=0? 1
```





CAPITULO VIII

CONCLUSIONES.

### CONCLUSIONES:

La utilización de estos aparatos en conjunto, han sido de gran utilidad para la elaboración rápida y precisa de estos trabajos.

La aparición de estos en el mercado, han tenido gran aceptación para los trabajos topográficos a realizar, no sólo en topografía marina, sino también en tierra por la gran cantidad de tiempo que se puede uno ahorrar y por la precisión que se obtiene con ellos. La obtención de las coordenadas geográficas así como las UTM. por medio del Trisponder 540 y una computadora programada para este fin. Dándonos rápidamente y en corto tiempo los valores, hacen que el uso de dichos aparatos sean una herramienta eficaz y confiable para nuestro trabajo.

Para darnos una idea de la precisión de este trabajo a continuación veremos los resultados de el ejemplo particular:

#### RESULTADOS OBTENIDOS DEL TRABAJO ORIGINAL:

$$\begin{aligned} X ( UTM ) &= 587,004.790 & ; & & Y ( UTM ) &= 2,134,784.050 \\ \varphi &= 19 \ 18 \ 22.17 & ; & & \lambda &= 92 \ 10 \ 18.692 \end{aligned}$$

#### RESULTADOS OBTENIDOS POR SOLUCION ANALITICA:

$$\begin{aligned} X ( UTM ) &= 587,011.604 & ; & & Y ( UTM ) &= 2,134,786.911 \\ \varphi &= 19 \ 18 \ 22.262 & ; & & \lambda &= 92 \ 10 \ 18.458 \end{aligned}$$

#### RESULTADOS OBTENIDOS POR MEDIO DEL PROGRAMA:

$$\begin{aligned} X ( UTM ) &= 587,011.828 & ; & & Y ( UTM ) &= 2,134,787.028 \\ \varphi &= 19 \ 18 \ 22.262 & ; & & \lambda &= 92 \ 10 \ 18.457 \end{aligned}$$

B I B L I O G R A F I A .

- / Caire Lomeli Jorge, Cartografia Matematica II  
Proyección Cartografica para la Republica  
Mexicana, I.P.N., 1983.
- / Alonso Lerch Federico, Apuntes de la clase de  
Geodesia Geometrica II, U.N.A.M., 1984.
- / Manual de Usuario de la computadora Hewlett-Packard  
modelo 9825, USA..
- / Alonso Lerch Federico, Apuntes de la clase de  
Ajustes, U.N.A.M., 1984.