



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN
60-103396

Señor
GERMAN JUAN SALDAÑA VALDOVINOS
Presente.

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **ING. ADOLFO RÍEYES PIZANO**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de **INGENIERO TOPOGRAFO Y GEODESTA**.

**"RELACION ENTRE VALORES DE COORDENADAS GEODESICAS Y TOPOGRAFICAS
EN LA CARTOGRAFIA MINERA"**

- INTRODUCCION**
- I. ANTECEDENTES**
- II. LEGISLACION MINERA**
- III. OBTENCION DE COORDENADAS GEODESICAS**
- IV. OBTENCION DE COORDENADAS TOPOGRAFICAS**
- V. TRANSFORMACION DE COORDENADAS GEODESICAS A TOPOGRAFICAS**
- VI. FUNDAMENTACION**
- VII. CONCLUSIONES**

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria a 7 de marzo de 1996.
EL DIRECTOR.

ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

JMCS/GMP:dlf

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.

RELACION ENTRE
VALORES DE
COORDENADAS
GEODESICAS
Y
TOPOGRAFICAS
EN LA CARTOGRAFIA
MINERA

A Dios: Por darme una nueva vida y hacerme sentir que soy capaz de realizar cualquier cosa con su mano y con su bendición.

A mis Papás: Por enseñarme y guiarme por el camino correcto, apoyarme en todo momento, esto es como un pequeño símbolo de agradecimiento por todo lo que han hecho por mí, los quiero mucho.

A mis hermanos: Jose de Jesús, Marcela, Odilón y Eduardo por ser personas a las que quiero mucho y lleguen al fin de sus carreras con esto.

A mi Escuela: Por que sin ella y sin los profesores esto no sería realidad

A Todos los que intervinieron para poder llegar a la realización de esta tesis y de mi vida.

INTRODUCCION	1
I) ANTECEDENTES	3
I.1 Historia de la Topografía.	
I.2 Historia de la Geodesia.	
II) LEGISLACIÓN MINERA	10
II.1 Manual de servicios al público.	
II.2 Aspectos sobresalientes en geodesia.	
III) OBTENCIÓN DE COORDENADAS GEODÉSICAS	17
III.1 Definición.	
III.2 Tipos de levantamientos geodésicos.	
III.3 Sistema de Posicionamiento Global G.P.S.	
III.4 Obtención de coordenadas.	
IV) OBTENCIÓN DE COORDENADAS TOPOGRÁFICAS	32
IV.1 Definición.	
IV.2 Tipos de Levantamientos topográficos.	
IV.3 Obtención de coordenadas.	
V) TRANSFORMACIÓN DE COORDENADAS GEODÉSICAS A TOPOGRÁFICAS	38
V.1 Superficies de Referencia.	
V.2 Elementos del elipsoide.	
V.3 Cálculo de coordenadas Geodésicas a ortogonales y viceversa.	
V.4 Cálculo de distancias geodésicas a topográficas y viceversa.	
VI) FUNDAMENTACIÓN	55
VI.1 Metodología.	
VI.2 Comprobaciones.	
VI.3 Comprobación de campo.	
VI.4 Diferencias.	
VII) CONCLUSIONES	102
BIBLIOGRAFIA	106

INTRODUCCION:

El 26 de Junio de 1992 se dieron cambios en la Ley Reglamentaria del Artículo 27 constitucional en materia minera, publicándose posteriormente su Reglamento y el Manual de Servicios al Público el 29 de Marzo y 7 de Abril de 1993 respectivamente, lo cual vendría a cambiar la habitual forma de realizar los trabajos periciales, así como los métodos de levantamiento de los Puntos de Partida Origen (P.P.O.) para definir las coordenadas de los Puntos de Partida Definitivos (P.P.D.).

Estos cambios que se han venido dando tienen su origen en los avances tecnológicos, así como en las innovaciones en sistemas computacionales, y en este empeño, la antes Secretaría de Energía Minas e Industria Paraestatal ahora Secretaria de Comercio y Fomento Industrial con apoyo del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, publicó en el diario oficial de la Federación con fecha 27 de Junio de 1994 la Subred Geodésica Minera, donde se encuentran los P.C. (Punto de Control) a los cuales los peritos deben ligarse para precisar la ubicación de lotes con respecto a las coordenadas U.T.M. (Universal Transversa de Mercator) de dichos puntos. La ubicación precisa de estos lotes se dará en el terreno, puesto que bastará determinar la distancia horizontal entre el P.C. más cercano y el P.P. (Punto de Partida) del lote minero de que se trate, así como el ángulo que resulte de su línea base.

Sin embargo si en el lugar no existiera un P.C. a una distancia de 50 km máximo, se puede ligar a un Vértice de la Red Geodésica Nacional de 1er orden que hubiera sido establecido por algún organismo de gobierno o científico o bien realizar mediciones con receptores de señales emitidas por satélites artificiales para determinar la posición de puntos sobre la superficie de la Tierra.

En el campo se deben experimentar nuevas técnicas para encontrar el procedimiento topográfico adecuado a las condiciones del terreno, por lo cual este trabajo esta encaminado a un nuevo procedimiento para el cálculo de coordenadas ortogonales de los P.P.O. (Punto de Partida Origen) referidas a un P.C. mediante el método de posicionamiento diferencial con receptores G.P.S. (Global Positioning System o Sistema de Posicionamiento Global) y con el cual se simplificarán los trabajos periciales.

TEMA I: ANTECEDENTES

1.1.- HISTORIA DE LA TOPOGRAFÍA

Es imposible determinar cuando se usó la topografía por primera vez, pero en su más simple forma es seguro que es tan antigua como la historia de la civilización. Hasta donde haya habido propietarios ha habido formas de medir las propiedades o distinguir la tierra de una persona de la de otra.

Aun en el antiguo testamento hay referencias de los propietarios, de los terratenientes y de transferencias de propiedades. Por ejemplo, Proverbios 23:28: "No remuevas el mojón, que han colocado tus padres". Los babilonios seguramente practicaron algún tipo de topografía 2.500 años a. de C. por que los arqueólogos han encontrado mapas babilónicos, en tablas estimadas de esa edad.

El primer desarrollo de la topografía no puede separarse del avance de la astronomía y de las matemáticas, ya que estuvieron relacionadas. En efecto, el término geometría es derivado de palabras que significan mediciones terrestres. El historiador griego Herodotus ("el padre de la historia") dice que la topografía se usó en Egipto en 1400 a. de C. cuando ese país fue dividido en lotes para impuestos. Apparently, la geometría o topografía fue particularmente necesaria en el valle del Nilo con el fin de establecer y controlar señales. Cuando las inundaciones anuales borraron muchas de las señales, se necesitaron topógrafos para reemplazarlas. Estos topógrafos fueron llamados "extendedores de cuerdas" porque usaron cuerdas o sogas (con marcas a ciertos intervalos) para sus mediciones.

Durante ese mismo período, los topógrafos fueron necesarios para ayudar en el diseño y construcción de sistemas de riego, gigantescas pirámides, edificios públicos y demás. Por ejemplo, las dimensiones usadas para las pirámides egipcias fueron muy buenas:

Se conoce que los extendedores de cuerdas definieron los lados de las bases con sus cuerdas y comprobaron su equidad, midiendo las diagonales. A fin de obtener las casi niveladas bases de estas grandes estructuras, los egipcios probablemente usaron agua vaciada en largos y estrechos canales de arcilla o marcos triangulares con plomadas como se muestra en la figura.



Los romanos produjeron muchos avances en la topografía al establecer una serie impresionante de proyectos de ingeniería en sus imperios. Ellos proyectaron ciudades, campos militares y vías usando un sistema de coordenadas rectangulares. Levantaron las rutas principales utilizadas para operaciones militares en el continente europeo, en las Islas Británicas, al norte de África y aún en partes del Asia.

Dos instrumentos usados por los romanos fueron el odómetro, o rueda medidora y el groma. El groma, del cual los topógrafos romanos recibieron el nombre de gromatici, se usó para trazar ángulos rectos. Este consistió en dos travesaños amarrados en ángulo recto, en forma de cruz horizontal con plomadas colgando de cada una de las cuatro puntas. El groma era pivoteado excéntricamente sobre un palo vertical nivelado para tomar vistas a lo largo de sus travesaños.

Desde los tiempos romanos hasta los últimos siglos hubo pocos avances en el arte de la topografía, pero estos últimos siglos han visto la introducción del telescopio y el vernier. Los instrumentos entonces usados para medir ángulos horizontales y verticales eran los tránsitos y teodolitos: los teodolitos tenían largos telescopios y no podían invertirse, pero al pasar el tiempo se fueron fabricando telescopios más cortos, que podían invertirse de extremo a extremo para observar el paso de los astros llamados "transitados" por lo que se le llamaron tránsitos.

Los primeros teodolitos usaron nonios y microscopios micrométricos para leer los ángulos, pero los más modernos tienen sistemas ópticos, con los cuales el usuario puede obtener tanto los ángulos verticales como horizontales a través de un ocular localizado cerca del telescopio.

En relación a la medida de distancias, se realiza con cinta metálica que puede ser invar o una cinta de acero y a tal medición se le conoce comúnmente como "cadeneo" que viene desde los tiempos en que se usó la cadena de Gunter (1581-1626). Su cadena fue una gran innovación sobre las cuerdas y varas usadas hasta esa época y estaba disponible en varias longitudes. Las cintas de acero se hicieron populares al comienzo del siglo veinte y disponibles en distintas medidas.

Se descubrió en las últimas décadas que el uso de las ondas luminosas, electromagnéticas, infrarrojas o aun laser ofrecen mucho más precisión para medir distancias. Mediante el uso de estas ondas, se han desarrollado varios dispositivos electrónicos portátiles que permiten la medición de distancias con excelente precisión. Estos dispositivos no han reemplazado el cadeneo pero están siendo más comúnmente usados por los topógrafos. Con estos instrumentos se pueden medir cortas y largas distancias con precisión en poco tiempo.

Ahora la nueva incorporación de instrumentos modernos, son las Estaciones Totales, así llamadas por incorporar teodolitos electrónicos con distanciómetro electrónico integrado en el eje óptico de la lente. Las estaciones totales miden ángulos y distancias electrónicamente y además los datos tomados de campo se almacenan en las llamadas libretas electrónicas o colectoras de datos, quedando únicamente por "bajar" los datos a la computadora y procesarlos para obtener el plano final del levantamiento.

1.2 - HISTORIA DE LA GEODESIA

El primer autor que habla de la medida de la Tierra es Aristóteles, quien dice que los matemáticos de aquella época fijaron en 400,000 estadios la circunferencia terrestre.

Hay muchas versiones sobre el valor del "estadio". Bayly adopta el valor de 166 m para el estadio náutico; Dreyes lo fija en 157.5 m; el estadio egipcio tenía 260 m y el romano 185.5 m. El primer geómetra cuyo procedimiento de medida de la Tierra es conocido, fue Eratóstenes, quien nació en Syrena, África septentrional, 275 años antes de nuestra era. El método empleado por este geógrafo para la medida de la circunferencia terrestre, es el que sigue utilizándose en nuestros días; la medida lineal y angular de un arco terrestre. Eratóstenes fijó la circunferencia máxima de la Tierra en 252,000 estadios.

Más tarde, Posidonio (134 años antes de nuestra era) midió otro arco de meridiano entre Rhodas y Alejandría, y obtuvo 80,000 estadios.

Ptolomeo, sin decir si hizo alguna medida de la Tierra, da para su circunferencia 180,000 estadios.

La Historia abre un paréntesis de varios siglos, en los cuales no se sabe nada con respecto a nuevas medidas de la Tierra. Es hasta el Siglo VIII de nuestra era, cuando el Califa árabe, Al-Mamoun midió un grado de meridiano en el desierto de Arabia, obteniendo, según Dreyes, 119,000 metros celestes en donde campeaba el ingenio, dada la carencia de instrumentos de observación.

El primero que utilizó un anteojo provisto de retícula para hacer las observaciones, fue el abate Picard, nacido en Francia en 1620. Midió un arco de meridiano entre Amiens y Malvoisine, obteniendo la distancia lineal entre estos puntos por medio de una triangulación compuesta de trece triángulos. Las latitudes extremas se determinaron con

círculos graduados, de tres metros de radio, observando las diferencias de alturas meridianas de la estrella δ Cassiopea. La determinación de Picard dio para el radio de la Tierra, el valor $P=6\,372,000$ m.

Esta medida fue histórica, pues data de la época de los estudios de Newton sobre la gravitación universal produciendo resultados opuestos a los previstos por éste. Newton establecía que la longitud del grado debería aumentar del ecuador al polo en el mismo sentido que la intensidad de la pesantez.

La querrela científica que ocasionó este resultado, se prolongó hasta 1735, en que la Academia de Ciencias de París decidió hacer la medida de dos arcos de meridiano en latitudes muy diversas: uno en el Perú cerca del Ecuador, y el otro en Laponia, en plena región polar.

La primera misión, con Godin, Bouguer y la Condamine, midieron dos cadenas de amplitudes poco diferentes en el Perú, habiendo terminado sus operaciones en 1744 y 1751, respectivamente.

Los resultados de estas dos misiones, confirmaron plenamente la teoría de Newton; la longitud del grado crece del ecuador al polo y, por lo tanto, la Tierra es un elipsoide alargado en el sentido del ecuador.

El arco del meridiano medido por Picard, se prolongó en ambos sentidos, en 1791, para formar la meridiana de Francia, que sirvió de base al establecimiento del sistema métrico decimal, pues se acordó que la unidad "metro" fuera exactamente la diezmillonésima parte de un cuarto de la circunferencia terrestre.

La meridiana de Francia, como lo dice Tardi, marca una etapa importante en la historia de la Geodesia, pues se resolvieron numerosos problemas en el transcurso de su medida, relacionados tanto con los procedimientos como con los instrumentos.

Durante los siglos XVII y XVIII, Francia mantuvo su prioridad en asuntos geodésicos. Pero, desde principios del Siglo XIX Alemania dio a la Geodesia un impulso poderoso; a raíz de los trabajos de Gauss (teoría de los mínimos cuadrados), los Estados Unidos del Norte iniciaron trabajos geodésicos en magnitud formidable.

Se multiplicaron las medidas de arcos terrestres tanto meridianos como oblicuos, y los valores de los semiejes de la Tierra se fueron mejorando progresivamente. Mientras que las medidas francesas de los siglos XVII y XVIII sirvieron para calcular los elipsoides de Bessel (1841) y de Clarke (1866), las medidas norteamericanas, en las que México tomó parte, han servido para calcular el elipsoide de Hayford. Posteriormente se han calculado, siguiendo varios procedimientos, los de Heiskanen (1826), Krassowski (1938), Jeffreys (1948), Ledersteger (1951), Hough (1956) y O'Keefe (1960)

TEMA II: LEGISLACIÓN MINERA

III.- MANUAL DE SERVICIOS AL PÚBLICO

Se tomará como base, primero las definiciones que hace la ley minera con respecto a: punto de partida, punto de control, trabajos periciales, etc., para poder identificar cada una de estas en los posteriores capítulos. Todas estas definiciones y además los artículos XVIII, XIX, XX, XXI y XXII del Manual de Servicios al Público en Materia Minera son tomados al texto y fielmente del Diario Oficial de la Federación, que son muy importantes para el tema que nos involucra.

MANUAL DE SERVICIOS AL PÚBLICO: Las disposiciones administrativas expedidas por la Secretaría, que tiene por objeto establecer los conductos y formularios para la recepción y trámite de los asuntos previstos por este Reglamento, así como precisar las particularidades de algunos requisitos y que los deberá publicarse en el Diario Oficial de la Federación

PUNTO DE PARTIDA ORIGEN: Un punto real, fijo, identificable en el terreno, ubicado preferentemente dentro o sobre el perímetro del lote, con las particularidades que señala el manual servicios al público, y que sirve para indicar la localización del lote objeto de la solicitud de concesión o asignación minera.

PUNTO DE PARTIDA DEFINITIVO: Las coordenadas referidas a la proyección universal de Mercator del punto de partida origen o las que resulten de la liga topográfica desde un vértice de la red geodésica nacional o de la subred geodésica minera a dicho punto, y con base en las cuales se precisa la ubicación del lote que ampare la concesión, asignación o zona de reserva minera.

LOTE MINERO: Sólido de profundidad indefinida, limitado por planos verticales y cuya cara superior es la superficie del terreno, sobre la cual se determina el perímetro que comprende.

Los lados que integran el perímetro del lote deberán estar orientados astronómicamente Norte-Sur y Este-Oeste y la longitud de cada lado será de cien o múltiplos de cien metros, excepto cuando estas condiciones no puedan cumplirse por colindar con otros lotes mineros.

La localización del lote minero se determinará con base en un punto fijo en el terreno, denominado punto de partida, ligado con el perímetro de dicho lote o ubicado sobre el mismo.

La liga del punto de partida será perpendicular preferentemente a cualquiera de los lados Norte-Sur o Este-Oeste del perímetro del lote.

TRABAJOS PERICIALES: Los trabajos efectuados en el terreno por un perito minero para determinar el punto de partida definitivo, de acuerdo con el procedimiento y metodología que señale el manual de servicios al público.

PUNTO DE CONTROL: Un vértice de la red geodésica nacional o de la subred geodésica minera.

LÍNEA BASE: La línea trazada a partir de un punto de control con azimut oficial.

PERITO MINERO. La persona registrada ante la Secretaría en los términos del reglamento para efectuar trabajos periciales.

El manual de servicios se divide en secciones, del cual haremos mención de la sección tercera y cuarta, que es la sección de la que se refiere a los levantamientos y cálculos de gabinete.

SECCIÓN TERCERA. (LEVANTAMIENTOS)

DÉCIMA OCTAVA.- Para la determinación del punto de partida definitivo deberá aplicarse cualquiera de los métodos que a continuación se describen:

POLIGONACION: medición directa a partir de una línea base de los ángulos y distancias entre puntos consecutivos que forman una poligonal

TRIANGULACION: determinación de longitudes de los lados de un sistema de triángulos interconectado a partir de una línea base, por medio de la medición de todos sus ángulos.

LECTURA AUTÓNOMA DE SATELITES: lectura de transmisiones radiales proveniente de satélites artificiales por medio de un receptor "G.P.S." ubicado en el punto de partida origen.

LECTURA DE SATELITES PARA TRASLOCALIZACIÓN: lectura simultánea de transmisiones radiales provenientes de satélites artificiales, mediante dos o más receptores "G.P.S." ubicados en el punto de control y el de partida origen, respectivamente.

METODO	ORDEN Y CLASE	PRECISION LINEAL MINIMA	PRECISION ANGULAR MINIMA	NUMERO DE LECTURAS MINIMO	DISTANCIA MAXIMA DESDE EL PUNTO DE CONTROL	INSTRUMENTOS RECOMENDADOS
I.-Poligonacion	2° II	1 : 10,000	5 SEGUNDOS POR ESTACION	4 SERIES	15 KM	TEODOLITO DE 20" Y DISTANCIOMETRO
II.-Triangulacion	3° U	1 : 10,000	5 SEGUNDOS POR VERTICE	8 SERIES	15 KM	TEODOLITO DE 20"
III.-Lectura autónoma de satelites		DE 40 A 10 M. segun Disponibilidad		1.50 HORAS		RECEPTOR G.P.S.
IV.-Lectura de satelites para translocalizacion	1° U	1 : 100,000	1*5"long de la línea Base	1.50 HORAS	L-1:50Km/est	RECEPTOR G.P.S.
	2° I	DE 2 A 5 M		1.50 HORAS	50 KM.	DE 8 A 16 CANALES. RECEPTORES G.P.S. DE 3 A 6 CANALES.
	2° II	DE 5 A 10 M		1.50 HORAS	50KM	RECEPTORES G.P.S. DE 1 A 3 CANALES

DÉCIMA NOVENA.-Los métodos descritos en la disposición anterior deberán sujetarse a las especificaciones siguientes:

Los levantamientos con el método de lectura autónoma de satélites únicamente se admitirán cuando el punto o puntos de control más cercanos estén ubicados a una distancia mayor de 50 kilómetros del punto de partida origen.

Los trabajos periciales correspondientes a las solicitudes de asignación minera del Consejo de Recursos Minerales deberán ejecutarse por medio del método de lectura de satélites para translocalización con precisión de primer orden.

La Secretaría podrá requerir a los solicitantes de concesión o asignación minera complementen sus levantamientos mediante una o más ligas topográficas a lotes colindantes

o cuyos lados más cercanos disten hasta 5 kilómetros. Dichas ligas deberán tener precisión angular mínima de 10 segundos de arco en el azimut astronómico y lineal de 1/10,000.

VIGÉSIMA. Los puntos de control deberán monumentarse preferentemente por medio de un bloque de concreto aplastado en su cara superior, con sección horizontal cuadrada de 30 centímetros por lado y 60 centímetros de altura, cuya posición exacta se señala mediante una barra de hierro de 12.7 milímetros de diámetro, empotrada verticalmente desde su cara superior horizontal al centro y al ras, en la cual se grabarán la abreviatura "PC" y el nombre que lo identifica. Dichos monumentos habrán de sepultarse a una profundidad de 90 centímetros de la superficie.

Cuando el punto de control se determine sobre roca firme, se identificará por medio de una barra de hierro de 12.7 milímetros de diámetro y 30 centímetros de largo, firmemente empotrada y al ras de la roca, con un placa metálica incrustada en la superficie que contenga grabados los datos señalados en el párrafo anterior.

Para la localización del punto de control deberá construirse una mojonera testigo de mampostería firmemente sujeta al terreno, con sección horizontal cuadrada de 40 centímetros por lado y 30 centímetros de altura, colocada a un rumbo astronómico franco y a cinco metros del punto de control.

Las personas que obtengan el reconocimiento oficial de un punto de control por parte de la Secretaría están obligadas a conservar en el mismo lugar y a mantener en buen estado los monumentos que lo identifican, así como los que se construyan en el extremo de su línea base.

VIGÉSIMA PRIMERA. La línea base deberá determinarse a partir de un punto de control, cuyo azimut astronómico se obtenga con precisión angular mínima de 5 segundos de arco y precisión lineal no menor de 1/50,000, y longitud de 1,000 a 2,000 metros.

En el otro extremo de la línea base se construirá un monumento de idénticas características a las del punto de control, y su punto geométrico deberá corresponder con exactitud a la orientación y longitud de dicha línea. En su cara superior se grabará la abreviatura "LB" y el número del punto de control al que está ligada. Para localización también deberá construirse una mojonera testigo con las características señaladas en el párrafo cuarto de la disposición anterior.

La mojonera del punto de control y la que se ubica en el extremo de la línea base deberán ser intervisibles.

SECCIÓN CUARTA (CÁLCULOS DE GABINETE)

VIGÉSIMA SEGUNDA.-Para obtener la precisión mínima requerida en los diferentes métodos deberán aplicarse a los datos obtenidos en el terreno los métodos de cálculo técnicamente establecidos para cada tipo de levantamiento.

II.2.- ASPECTOS SOBRESALIENTES.

Como se menciona en el Reglamento, los métodos para obtener las coordenadas del Punto de Partida Definitivo es mediante cuatro métodos, de los cuales el tercer método que es el de lectura autónoma de satélites, solo se admitirá si no hay puntos de control cercanos al P.P.O. en una distancia no mayor a 50 kilómetros. Por lo que es recomendable realizar un posicionamiento autónomo del Punto de Partida o la translocalización de estos puntos con G.P.S.

Considerando que las distancias mayores a 15 km son curvas, estas por lo menos deben tener una corrección por curvatura y por lo tanto no podrán considerarse para obtener coordenadas ortogonales de los puntos de partida. Por el contrario las coordenadas que se le den a un punto de partida deberían ser coordenadas geográficas de estos puntos, para los casos de ligas a distancias mayores de 15 km.

TEMA III: OBTENCION DE COORDENADAS GEODÉSICAS

III.1.-DEFINICION

La geodesia es la ciencia que determina por observación, la exacta posición de los puntos, y las figuras y áreas de las porciones largas de la superficie de la Tierra, la forma y tamaño de la Tierra y las variaciones de la gravedad terrestre.

III.2.-TIPOS DE LEVANTAMIENTOS GEODESICOS

Una de las labores de la geodesia, es la realización de medidas sobre la superficie de la Tierra para obtener la posición relativa de puntos sobre grandes zonas terrestres, a esto se le llama un levantamiento geodésico.

Los tipos de levantamiento geodésico se pueden dividir en cuatro:

- 1.-Triangulación.
- 2.-Trilateración.
- 3.-Triangulateración
- 4.-G.P.S..

Triangulación: Las posiciones geodésicas horizontales están establecidas a través de la medición de los tres ángulos en cada triángulo sucesivo acompañado por una medida de distancia ocasional llamada Base. El principio de la triangulación consiste en observar todos los ángulos, medir unos lados y calcular todos los lados de la cadena de triángulos por medio de las ecuaciones:

$$a = (c / \sin C) \sin A, \quad b = (c / \sin C) \sin B, \quad c = (a / \sin A) \sin C$$

El lado que se mide directamente se llama Base, los puntos se llaman vértices y el conjunto de triángulos se llama red de triangulación.

Trilateración: Es el método de levantamiento geodésico horizontal consistente en un conjunto de figuras conformadas por triángulos interconectados, en los que se miden todas las distancias posibles y algunos ángulos, formando una cadena o cubriendo un área específica con el propósito de determinar las coordenadas de los vértices de triangulación.

Triangulación: Consiste en la medición de todas las direcciones y distancias de una cadena de triángulos, este método se recomienda sobre los anteriores, debido a su precisión y a la no restricción para la forma de los triángulos.

G.P.S.: El G.P.S. es el sistema de posicionamiento global con el cual se pueden obtener las coordenadas geodésicas de un punto en cualquier lugar de la Tierra y está basado en una constelación de satélites que emiten señales y estas son recibidas por un receptor. El resultado de estas señales son coordenadas cartesianas en 3 dimensiones en el sistema mundial de coordenadas geocéntricas de los satélites. En la mayoría de los casos, el usuario quisiera coordenadas en el sistema terrestre, para ello son las siguientes transformaciones:

- 1) Del sistema de coordenadas del satélite al elipsoide nacional de referencia.
- 2) Del elipsoide nacional de referencia al sistema nacional de proyección.

Para la primera transformación se tiene que conocer la posición del elipsoide de referencia local con referencia al geocentro. Si los parámetros de transformación son desconocidos hay que calcularlos midiendo con G.P.S. puntos ya conocidos en el sistema de coordenadas del país.

A partir de las coordenadas GPS y de las coordenadas nacionales de los mismos puntos se determinan los parámetros de transformación. Como resultado del primer paso se obtienen longitud, latitud y altura elipsoidal con relación al elipsoide nacional de referencia.

En la práctica estas alturas elipsoidales no son utilizables, sino las ortométricas (valor aproximado sobre el nivel del mar). Para obtener estos puntos de control se corrigen las altitudes elipsoidales por medio de la diferencia entre el elipsoide y el geoide llamado ondulación geoidal. El segundo paso es simple, pues se conocen las ecuaciones de transformación del elipsoide local al sistema de proyección local.

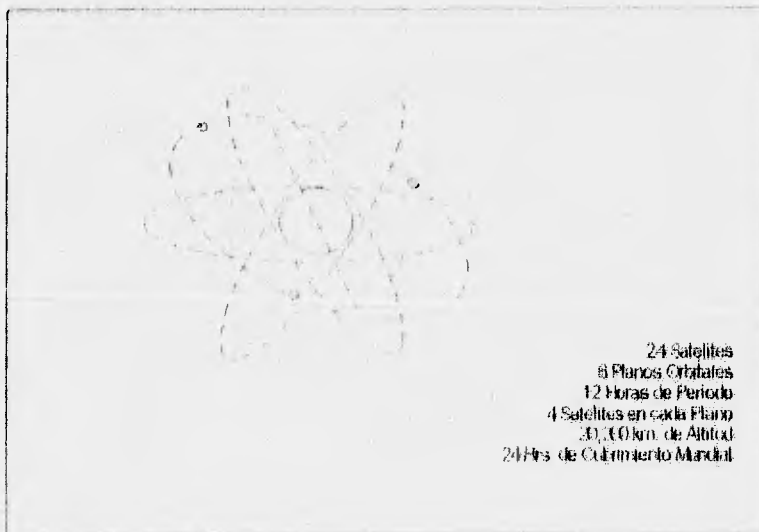
III.3.-SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (G.P.S.)

Las principales formas actuales de obtener coordenadas geodésicas es mediante: El G.P.S. NAVSTAR (SISTEMA DE NAVEGACIÓN CON TIEMPO Y SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL). Es una base de sistemas de satélites de radio navegación, desarrollado en los Estados Unidos desde 1973.

El principio fundamental de la navegación esta basado en la medición de los llamados pseudo-rangos entre el usuario y 4 satélites.

Partiendo de las coordenadas conocidas de los satélites en un arreglo apropiado, las coordenadas de la antena del usuario pueden ser determinadas.

Desde el punto geométrico 3 mediciones de rangos son suficientes, una cuarta observación es necesaria porque el G.P.S. usa un rango técnico y el reloj del receptor no esta sincronizado con el reloj del satélite. Este error de sincronización es la razón para el término pseudorango.



El sistema de posicionamiento global está compuesto por tres segmentos:

- Segmento Espacial
- Segmento de Control
- Segmento de Usuarios

SEGMENTO ESPACIAL

El segmento espacial consiste en 21 satélites más tres satélites activos de repuesto, estos se encuentran distribuidos en seis (6) órbitas casi circulares ($e \approx 0.01$) con una inclinación de 55° con respecto al plano ecuatorial y con una separación entre órbitas de 60° , a una altitud de 20.200km sobre la superficie de la Tierra; el recorrido de estos es de 12 hrs de tiempo sideral (11h 58m), el tiempo de vida promedio es de 7.5 años.

El diseño de esta configuración proporciona sobre el horizonte de cualquier lugar de la Tierra la simultánea visibilidad de 4 a 7 satélites, permaneciendo los zenitales más de 5 horas sobre el horizonte de la estación, por lo que tal constelación permite la continuidad de la observación, mínimo de cuatro satélites, durante las 24 hrs del día.

El oscilador de los satélites genera una frecuencia fundamental de 10.23MHz de la que se derivan las restantes frecuencias y señales utilizadas mediante multiplicadores de factores 154 y 120.

De estos factores se obtienen dos frecuencias portadoras en la banda L, L1(1575.42MHz) y L2(1227.60MHz), a las que corresponden longitudes de onda de 19.0425 y 24.4379 centímetros respectivamente.

Sobre estas dos portadoras se modulan las señales de navegación conocidas como código P (Precise or protected code) sobre L1 y L2 y código C/A (Course/Acquisition or Clear/Access) sobre L1. La frecuencia L1 es modulada por el código C/A, 1.023MHz (293m de longitud de onda) y el código P a 10.23MHz (29.3m de longitud de onda) y una duración de 267 días (38 semanas), aunque se modifica todas las semanas, y

dividida de forma tal que cada satélite tiene asignada una única tracción del código y que no puede traslaparse con la asignada a otro satélite y que sirve para caracterizarlo. La frecuencia L2 lleva únicamente el código P designado también como PPS (precise positioning service) y queda reservado para el Departamento de Defensa de los Estados Unidos. Mediante el empleo de la técnica conocida como Anti-spoofing (A-S), el código P es transformado en el denominado código Y para encriptar y proteger la integridad del código P de señales de interferencia posiblemente por fuerzas hostiles.

La energía que se suministra a los satélites es mediante 2 superficies de 7.2 m² de colector de energía solar, además de que los largos paneles ayudan a estabilizar los satélites. Los satélites tienen como función recibir y almacenar información proveniente del segmento de control, mantener tiempo preciso a través de cuatro relojes; dos de rubidio (Rb) y dos de cesio (Cs), transmitir mensajes al segmento de usuarios y maniobrar en respuesta a instrucciones dadas por el segmento de control.

SEGMENTO DE CONTROL

Está constituido por cuatro estaciones de rastreo y seguimiento (monitor stations), ubicadas en Hawai, Kwajalein, Asunción y Diego García, y una estación principal (master control station), ubicada en Colorado Springs. Las primeras realizan un monitoreo permanente de la constelación NAVSTAR, esto es rastreo de órbitas y predicción, transmitiendo los datos recogidos al Consolidate Space Operations Center, de la estación principal, donde con estas observaciones y las efemérides de referencia proporcionadas por el Naval Surface Weapons Center (NSWC), (cálculo de las efemérides predichas y las correcciones de tiempo), se calculan las efemérides de cada satélite para un periodo posterior, o sea, mandar nuevas efemérides, correcciones de tiempo, mensaje de navegación y datos de comandos de telemetría además de correcciones orbitales de los satélites. Esta información se inyecta desde la estación principal al receptor colocado a bordo de cada satélite.

ESTACION	MONITOREO	PROCESADO	ENVIO DE DATOS	CONTROL SATELITAL
COLORADO SPRINGS	X	X		X
LASUNCIÓN DIEGO	X		X	
GARCIA	X		X	
KWAJALEIN	X		X	
HAWAII	X			

SEGMENTO UTILITARIO

Este segmento queda constituido por todos los equipos, permanentes u ocasionales, utilizados para la recepción de señales emitidas por los satélites y empleados para el posicionamiento (estático o cinemático) o para la precisa determinación del tiempo.

El receptor G.P.S. es un equipo constituido por una antena con preamplificador para la captación de señales emitidas por los VS (vehículos espaciales) y un receptor integrado por los elementos y lógicos necesarios para el control, seguimiento, registro, almacenamiento y visualización de los datos, cálculos pre y posobservación, presentación de resultados. Básicamente todos los receptores contienen un oscilador muy estable de cuarzo, si bien la estabilidad fijada en el orden de 10 a la menos 9 (10×10^{-9}), es muy inferior a la de los satélites. Este genera una frecuencia fundamental, de las que se derivan todas las que, según el modo de funcionamiento, precise el proceso de medición.

En general los principales componentes de un receptor G.P.S. son:

- 1) Antena con preamplificador.
- 2) RF (radio frecuencia) con identificación de señal y proceso de la señal (canal).

- 3) Microprocesador para control del receptor, muestreo de datos, y proceso de datos.
- 4) Un oscilador de precisión.
- 5) Batería.
- 6) Interface, panel de comandos y display.
- 7) Memoria

ANTENAS DE RECEPTORES G.P.S.

La función de la antena de un receptor G.P.S. es la de transformar las ondas electromagnéticas recibidas de los satélites en corriente eléctrica, amplifica la señal y mantiene la señal sobre los receptores electrónicos. La antena tiene que ser muy sensible, pues la señal de los satélites es muy débil. Existen actualmente cinco tipos de antenas usadas por receptores geodésicos G.P.S.:

- Monopolar (1 frecuencia)
- Helicoidales Cuadrilobares (1 frecuencia)
- Microcinta "microstrip" (2 frecuencias), llamado también patch
- Helicoidales en espiral (2 frecuencias)
- Choke Ring

Se define como un canal de recepción G.P.S. como el conjunto de elementos físicos lógicos necesarios para el seguimiento de un VS y la recepción de una de las frecuencias portadoras.

EFEMÉRIDES

Las efemérides se determinan mediante el denominado mensaje de navegación de las ondas portadoras enviadas de los satélites, constituido por 50 palabras de 30 bits cada

una, con una duración total de 30 segundos. El mensaje se estructurará en cinco submensajes o bloques que contienen:

Bloque 1: Con una duración de seis segundos y en 300 bits, almacena los parámetros de corrección de reloj, proporcionando al usuario información sobre el estado del tiempo del satélite con respecto a la estación receptora, así como los coeficientes de un modelo para corrección del retardo por propagación ionosférica.

Bloque 2 y 3: Con 12 segundos de duración, contiene en 600 bits las efemérides del satélite, predichas desde el segmento de control e inyectadas al satélite cada hora, mediante las que se hace posible el cálculo aproximado de la posición del satélite.

Las efemérides contienen un conjunto de parámetros que comprende no solo los elementos orbitales keplerianos, sino también correcciones a los mismos. Los valores paramétricos se obtienen tras un ajuste por mínimos cuadrados de la órbita predicha dentro de un intervalo de cuatro a seis horas, por lo que solo corresponden a la verdadera órbita kepleriana durante unos pocos kilómetros y no en la totalidad de la órbita.

Bloque 4: Sus 300 bits quedan reservados para mensajes alfanuméricos de futuras aplicaciones, siendo conocido como bloque de mensaje.

Bloque 5: En 300 bits contiene el almanaque de datos de un satélite, así como su estado de operatividad y correcciones al reloj, por lo que, en 25 sucesivos mensajes, se podrán obtener los almanaques de los futuros satélites.

Cada bloque contiene una palabra "Handover word" (HOW), que se repite cada seis segundos y que permite la sincronización para conmutar desde el código S al código P a los usuarios autorizados.

Tanto las efemérides transmitidas de los bloques 2 y 3 como el almanaque del bloque 5 se obtiene a partir de "órbitas generadas" u "órbitas probadas", terminos que se refieren a los procesos de calculo mediante los que el "vector de estado" (posición y velocidad) del satélite se calcula para un intervalo de tiempo específico. De acuerdo con las necesidades de precisión y eficacia, pueden utilizarse diferentes técnicas de calculo, desde una solución analítica aproximada hasta métodos de integración numérica para precisiones más elevadas.

El término almanaque se utiliza generalmente para distinguir la órbita "aproximada" de la órbita "precisa" designada a su vez como efemérides, que se requiere para el procesamiento de las observaciones G.P.S..

El almanaque utilizado para determinar las horas de salida y ocaso del satélite y para generar el "gráfico del cielo" que muestra las trayectorias sobre el cielo de una estación, dada su baja precisión y alta eficacia, se calcula por aplicación de una simple técnica analítica que solo tiene en cuenta el efecto del geopotencial sobre el movimiento del satélite. Así el almanaque generado puede tener errores de decenas de kilómetros transcurridos unos pocos días y después de un mes puede tener centenares de kilómetros. Si se tiene presente que un VS viaja a una velocidad desde unos 4 km/s, el error orbital, pasado un mes desde que se efectuó la predicción, equivale a una variación de un minuto sobre la época de salida/entrada del satélite, lo que significa que el almanaque puede utilizarse con antigüedad de varios meses.

Las efemérides transmitidas son calculadas mediante el siguiente proceso:

-Para cada satélite se genera una órbita extrapolada para el futuro(predicha), con datos procedentes de un previo seguimiento.

-Los elementos orbitales son utilizados como valores de partida para obtener datos de las posiciones de los satélites y sus velocidades. Los datos se actualizan al final y al comienzo de cada día para determinar la órbita del satélite

-Estos datos actualizados se extrapolan para obtener órbitas para hasta dos semanas futuras.

-La información orbital que se transmite son utilizadas para ajustar las largas efemérides extrapoladas.

-Estos nuevos datos son introducidos a los satélites para corregir órbitas.

Los datos de seguimiento obtenidos diariamente se utilizan en unión de las órbitas de referencia para predecir las efemérides de los siguientes días. Por ello, se supone que la precisión de las efemérides esta en función del tiempo transcurrido desde la obtención de las órbitas de referencia.

TIPOS DE POSICIONAMIENTO

Aunque estas formas de posicionamiento son independientes conforme a los métodos utilizados, estos son, el posicionamiento absoluto y el posicionamiento relativo.

POSICIONAMIENTO ABSOLUTO

En este se determinan las coordenadas 3D del receptor directamente en coordenadas geográficas ϕ , λ , h , utilizando como sistema de referencia el World Geodetic System 1984 (WGS84).

Este tipo de posicionamiento se puede aplicar tanto a mediciones estáticas como a mediciones cinemáticas, su precisión se ve limitada pero es forzosamente utilizada como paso previo a un posicionamiento relativo.

POSICIONAMIENTO RELATIVO

En este se calculan las coordenadas de uno o más receptores con relación a otro fijo con coordenadas conocidas con precisión. en este caso los errores por reloj, atmosféricos, de efemérides, etc., se ven disminuidos debido al relacionar los datos obtenidos de los receptores con el dato del punto fijo con coordenadas conocidas mediante un proceso de cálculo con algún software. Este es también aplicado a mediciones estáticas como a mediciones cinemáticas (es conocido también como levantamiento de lectura de satélites por translocalización que es usado conforme a lo dispuesto en la Ley Minera).

MEDICIÓN DE PSEUDODISTANCIAS

El posicionamiento por medidas de pseudodistancias consiste en la determinación de un valor aproximado de la distancia entre el receptor y el satélite en función del tiempo que una determinada marca de tiempo tarda en llegar desde el satélite al receptor. Si los relojes del vehículo espacial (VS) y del receptor estuviesen sincronizados, es decir, que en el momento del impulso desde la salida hasta la llegada al receptor fuese igual a cero, proporcionaría el valor de la distancia. Si esto se efectuara en los tres o cuatro satélites por intersección se obtendría la posición de la estación con una precisión en función de las distancias. Puesto que esto no ocurre, debido a un estado relativo de los relojes y debido a las perturbaciones por retardo ionosférico y troposférico, proporciona un valor falso del tiempo de tránsito obteniéndose a partir del mismo un valor erróneo de la distancia, que es llamado pseudodistancia.

La solución geométrica requiere de tres mediciones, la posición de la antena viene dada por el punto de intersección de tres esferas, con la posición de los satélites como centro, y tres distancias como radios. Este método se simplifica como sigue: el satélite transmite un impulso que contiene el instante de emisión "a"; en el receptor se mide el momento de llegada "b" del impulso. La diferencia b-a multiplicada por la velocidad de propagación de la señal se obtiene la distancia.

MEDICIÓN DOPPLER

Esta técnica es usada ampliamente en el posicionamiento con observaciones sobre el sistema TRANSIT. Esta consiste en observar la variación de la frecuencia resultante entre la recibida del receptor y la frecuencia estable generada en el receptor. La medición debe realizarse sobre un solo satélite y a lo largo de un intervalo de tiempo siguiendo el desplazamiento del satélite que da lugar a la modificación de la frecuencia. Este método es poco empleado pero algunos receptores utilizan la cuenta doppler para la obtención de coordenadas aproximadas de la estación.

MEDICIÓN DE DIFERENCIA DE FASE

Este utiliza como observable básico la fase de la onda resultante en el receptor, con una frecuencia constante generada en el oscilador del receptor, lo que equivale a medir la diferencia de fase entre estas dos frecuencias (entrante y generada) tomando como referencia la del receptor.

PRECISIÓN DEL SISTEMA G.P.S.

La precisión de la observación con el sistema G.P.S. se define con el 1% de la longitud de onda de la señal, por ejemplo para la longitud de onda C/λ de 300 m la precisión que puede ser obtenida es de 3 m, es por lo tanto, una precisión de 1 : 100.

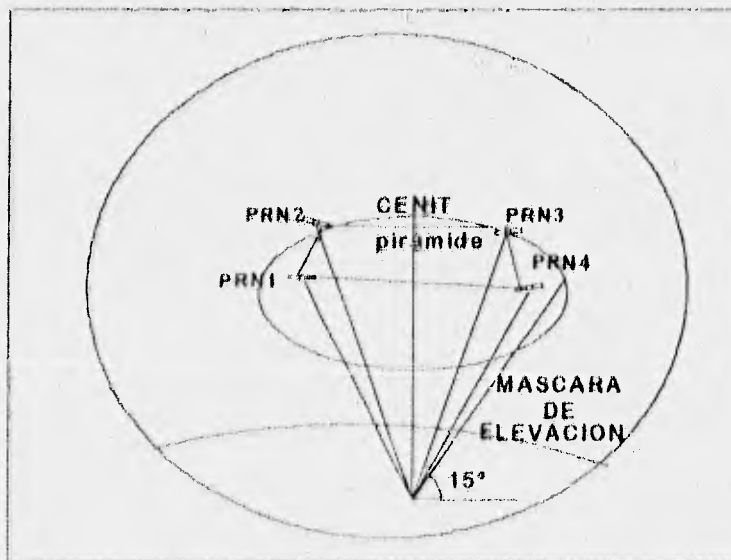
Los datos obtenidos con posicionadores G.P.S. para distancias menores de 10 km. tienen precisiones semejantes a los obtenidos con métodos tradicionales usando el teodolito, con rangos de error de 1 mm hasta 30 cm.

La precisión de la constelación observada depende del número mínimo requerido de satélites dentro de una ventana celeste para obtener un valor mínimo de error.

Se define como ventana el espacio físico sobre la estación terrena o posicionamiento a definir dentro de la cual se localiza un número específico de satélites. Generalmente se establece una máscara de elevación de 10° como mínimo, siendo la ideal de 15° . Para que dentro de ella y a través del receptor o estación se visualicen las trayectorias de satélites visibles; para un tiempo de observación predeterminado se puede conocer tanto su número de identificación PRN (Pseudo Random Noise) como su trayectoria en la bóveda de la constelación. La posición de los satélites dentro de la ventana define una pirámide invertida cuyo vértice es la estación terrena del punto de posicionamiento.

La precisión geométrica esta definida por el volumen de la pirámide invertida y cuyo valor es $1/\text{volumen} \times 100\%$, dicho valor es conocido como GDOP (geometrica dilution of precision).

Cuando el valor GDOP es pequeño indica que el volumen definido por los satélites dentro de la ventana es grande y por lo tanto la geometría tiene una buena configuración, por el contrario, un valor alto de GDOP indicará una mala configuración de la constelación.



III.4.-OBTENCIÓN DE COORDENADAS

Las coordenadas geográficas se obtienen mediante métodos de posicionamiento astronómico o mediante el sistema de posicionamiento global G.P.S.. Estos métodos determinan la posición geográfica de un vértice y el azimut de algún lado que concurre a ese vértice. A partir de esta coordenada se propagará a los demás vértices mediante los métodos de levantamiento geodésico: triangulación, trilateración, poligonación y nivelación. Estos métodos servirán para obtener las coordenadas geodésicas de los demás vértices. Dichas coordenadas incluyen las alturas elipsoidales, las cuales son obtenidas por métodos de nivelación.

Los cálculos empleados para conocer las coordenadas de los demás vértices se detallarán en el capítulo de transformaciones.

TEMA IV: OBTENCION DE COORDENADAS TOPOGRAFICAS

IV.1.-DEFINICIÓN

Topografía es la ciencia que determina las dimensiones y contornos (o características tridimensionales) de la superficie de la Tierra, mediante la medida de distancias, ángulos y elevaciones. Trata de determinar las posiciones relativas o absolutas de los puntos sobre la superficie terrestre, elaborar planos, configurarlos, determinar las áreas y volúmenes. Realmente la topografía o agrimensura determina las distancias horizontales, las diferencias de altura, las direcciones y los ángulos.

Levantamiento comprende aquellas operaciones necesarias para la obtención de datos de campo, útiles para poder representar un terreno por medio de su figura semejante en un plano.

Trazo es el procedimiento que tiene por objetivo el replanteo sobre el terreno, de las condiciones establecidas en un plano.

La planimetría comprende los diversos procedimientos para representar en proyección horizontal, la posición relativa de los puntos de la superficie terrestre. Esto se lleva a cabo a través del trazo y el levantamiento.

La altimetría son los procedimientos que proporcionan en proyección vertical, la posición relativa de los puntos de la superficie de la Tierra. Esto incluye la nivelación.

IV.2. TIPOS DE LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS

Los tipos de levantamientos topográficos más comunes y utilizados en la actualidad son los que se mencionan:

- Los levantamientos con longimetro.
- Los levantamientos con brújula y longimetro.
- Los levantamientos con tránsito y longimetro.
- Los levantamientos con teodolito y distanciómetro.

En la práctica este último es el mismo que con tránsito y longimetro, la diferencia es que las distancias las mide electrónicamente.

En cada uno de estos levantamientos se pueden realizar varios métodos para la obtención de datos del terreno para llevar a cabo un levantamiento o trazo, estos métodos se mencionarán a continuación.

Los levantamientos de un terreno con longimetro se pueden realizar por los siguientes métodos:

- 1.- Dividiendo un polígono en triángulos.
- 2.- Por radiaciones.
- 3.- Por alineamientos.
- 4.- Por líneas auxiliares.
- 5.- Por coordenadas.
- 6.- Por intersecciones.
- 7.- Por lados de liga.

Los realizados con brújula y longímetro:

- 1.-Por radiación.
- 2.-Por intersección.
- 3.-Por poligonación.

Los realizados con tránsito y longímetro:

- 1.-Por radiaciones.
- 2.-Por intersecciones.
- 3.-Por medida de ángulos.
- 4.-Por deflexiones.

El método usual para levantamientos con teodolito y cinta o teodolito y distanciómetro es por medida de ángulos (se puede decir que es igual al de poligonación con brújula) y la combinación de este con el método por radiaciones complementan los levantamientos.

IV. OBTENCIÓN DE COORDENADAS

Con objeto de localizar puntos sobre cualquier superficie, es necesario tener conceptos y definiciones de direcciones y distancias. Probablemente los primeros hombres desarrollaron estos conceptos con respecto a la dirección de la salida y puesta del sol y el tiempo que se requería para viajar. Las localizaciones espaciales son relativas y deben por lo tanto, establecerse con referencia a un vértice origen. Si un vértice de este tipo se localiza, la localización de cualquier otro vértice sobre la superficie puede efectuarse en términos de una dirección definida y una distancia al origen.

Sobre una superficie plana y limitada o sobre una esfera sin movimiento, no hay ningún punto de referencia natural, esto es cualquier punto es lo mismo para que pueda servir de origen. En matemáticas un sistema de localización arbitrario sobre una superficie plana se desarrolla estableciendo un punto origen en la intersección de dos ejes perpendiculares convenientemente localizados. El plano queda entonces dividido en una cuadrícula rectangular al añadirle líneas paralelas a los dos ejes, que estén igualmente espaciadas. La posición de cualquier punto sobre el plano, con referencia al origen, puede fácilmente establecerse, indicando la distancia del mismo a cada uno de los ejes.

En el sistema cartesiano por ejemplo, a la distancia horizontal se le llama el valor X o la "abscisa" y a la distancia perpendicular se le llama valor Y u "ordenada". Con objeto de designar posiciones relativas sobre la Tierra se usa un sistema semejante, pero mucho más antiguo, con la diferencia que la superficie de la Tierra es curva y el uso de líneas paralelas es imposible. No obstante, los dos sistemas de coordenadas tienen mucho en común. En el sistema de coordenadas esféricas terrestres las líneas de la cuadrícula son perpendiculares entre sí, pero solo unas de ellas son paralelas entre sí. Sobre la Tierra, no obstante, la naturaleza ha establecido dos puntos naturales que pueden servir favorablemente como puntos de referencia y estos son los polos o puntos donde el eje de rotación intersecta a la superficie esférica.

En el sistema de coordenadas terrestres las distancias que corresponden a los valores "Y" del sistema cartesiano se les llama latitud y a los valores "X" longitud. El arreglo de estos dos conjuntos de líneas coordenadas establece las direcciones cardinales. Además, sobre la superficie de la esfera se pueden medir distancias en grados de arco.

Pero como en la topografía no se toma en cuenta la esfericidad de la tierra, las coordenadas que se le asignan a un vértice inicial son arbitrarias y pueden ser comparadas con las coordenadas cartesianas, ya que através de proyecciones (en el eje X o en el eje Y) o distancias a cada uno de los ejes coordenados se obtiene la localización de los puntos ubicados en el plano.

Teniendo como base una línea ya orientada magnéticamente o astronómicamente se procede a medir ángulos y distancias de cada uno de los lados que conforman cada uno de los vértices, con esto se está propagando el rumbo inicial a las demás líneas que conforman el polígono, esto es, consiste en medir ordenadamente la distancia y los ángulos comprendidos entre los lados de atrás y los de adelante de cada uno de los vértices del polígono. Con estos datos se realiza el cálculo de las proyecciones sobre los ejes coordenados, suponiendo que el eje "Y" es el Norte y el eje "X" es el Este y a partir de un vértice con coordenadas arbitrarias en la intersección de los dos ejes coordenados (origen); se sumaran las proyecciones Norte y Este y se restaran las proyecciones Sur y Oeste a las coordenadas "Y" y "X" respectivamente. Con esto se conocerán las coordenadas de cada uno de los vértices de la poligonal. El cálculo de las proyecciones se da con las siguientes ecuaciones:

$$E = X + D \sin \theta$$

$$N = Y + D \cos \theta$$

donde:

D es la distancia del lado de un polígono

θ es el azimut del lado de un polígono

Con esto se obtienen las coordenadas de cada uno de los vértices del polígono y que servirán para dibujarse en un plano, siendo este la representación en proyección horizontal del terreno.

TEMA V: TRANSFORMACIÓN DE COORDENADAS GEODÉSICAS A TOPOGRÁFICAS

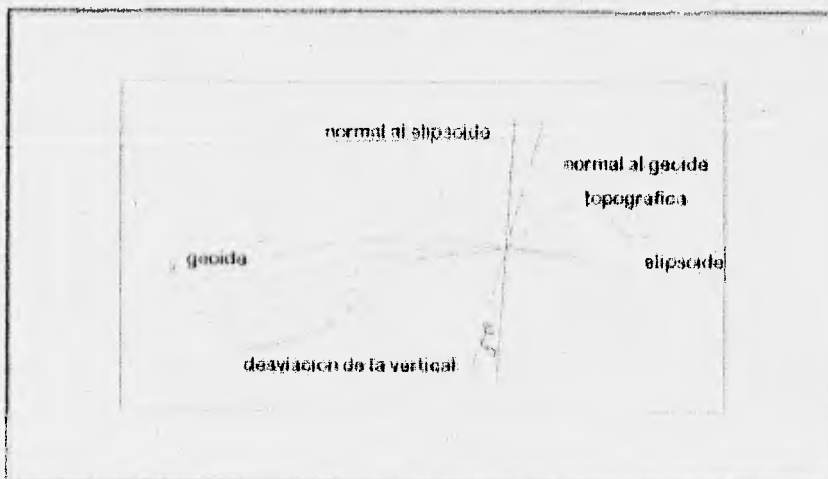
V.1.-SUPERFICIES DE REFERENCIA

La superficie de la Tierra, es una superficie muy irregular, presentándose en ella grandes variaciones de masas (valles y montañas) o también uniformidad (superficies de los mares y océanos).

Es por esto, que representar a la figura real de la Tierra mediante una superficie matemática simple es imposible, debiéndose por tanto adoptar una que además de aproximarse a la figura real de la Tierra, ser simple (para facilitar cálculos), y permita posteriormente la representación de su superficie en mapas y cartas mediante el uso de proyecciones cartográficas.

En geodesia se consideran 3 superficies de referencia

- 1) La superficie topográfica.
- 2) El geoide.
- 3) El elipsoide de revolución.



La superficie topográfica, constituye la superficie física real que observamos todos nosotros al mirar el paisaje en cualquier punto de la Tierra.

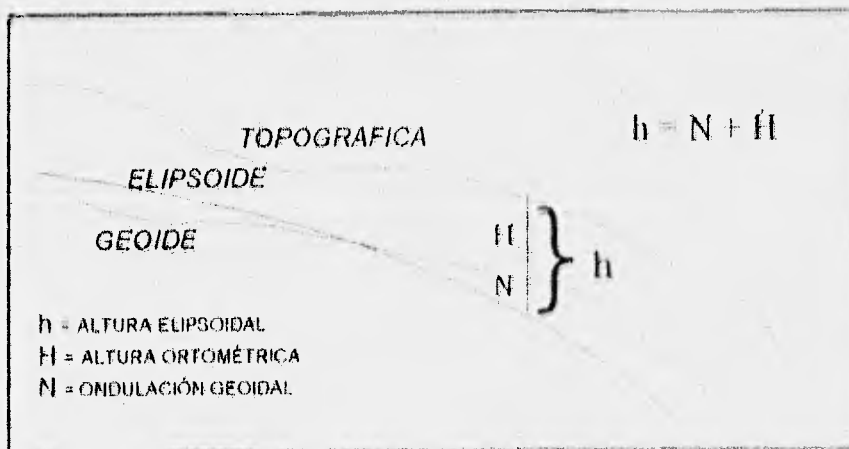
El geoide es la superficie de nivel que coincide con la superficie del agua en reposo de los océanos, idealmente extendida bajo los continentes, de modo que las direcciones de las líneas verticales (dirección de la plomada) crucen perpendicularmente esta superficie en todos sus puntos.

Notamos que esta superficie no es regular ya que está directamente influenciada por las masas interiores (desconocidas) que posee la Tierra.

El elipsoide de revolución es la figura matemática más simple que representa a la forma de la Tierra con mayor aproximación y es a la superficie de esta figura a la que se reducen los cálculos de posición, distancias, direcciones, etc., que se hacen sobre la superficie de la Tierra. Es mucho menos apropiado como una superficie de referencia para coordenadas verticales (alturas), en vez de este, el geoide es usado.

La separación entre el geoide y un elipsoide de referencia particular es llamada ondulación geoidal N . Los valores numéricos de las ondulaciones dependen del elipsoide empleado. La relación geométrica entre la ondulación geoidal N , la altura ortométrica H y la altura elipsoidal h es aproximadamente igual a:

$$h = N + H$$



Este elipsoide se forma al hacer girar una elipse alrededor de uno de sus dos ejes.

Las dos superficies, la topográfica y el geoide, son físicas o reales, quedando por ser definido el elipsoide de revolución.

Un elipsoide de revolución tiene la máxima aproximación a la figura real de la Tierra y se le determina, cumpliendo las siguientes condiciones básicas:

1).-Coincidencia del centro del elipsoide con el centro de gravedad de la Tierra y la de su plano ecuatorial con el plano del ecuador terrestre.

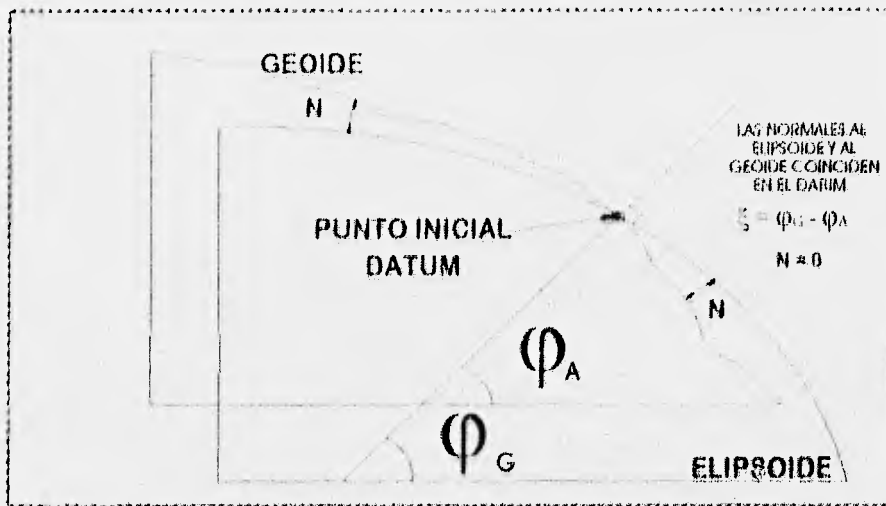
2).-La suma de los cuadrados de las desviaciones de la altura del geoide (ondulación geoidal) en todos sus puntos con respecto a la superficie del elipsoide debe ser mínima.

Con la ayuda de los satélites artificiales y el estudio de su movimiento en el campo gravitacional terrestre ha sido posible determinar el centro de la Tierra con pocos metros de error, así mismo se ha logrado comparar y relacionar los controles geodésicos existentes en distintos continentes.

Muchos países o grupos de países han adoptado elipses de referencia propios, los cuales satisfacen los requerimientos de aproximación del elipsoide a su región.

Dichos elipsoides se encuentran definidos en un plano coordenado, sobre el cual se resuelven los problemas geodésicos y con relación a la cual se determinan las coordenadas geodésicas de los puntos. *Las coordenadas geodésicas determinan la dirección de las normales a la superficie del elipsoide.*

Un datum es un punto en donde se produce la coincidencia (o se hace mínima la diferencia) entre la normal al elipsoide y la normal al geoide y la ondulación geoidal se hace nula; se toma en muchos casos las coordenadas astronómicas de ese punto, así como el azimut astronómico a un punto inicial, con datos de partida para los cálculos de coordenadas sobre el elipsoide.



COORDENADAS GEODÉSICAS O GEOGRÁFICAS

Estas coordenadas, se miden sobre el elipsoide de referencia y son latitud, longitud y altura geodésica.

latitud geodésica (φ_g)

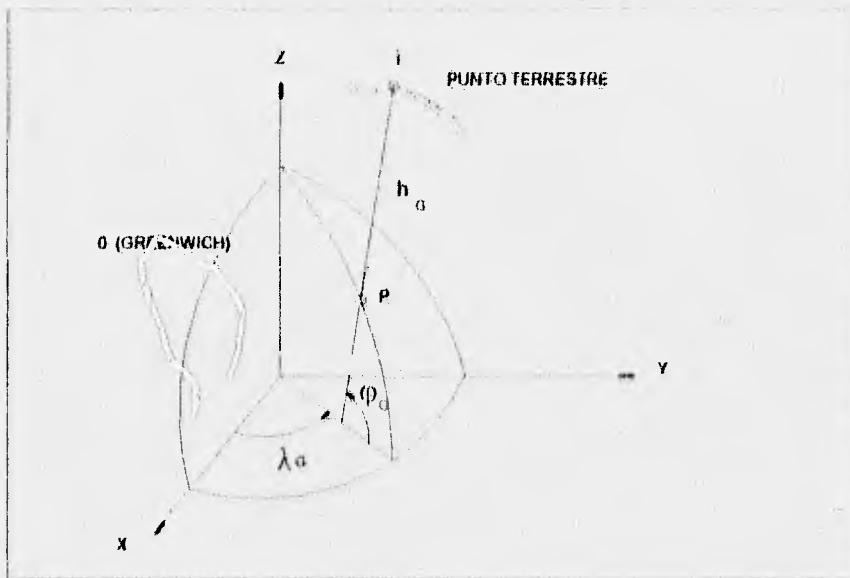
Es el ángulo que forma la normal al elipsoide trazada a través del punto "i" (situado sobre el elipsoide de referencia y el plano ecuatorial).

longitud geodésica (λ_g)

Es el ángulo medido sobre el plano del ecuador, entre el plano del meridiano origen y el plano del meridiano del punto " i "

altura geodésica (h_g)

Es la altura del punto " i " sobre el elipsoide de referencia, medida sobre la normal al elipsoide.



La latitud y longitud geodésicas o geográficas forman un conveniente sistema de coordenadas para fijar una posición sobre el elipsoide.

COORDENADAS ASTRONÓMICAS

Son la latitud y la longitud astronómicas medidas con respecto al geóide y por tanto están relacionadas directamente con:

- 1) el centro de gravedad de la Tierra
- 2) el eje de rotación y el plano del ecuador verdaderos (instantáneos)
- 3) el observatorio medio de Greenwich

latitud astronómica (Ψ_a)

Es el ángulo entre el ecuador y la componente meridiana de la normal al geoide (vertical local) en el punto.

longitud astronómica (Λ_a)

Es el ángulo medido sobre el plano del ecuador, entre el plano del observatorio medio y el meridiano astronómico del punto tratado.

Altura astronómica (H_a)

Es la altura del punto "i" sobre el geoide, medida sobre la normal al geoide.

RELACIÓN ENTRE COORDENADAS GEODÉSICAS Y ASTRONÓMICAS

Las coordenadas geodésicas y astronómicas tienen distintos orígenes por lo cual son diferentes, siendo la principal causa de la diferencia entre estas coordenadas, el ángulo existente entre la normal al elipsoide y la normal al geoide, llamado "desviación de la vertical"

La desviación de la vertical esta formada por dos componentes ortogonales, una en el meridiano (ξ) y otra en el plano del primer vertical (η).

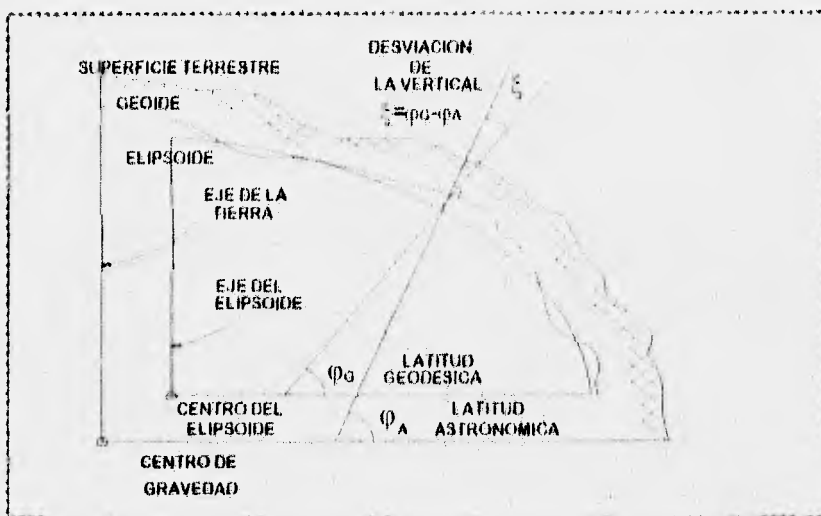
Las ecuaciones que relacionan a las coordenadas astronómicas y geodésicas, son las siguientes:

$$\varphi_G = \varphi_A - \xi$$

LATITUD GEODÉSICA

$$\lambda_G = \lambda_A - \eta \sec \varphi_A$$

LONGITUD GEODÉSICA



V.2.-ELEMENTOS DEL ELIPSOIDE

Es necesario conocer los elementos del elipsoide que sirve de fundamento para el cálculo de la situación de los vértices geodésicos y para obtener con respecto a ella la configuración del geode, dándose las siguientes definiciones:

Achatamiento polar: Es la relación de la diferencia de los semiejes con respecto al semieje mayor.

$$\alpha = \frac{a - b}{a}$$

Excentricidad: Es la relación de la distancia del centro de la elipse a uno de sus focos con respecto al semieje mayor.

$$e = \frac{OF}{a}$$

$$\text{pero } OF = \sqrt{a^2 - b^2} \therefore e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a} \Rightarrow e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2}$$

Para el elipsoide de Clark de 1866 los valores de los semiejes son los siguientes:

$$a = 6,378,206.4\text{m}$$

$$b = 6,356,583.8\text{m}$$

La ecuación de la elipse meridiana es la siguiente:

$$y^2 = (1 - e^2)(a^2 - x^2)$$

Normal Mayor: La normal mayor se obtiene de la ecuación de la elipse meridiana y esta dada por:

$$N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi}} \quad \text{pero} \quad r = \sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi}$$

por lo que:

$$N = \frac{a}{r}$$

Normal Menor: De la misma ecuación de la elipse meridiana, la normal menor esta dada por:

$$n = \frac{a(1 - e^2)}{r}$$

Con estas expresiones se calcularán los radios meridianos y los radios de curvatura de una sección con un azimut cualesquiera, en función de la normal mayor y el radio meridiano.

Radio Meridiano:

$$R_m = \frac{a(1 - e^2)}{r(1 - e^2(1 - \cos^2\varphi))} \text{ siendo } 1 - \cos^2\varphi = \sin^2\varphi$$

además $1 - e^2 \sin^2\varphi = r^2$ se tiene:

$$R_m = \frac{a(1 - e^2)}{r^2} \quad \therefore \quad R_{\varphi} = \frac{a(1 - e^2)}{r^2}$$

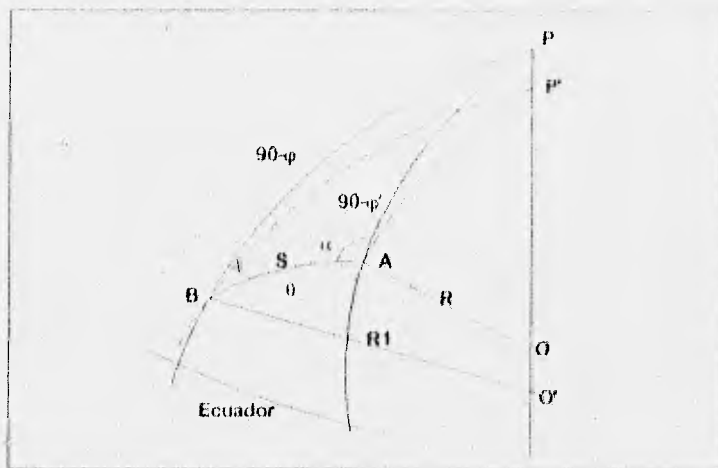
Radio de una sección con azimut determinado R_{α} : Esta en función del radio meridiano y la normal mayor.

$$R_{\alpha} = \frac{NR_m}{(R_m \sin^2 \alpha_z + N \cos^2 \alpha_z)}$$

Estos conforman los principales elementos del elipseide.

V.3.-CALCULO DE COORDENADAS GEODÉSICAS A ORTOGONALES Y VICEVERSA

Para reducir coordenadas geodésicas a ortogonales se necesita obtener las diferenciales de latitud y longitud, para esto se desarrollarán las ecuaciones por el método de diferencias de Cuissant.



En el triángulo esférico ABP se tiene:

$$\text{sen } \varphi' = \text{sen } \varphi \cos \theta + \text{sen } \theta \cos \varphi \cos \alpha$$

pero : $\varphi' = \varphi + d\varphi$ que substituyendo:

$$\text{sen } (\varphi + d\varphi) = \text{sen } \varphi \cos \theta + \text{sen } \theta \cos \varphi \cos \alpha$$

por identidades se tiene:

$$\text{sen } \varphi \cos d\varphi + \text{sen } d\varphi \cos \varphi = \text{sen } \varphi \cos \theta + \text{sen } \theta \cos \varphi \cos \alpha$$

Los arcos $d\varphi$ y θ son pequeños, por lo tanto pondremos en base a la serie de McLaurin esta ecuación hasta la tercera potencia:

$$\sin \varphi (1 - \frac{1}{6} d\varphi^2) + \cos \varphi (d\varphi - \frac{1}{6} d\varphi^3) = \sin \varphi (1 - \theta^2) + \cos \varphi (\theta - \frac{1}{6} \theta^3) \cos \alpha$$

reduciendo los términos se tiene:

$$\begin{aligned} \sin \varphi - \frac{1}{6} \sin \varphi d\varphi^2 + \cos \varphi d\varphi - \frac{1}{6} \cos \varphi d\varphi^3 \\ = \sin \varphi - \frac{1}{6} \theta^2 \sin \varphi + \theta \cos \varphi \cos \alpha - \frac{1}{6} \theta^3 \cos \varphi \cos \alpha \end{aligned}$$

y ordenando los términos se tiene:

$$d\varphi \cos \varphi - \frac{1}{6} d\varphi^3 \sin \varphi + \frac{1}{6} d\varphi^3 \cos \varphi - \frac{1}{6} \theta^2 \sin \varphi + \theta \cos \varphi \cos \alpha - \frac{1}{6} \theta^3 \cos \varphi \cos \alpha$$

Despejando $d\varphi$ se tiene:

$$d\varphi = \frac{1}{6} d\varphi^3 \operatorname{tg} \varphi + \frac{1}{6} d\varphi^3 \cdot \frac{1}{3} \theta^2 \operatorname{tg} \varphi + \theta \cos \alpha - \frac{1}{6} \theta^3 \cos \alpha$$

ordenando:

$$d\varphi = \theta \cos \alpha + \frac{1}{6} (d\varphi^3 - \theta^3) \operatorname{tg} \varphi + \frac{1}{6} (d\varphi^3 - \theta^3) \cos \alpha$$

Se resuelve por aproximaciones sucesivas:

$$d\varphi = \theta \cos \alpha$$

$$d\varphi = \theta \cos \alpha - \frac{1}{6} (\theta^3 - \theta^3 \cos^2 \alpha) \operatorname{tg} \varphi$$

$$d\varphi = \theta \cos \alpha - \frac{1}{6} \theta^2 \operatorname{sen}^2 \alpha \operatorname{tg} \varphi$$

$$d\varphi = \theta \cos \alpha - \frac{1}{6} [\theta^2 - (\theta^2 \cos^2 \alpha - \frac{1}{6} \theta^2 \operatorname{sen}^2 \alpha \operatorname{tg}^2 \varphi)] \operatorname{tg} \varphi - \frac{1}{6} (\theta^3 \cos \alpha - \theta^3 \cos^3 \alpha)$$

$$d\varphi = \theta \cos \alpha - \frac{1}{6} \theta^2 \operatorname{tg} \varphi + \frac{1}{6} \theta^2 \cos^2 \alpha \operatorname{tg} \varphi - \frac{1}{6} \theta^3 \cos \alpha \operatorname{sen}^2 \alpha \operatorname{tg}^3 \varphi - \frac{1}{6} (\theta^3 \cos \alpha - \theta^3 \cos^3 \alpha)$$

$$d\varphi = \theta \cos \alpha - \frac{1}{6} \theta^2 (1 - \cos^2 \alpha) \operatorname{tg} \varphi - \frac{1}{6} (3\theta^3 \cos \alpha \operatorname{sen}^2 \alpha \operatorname{tg}^3 \varphi + \theta^3 \cos \alpha - \theta^3 \cos^3 \alpha)$$

$$d\varphi = \theta \cos \alpha - \frac{1}{6} \theta^2 \operatorname{sen}^2 \alpha \operatorname{tg} \varphi - \frac{1}{6} (3\theta^3 \cos \alpha \operatorname{sen}^2 \alpha \operatorname{tg}^3 \varphi + \theta^3 \cos \alpha \operatorname{sen}^2 \alpha)$$

$$d\varphi = \theta \cos \alpha - \frac{1}{6} \theta^2 \operatorname{sen}^2 \alpha \operatorname{tg} \varphi - \frac{1}{6} [1 + 3 \operatorname{tg}^2 \varphi] \theta^3 \cos \alpha \operatorname{sen}^2 \alpha$$

Para pasar de la esfera de radio igual a la unidad a la de radio N, se sustituirá el valor de θ en función del radio:

$$\theta = \frac{S}{N}$$

Donde S es la extensión del arco cuya amplitud angular es θ y sustituyendo se tiene:

$$d\phi = \frac{S \cos \alpha}{N} + \frac{S^2 \operatorname{sen}^2 \alpha \tan \phi}{2N^2} - \frac{S^3 \operatorname{sen}^2 \alpha \cos \alpha (1 + 3 \tan^2 \phi)}{6N^3}$$

El valor de α es el azimut medido a partir del Sur hacia el Oeste, pues en geodesia los azimutes se miden a partir del sur, o sea $180 - Az$ y dividiendo entre $\operatorname{sen} l''$ para que $d\phi$ quede expresada en segundos:

$$-d\phi = S \cos Az / N \operatorname{sen} l'' + (S^2 \operatorname{sen}^2 Az \tan \phi) / N^2 \operatorname{sen} l''$$

$$-1/6 (S^3 \operatorname{sen}^2 Az \cos Az) / (N^3 \operatorname{sen} l'') (1 + 3 \tan^2 \phi)$$

si se multiplica por N/Rm la expresión quedara:

$$-d\phi = \frac{S \cos Az}{R \operatorname{sen} l''} + \frac{S^2 \operatorname{sen}^2 Az \tan \phi}{2NR \operatorname{sen} l''} - \frac{S^3 \operatorname{sen}^2 Az \cos Az}{6N^2 R \operatorname{sen} l''} (1 + 3 \tan^2 \phi)$$

Utilizaremos para simplificar el cálculo los siguientes factores:

$$B = \frac{1}{R \operatorname{sen} l''}; \quad C = \frac{\tan \phi}{2NR \operatorname{sen} l''}; \quad E = \frac{1 + 3 \tan^2 \phi}{6N^2}$$

Ahora, sustituyendo el tercer término por el valor del primero y que designaremos como h , es decir, $h = S \cos Az / R \operatorname{sen} l''$ se tiene:

$$1/6h(S^2 \operatorname{sen}^2 Az) / N^2 (1 + 3 \tan^2 \phi)$$

La ecuación queda:

$$-d\phi = h S \cos Az + C S^2 \operatorname{sen}^2 Az - h S^2 E \operatorname{sen}^2 Az$$

la ecuación final para la diferencia de latitudes entre los puntos A y B y con aplicación de un término correctivo será:

$$-d\phi = h S \cos Az + C S^2 \operatorname{sen}^2 Az + D d\phi + h S^2 E \operatorname{sen}^2 Az$$

Donde $D \sin^2 \theta$ es el término correctivo

$$D = (3 - 2e^2 \sin^2 \theta) \sin \varphi \cos \varphi / (1 - e^2 \sin^2 \theta)$$

La diferencia de longitudes es el ángulo formado entre dos meridianos que pasan por los puntos A y B, es igual a: $d\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$. En el triángulo ABP se tiene:

$$\frac{\sin d\lambda}{\sin \theta} = \frac{\sin(180 - \alpha)}{\cos \varphi}$$

$$\sin d\lambda = \frac{\sin \theta \sin \alpha}{\cos \varphi'}$$

de aquí que:

$$d\lambda = \frac{\theta \sin \alpha}{\cos \varphi'}$$

pero:

$$\theta = \frac{S}{N}$$

y dividiéndolo por el $\sin \theta$ se tiene:

$$d\lambda = \frac{S \sin \alpha \sec \varphi'}{N \sin \theta}$$

Haciendo:

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

se tiene:

$$d\lambda = AS \sin \alpha \sec \varphi' = C_1 + C_2$$

Formando en consideración que los lados de las triangulaciones topográficas no deben exceder de 20 km., es posible simplificar las ecuaciones para el cálculo de posiciones

geodésicas, despreciando los términos que no tengan influencia debido a su pequeño valor y se pueden simplificar como sigue:

$$-d\phi = B\cos Az + C'S\sin^2 Az$$

$$d\lambda = AS \sin Az \sec \phi'$$

Para pasar de coordenadas ortogonales a geodésicas, es necesario conocer la posición geodésica de uno de los vértices de la triangulación y referir a dicho punto las coordenadas de los demás vértices.

Teniendo por X y Y las coordenadas ortogonales de un vértice de la triangulación, y por ϕ y λ (latitud y longitud) geodésicas del origen topográfico, la longitud o distancia y azimut del lado considerado por estos dos vértices se expresan por las ecuaciones:

$$S = \frac{x}{\sin Az} = \frac{y}{\cos Az}$$

$$\tan Az = \frac{x}{y}$$

donde x e y son proyecciones.

Sustituyendo tenemos:

$$d\phi = By + Cx^2$$

$$d\lambda = xA \sec \phi'$$

estas determinan las diferencias de latitudes y longitudes que se sumarán al vértice origen con posición geodésica conocida y así obtener las coordenadas geodésicas del vértice.

En sentido inverso basta con despejar x e y de las fórmulas antes obtenidas y con estas obtener las coordenadas ortogonales también referidas a un punto o vértice origen:

$$x = \frac{d\lambda \cos \varphi'}{A}$$

$$y = \frac{d\varphi' + Cx^2}{B}$$

y para obtener la distancia y azimut entre los puntos A y B se calcula como sigue:

$$S = \sqrt{x^2 + y^2}$$

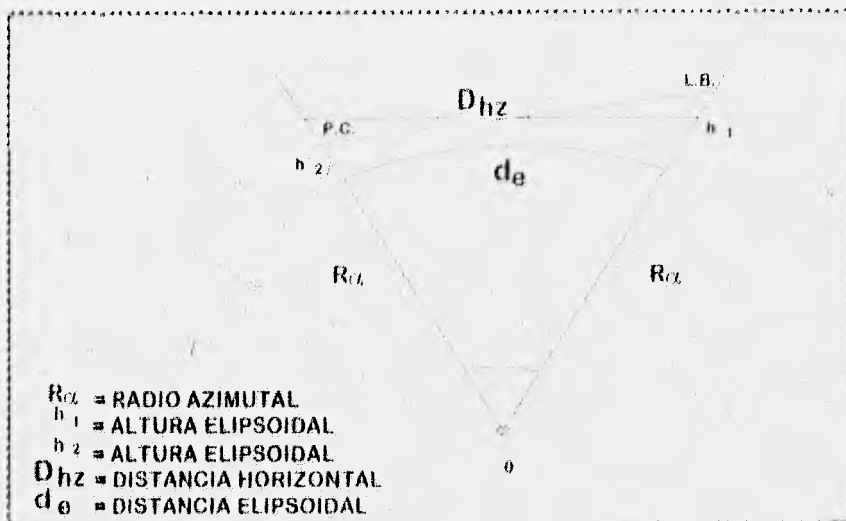
$$Az = \tan^{-1} \frac{x}{y}$$

Estas fórmulas se tendrán presentes para los cálculos posteriores en la transformación.

V.4.-CALCULO DE DISTANCIAS GEODESICAS A TOPOGRAFICAS Y VICEVERSA.

Este cálculo con las ecuaciones obtenidas y teniendo como datos las distancias elipsoidales se reduce a lo siguiente:

Si a partir de la distancia dada por $S = \sqrt{x^2 + y^2}$ que se obtiene de las coordenadas geodésicas, esta está proyectada al elipsoide de referencia. Se tiene que ampliar esta a la distancia horizontal del terreno. Y si R_{α} es el radio de una sección normal de azimut conocido que esta en función de la normal mayor y el radio meridiano se tiene lo siguiente:



De la figura:

D_{hz} es la distancia horizontal topográfica.

d_e es la distancia elipsoidal.

R_{α} es el radio de curvatura de una sección con azimut determinado.

h_m es la altura media (elipsoidal o S.N.M.M.).

Por relaciones tenemos:

$$\frac{d}{Ra} = \frac{D}{Ra + hm}$$

despejando D tenemos:

$$D = \frac{dRa + dhm}{Ra}$$

esta ecuación nos servirá para calcular la distancia topográfica a partir de las proyecciones ortogonales derivadas de las coordenadas geodésicas, teniendo en consideración la distancia obtenida por la fórmula $S = \sqrt{x^2 + y^2}$ y que las alturas pueden ser elipsoidales o S.N.M.M.(Sobre el Nivel Medio del Mar), pues la variación es muy pequeña.

En sentido inverso se puede utilizar la misma ecuación si en este caso se conoce ya Ra ; si no se procede a lo explicado en el capítulo anterior, que a partir de las diferenciales $d\phi$ y $d\lambda$ calcular las coordenadas ortogonales y con estos datos obtener la distancia.

TEMA VI.- FUNDAMENTACION

V.E.-METODOLOGIA

La metodología para obtener la transformación de distancias geodésicas a topográficas llevó a realizar un trabajo de comprobaciones, primeramente de gabinete y posteriormente de campo. Inicialmente se tomaron los datos proporcionados por I.N.E.G.I. de los Puntos de Control (P.C.) y Extremos de la Línea Base (L.B.) publicados en el Diario Oficial de la Federación el 27 de Junio de 1994, para realizar los cálculos de transformación en gabinete. Posteriormente se realizó una poligonal de tres vértices en la cual se apoyó en dos vértices de coordenadas conocidas (PC6129 y LB6130) ubicadas en la ciudad de Guanajuato, siendo ésta la comprobación de campo. Para obtener esta transformación se hizo lo siguiente:

- De dos vértices con coordenadas geodésicas conocidas se obtienen las diferenciales de φ y λ ($d\varphi$, $d\lambda$). Ésto es las diferencias de las latitudes y las longitudes de los vértices.
- De los datos de latitud φ_1 y φ_2 se calculan las normales N_1 y N_2 , así como los radios meridianos R_{m_1} y R_{m_2} .
- Con estos datos las constantes A, B y C se calculan para empezar a realizar la conversión.
- Estos datos se utilizan para obtener las coordenadas ortogonales mediante las ecuaciones siguientes:

$$-d\varphi = B\text{Scos}\alpha + C\text{S}^2\text{sen}^2\alpha$$

$$d\lambda = A\text{Ssen}\alpha\text{sec}\varphi$$

donde:

S es la distancia entre los puntos

de las cuales se despejara las proyecciones en x e y . Puesto que:

$$x = S \sin \alpha$$

$$y = S \cos \alpha$$

- Las proyecciones obtenidas servirán para calcular la distancia entre ambos puntos y el azimut.

- Se calcularán los radios con un azimut determinado en función de los radios meridianos R_{m1} y R_{m2} y las normales mayores N_1 y N_2 . Esta ecuación es la siguiente:

$$R_{\alpha} = (NR_{m1}) / (R_{m1} \sin^2 \alpha + N_1 \cos^2 \alpha)$$

- Una vez obtenido estos radios, se calculará el promedio de ambos radios.

- Se calcula el promedio de las alturas de ambos puntos.

- La distancia obtenida se transporta a la distancia horizontal del terreno, mediante la ecuación:

$$D = \frac{dR_{\alpha} + dh_m}{R_{\alpha}}$$

donde: d es la distancia ortogonal proyectada en el elipsoide.

R_{α} es el promedio del radio con azimut determinado.

h_m es la altura promedio de ambos puntos.

VI.2. COMPROBACIONES

Para verificar los resultados del cálculo de distancias por medio de la ecuación obtenida, se obtuvieron datos de distintos pares de puntos llamados Punto de Control y extremos de la Línea Base (PC's y LB's), del Diario Oficial de la Federación y de la Dirección de Minas, tales datos fueron las coordenadas latitud, longitud y altura elipsoidal (ϕ, λ, h) de los dos vértices.

Algunos ejemplos de estos cálculos son los siguientes:

Teniendo como valores iniciales los datos antes mencionados y las ecuaciones obtenidas en el capítulo anterior se calcularon las siguientes distancias y rumbos.

Mezquitillo, Nazas, Durango.

PC 2153	LB 2154
$\phi = 25^{\circ} 02' 22.9449''$	$\phi = 25^{\circ} 02' 52.1016''$
$\lambda = 104^{\circ} 17' 19.6487''$	$\lambda = 104^{\circ} 17' 31.7593''$
$h = 1684 \text{ m}$	$h = 1698 \text{ m}$
$N = 6,382,076.770$	$N = 6,382,079.115$
$Rm = 6,346,574.021$	$Rm = 6,346,581.016$
$A = 0.032319386$	$A = 0.032319374$
$B = 0.032500181$	$B = 0.032500145$
$C = 1.189901672 \text{ e }^{-9}$	$C = 1.189901673 \text{ e }^{-9}$

Donde N: es la normal mayor

Rm: es el radio meridiano

A, B, C: son constantes calculadas a partir del radio meridiano y la normal mayor

Con estos datos se calculan las diferenciales de latitud y longitud ($d\varphi$ y $d\lambda$), y con la siguiente fórmula se despeja x e y .

$$-d\varphi = B S \cos \alpha + C S^2 \sin^2 \alpha$$

$$d\lambda = A S \sin \alpha \sec \varphi$$

Sabiendo que:

$$x = S \sin \alpha$$

$$y = S \cos \alpha$$

que son proyecciones ortogonales en la superficie de referencia, se tiene sustituyendo y despejando lo siguiente:

$$y = \frac{(d\varphi + C x^2)}{B}$$

$$x = \frac{d\lambda \cos \varphi'}{A}$$

los valores obtenidos para este par de puntos es el siguiente:

$$y = 897.1284523$$

$$x = -339.476029$$

Que son las proyecciones ortogonales; la distancia a obtener se calcula de la siguiente manera:

$$S = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$S = 959.2097968 \text{ m}$$

Para el rumbo se calcula de la siguiente forma:

$$Az = \tan^{-1}(x/y)$$

$$Az = 339^{\circ}16'23.56''$$

$$Rbo = NW20^{\circ}43'36.44''$$

Teniendo estos datos se calcula el radio con azimut determinado Ra de los dos puntos con el mismo azimut y en función del radio meridiano y la normal mayor:

$$Ra = (NRm) \cdot (Rm \sin^2 Az + N \cos^2 Az)$$

$$Ra_{pc} = 6,350,999.223$$

$$Ra_{ts} = 6,351,005.641$$

Se obtiene el promedio de ambos:

$$Ra_{prom} = 6,351,002.432$$

Con esto y el promedio de las alturas elipsoidales se calcula la distancia horizontal sobre el terreno:

$$D = (dRa + dhm) / Ra$$

$$D = 959.4651933m$$

Que comparada con la distancia dada por I.N.E.G.I. da lo siguiente:

$$D = 959.4563m$$

dando una diferencia de: 0.0089m

TRANSFORMACION DE DISTANCIA GEODESICA A TOPOGRAFICA

ELIPSOIDE DE CLARKE DE 1866 -NAD27

ESTADO: DURANGO
MUNICIPIO: NAZAS
LUGAR: MEZQUITALILLO
NOTA:

COORDENADAS GEOGRAFICAS

VERTICE A

LATITUD NORTE	25 ° 2	22.9449 °
LONGITUD OESTE	104 ° 17	19.6437 °
ALTITUD SNMM		1634 m

VERTICE B

LATITUD NORTE	25 ° 2	52.1016 °
LONGITUD OESTE	104 ° 17	31.7593 °
ALTITUD SNMM		1698 m

RESULTADOS:

LINEA A-B

AZIMUTH	339 ° 16	21.76 °
DISTANCIA GEODESICA		959.2098 m
DISTANCIA TOPOGRAFICA		959.1652 m

Esto es el resumen de varios de los cálculos obtenidos para esta transformación y las comparaciones con los datos obtenidos de I.N.E.G.I.

1.- El Cardito, Zacatecas.

PC 7079	LB 7080
$\varphi = 24^{\circ} 25' 29.8210''$	$\varphi = 24^{\circ} 25' 59.9150''$
$\lambda = 101^{\circ} 46' 54.5706''$	$\lambda = 101^{\circ} 47' 26.5497''$
$h = 2280 \text{ m}$	$h = 2113 \text{ m}$
$N = 6,381,900.438$	$N = 6,381,902.814$
$Rm = 6,346,047.981$	$Rm = 6,346,055.069$
$A = 0.032320279$	$A = 0.032320267$
$B = 0.032502875$	$B = 0.032502839$
$C = 1.156475877 \text{ e } -9$	$C = 1.156922344 \text{ e } -9$

$$d\varphi = 0^{\circ} 00' 30.0940''$$

$$d\lambda = 0^{\circ} 00' 31.9791''$$

$$-d\varphi = B\text{Scos}\alpha + C\text{S}^2\text{sen}^2\alpha = By + Cx^2 \Rightarrow y = (d\varphi + Cx^2)/B$$

$$d\lambda = A\text{Ssen}\alpha \text{sec}\varphi' = -A\text{xsec}\varphi' \Rightarrow x = -(d\lambda \cos\varphi')/A$$

$$x = (-31.9791 \cos 24^{\circ} 25' 59.9150'')/0.032320279$$

$$x = -900.8325299$$

$$y = (30.0940 + ((1.156475877 \text{ e } -9)(900.8325299)^2))/0.032502875$$

$$y = 925.9161991$$

$$S = \sqrt{x^2 + y^2} = 1,291.828183 \text{ m}$$

$$Az = \tan^{-1} \frac{y}{x} = 315^{\circ}47'12,11''$$

$$Rb_0 = NW 44^{\circ}12'47,8894''$$

$$Rb_0 \text{ INEGI} = NW 44^{\circ}12'47,8699''$$

$$R\alpha_{b_0} = 0,363,431,549$$

$$R\alpha_{b_0} \text{ INEGI} = 0,363,436,359$$

$$R\alpha_{p_{0m}} = 0,363,433,955$$

$$D = (dR\alpha + dh_m) / R\alpha$$

$$D = 1,292,2741m$$

$$\text{Dist. INEGI} = 1,292,2530m$$

TRANSFORMACION DE DISTANCIA GEODESICA A TOPOGRAFICA

ELIPSOIDE DE CLARKE DE 1866 -NAD27

ESTADO: ZACATECAS
MUNICIPIO: MAZAPIL
LUGAR: EL CARDITO
NOTA:

COORDENADAS GEOGRAFICAS

VERTICE A

LATITUD NORTE	24 ° 25 "	29.8210 "
LONGITUD OESTE	101 ° 46 "	54.5706 "
ALTITUD SNMM		2280 m

VERTICE B

LATITUD NORTE	24 ° 25 "	59.9150 "
LONGITUD OESTE	101 ° 47 "	26.5497 "
ALTITUD SNMM		2113 m

RESULTADOS:

LINEA A-B

AZIMUT	315 ° 47 "	12.1106 "
DISTANCIA GEODESICA		1,291.8282 m
DISTANCIA TOPOGRAFICA		1,292.2741 m

PC 1001	LB 1002
$\phi = 28^{\circ} 14' 29.3909''$	$\phi = 28^{\circ} 13' 44.5141''$
$\lambda = 106^{\circ} 50' 01.7731''$	$\lambda = 106^{\circ} 49' 33.6788''$
$h = 2006.3 \text{ m}$	$h = 2284.3 \text{ m}$
$N = 6,383,045.163$	$N = 6,383,041.239$
$Rm = 6,349,463.475$	$Rm = 6,349,451.765$
$A = 0.03231448329$	$A = 0.03231450316$
$B = 0.03248539141$	$B = 0.03248545132$
$C = 1.366809881 \text{ e } -9$	$C = 1.366099955 \text{ e } -9$

$$d\phi = 0^{\circ} 00' 44.8768''$$

$$d\lambda = 0^{\circ} 00' 28.0943''$$

$$x = 765.9993585$$

$$y = -1,381.420881$$

$$S = 1,579.581802\text{m}$$

$$Az = 150^{\circ} 59' 29.7''$$

$$Rbo = SE 29^{\circ} 00' 30.2953''$$

$$Rbo. INEGI = SE 29^{\circ} 00' 30.3224''$$

$$R\alpha_{prom} = 6.357,323.950$$

$$D = 1,580.1148\text{m}$$

$$Dist. INEGI = 1,580.0806\text{m}$$

TRANSFORMACION DE DISTANCIA GEODESICA A TOPOGRAFICA

ELIPSOIDE DE CLARKE DE 1866 -NAD27

ESTADO: CHIHUAHUA
MUNICIPIO: CUSHUIRIACHIC
LUGAR: SAN BARTOLO
NOTA:

COORDENADAS GEOGRAFICAS

VERTICE A

LATITUD NORTE	28 ° 14	29.3909 "
LONGITUD OESTE	106 ° 50	1.7731 "
ALTITUD SNMM		2006.3 m

VERTICE B

LATITUD NORTE	28 ° 13	44.5141 "
LONGITUD OESTE	106 ° 49	33.6788 "
ALTITUD SNMM		2284.3 m

RESULTADOS:

LINEA A-B

AZIMUT	150 ° 30	29.7047 "
DISTANCIA GEODESICA		1,579.5818 m
DISTANCIA TOPOGRAFICA		1,580.1148 m

3.- San Javier de Arriba, Sinaloa

PC 2059	LB 2060
$\phi = 25^{\circ} 57' 50.0057''$	$\phi = 25^{\circ} 57' 14.4162''$
$\lambda = 107^{\circ} 20' 35.1282''$	$\lambda = 107^{\circ} 21' 19.1842''$
$h = 746 \text{ m}$	$h = 741 \text{ m}$
$N = 6,382,347.871$	$N = 6,382,344.934$
$Rm = 6,347,382.834$	$Rm = 6,347,374.070$
$A = 0.03231801375$	$A = 0.03231802862$
$B = 0.03249603997$	$B = 0.032496084$
$C = 1.239671824 \text{ e}^{-9}$	$C = 1.239130738 \text{ e}^{-9}$

$$d\phi = -0^{\circ} 00' 35.5895''$$

$$d\lambda = -0^{\circ} 00' 44.0560''$$

$$x = -1,225.717704$$

$$y = -1,095.137671$$

$$S = 1,643.688051$$

$$Az = 228^{\circ} 13' 13.01''$$

$$Rbo = SW 48^{\circ} 13' 13.0093''$$

$$Rbo. INEGI = SW 48^{\circ} 13' 13.0322''$$

$$R\alpha_{prom} = 6,366,776.210$$

$$D = 1,643.8800\text{m}$$

$$\text{Dist. INEGI} = 1,643.8980\text{m}$$

TRANSFORMACION DE DISTANCIA GEODESICA A TOPOGRAFICA

ELIPSOIDE DE CLARKE DE 1866 -NAD27

ESTADO: SINALOA
MUNICIPIO: BADIRAGUATO
LUGAR: SAN JAVIER DE ARRIBA
NOTA:

COORDENADAS GEOGRAFICAS

VERTICE A

LATITUD NORTE	25 °	57 "	30.0057 "
LONGITUD OESTE	107 °	20 "	35.1282 "
ALTITUD SNMM			746 m

VERTICE B

LATITUD NORTE	25 °	57 "	14.4162 "
LONGITUD OESTE	107 °	21 "	19.1842 "
ALTITUD SNMM			741 m

RESULTADOS:

LINEA A-B

AZIMUT	228 °	13 "	13.0093 "
DISTANCIA GEODESICA			1,643.6881 m
DISTANCIA TOPOGRAFICA			1,643.8800 m

4.- Cocula, Jalisco.

PC 3109	LB 3110
$\varphi = 20^{\circ} 20' 54.3296''$	$\varphi = 20^{\circ} 20' 15.6282''$
$\lambda = 103^{\circ} 49' 40.4563''$	$\lambda = 103^{\circ} 49' 39.4288''$
$h = 1389 \text{ m}$	$h = 1322.9 \text{ m}$
$N = 6,380,818.066$	$N = 6,380,815.423$
$R_m = 6,342,819.655$	$R_m = 6,342,811.772$
$A = 0.03232576201$	$A = 0.032325775$
$B = 0.03251941841$	$B = 0.032519458$
$C = 9.45063249 \text{ e } -10$	$C = 9.445209672 \text{ e } -10$

$$d\varphi = -0^{\circ} 00' 33.7014''$$

$$d\lambda = 0^{\circ} 00' 01.0275''$$

$$x = 29.80428652$$

$$y = -1,190.101209$$

$$S = 1,190.474352$$

$$Az = 178^{\circ} 33' 55.49''$$

$$R_{bo} = SE 1^{\circ} 26' 04.5109''$$

$$R_{bo, INEGI} = SE 1^{\circ} 26' 04.5120''$$

$$R_{a_{prom}} = 6,342.835.450$$

$$D = 1,190.7288\text{m}$$

$$\text{Dist. INEGI} = 1,190.7349\text{m}$$

TRANSFORMACION DE DISTANCIA GEODESICA A TOPOGRAFICA

ELIPSOIDE DE CLARKE DE 1866 -NAD27

ESTADO: JALISCO
MUNICIPIO: COCULA
LUGAR: CASA BLANCA
NOTA:

COORDENADAS GEOGRAFICAS

VERTICE A

LATITUD NORTE	20	°	20	54.3296	"	
LONGITUD OESTE	103	°	49	40.4563	"	
ALTITUD SNMM					1389.0	m

VERTICE B

LATITUD NORTE	20	°	20	15.6282	"	
LONGITUD OESTE	103	°	49	39.4288	"	
ALTITUD SNMM					1322.0	m

RESULTADOS:

LINEA A-B

AZIMUT	178	°	33	53.4891	"	
DISTANCIA GEODESICA					1,190.4744	m
DISTANCIA TOPOGRAFICA					1,190.7288	m

5.- Comala Candelaria, Oaxaca

PC 5067	LB 5068
$\varphi = 15^{\circ} 51' 43.9536''$	$\varphi = 15^{\circ} 51' 09.2344''$
$\lambda = 96^{\circ} 28' 39.5413''$	$\lambda = 96^{\circ} 27' 54.8610''$
$h = 426.7$ m	$h = 299.6$ m
$N = 6,379,819.622$	$N = 6,379,817.710$
$Rm = 6,339,842.625$	$Rm = 6,339,836.926$
$A = 0.03233082101$	$A = 0.03233083$
$B = 0.03253468871$	$B = 0.032534717$
$C = 7.245153122 e^{-10}$	$C = 7.240523567 e^{-10}$

$$d\varphi = 0^{\circ} 00' 34.7192''$$

$$d\lambda = 0^{\circ} 00' 44.6803''$$

$$x = 1,329.412866$$

$$y = -1,067.704709$$

$$S = 1,704.714354$$

$$Az = 128^{\circ} 45' 13.03''$$

$$Rbo = SE 51^{\circ} 14' 46.9702''$$

$$Rbo. INEGI = SE 51^{\circ} 14' 46.9848''$$

$$R\alpha_{pm} = 6,364,093.335$$

$$D = 1,704.8116m$$

$$Dist. INEGI = 1,704.7946$$

TRANSFORMACION DE DISTANCIA GEODESICA A TOPOGRAFICA

ELIPSOIDE DE CLARKE DE 1866 -NAD27

ESTADO: OAXACA
MUNICIPIO: CANDELARIA LOXICHA
LUGAR: COMALA
NOTA:

COORDENADAS GEOGRAFICAS

VERTICE A

LATITUD NORTE	15 ° 51	43.9536 "
LONGITUD OESTE	96 ° 28	39.5413 "
ALTITUD SNMM		426.7 m

VERTICE B

LATITUD NORTE	15 ° 51	9.2344 "
LONGITUD OESTE	96 ° 27	54.8610 "
ALTITUD SNMM		299.6 m

RESULTADOS:

LINEA A-B

AZIMUT	128 ° 45	13.0298 "
DISTANCIA GEODESICA		1,704.7144 m
DISTANCIA TOPOGRAFICA		1,704.8116 m

6.- Mazapil, Zacatecas.

PC 8007	LB 8008
$\varphi = 24^{\circ} 13' 41.3921''$	$\varphi = 24^{\circ} 12' 52.1958''$
$\lambda = 102^{\circ} 09' 35.6975''$	$\lambda = 102^{\circ} 08' 40.8777''$
$h = 1840.4 \text{ m}$	$h = 1770.15 \text{ m}$
$N = 6,381,844.685$	$N = 6,381,840.826$
$Rm = 6,345,881.663$	$Rm = 6,345,870.150$
$A = 0.03232056191$	$A = 0.032320581$
$B = 0.03250372718$	$B = 0.032503786$
$C = 1.145982384 \text{ e}^{-9}$	$C = 1.145254847 \text{ e}^{-9}$

$$d\varphi = -0^{\circ} 00' 49.1963''$$

$$d\lambda = 0^{\circ} 00' 54.8198''$$

$$x = 1,546.896193$$

$$y = -1,513.474363$$

$$S = 2,164.137814$$

$$Az = 134^{\circ} 22' 27.5''$$

$$Rbo = SE 45^{\circ} 37' 32.4962''$$

$$Rbo. INEGI = SE 45^{\circ} 37' 32.5266''$$

$$Ra_{prom} = 6,364,201.275$$

$$D = 2,164.7517 \text{ m}$$

$$\text{Dist. INEGI} = 2164.7298 \text{ m}$$

Con estas observaciones se procedió a elaborar una comprobación de campo que nos lleve a una conclusión final.

TRANSFORMACION DE DISTANCIA GEODESICA A TOPOGRAFICA

ELIPSOIDE DE CLARKE DE 1866 -NAD27

ESTADO: ZACATECAS
MUNICIPIO: MAZAPIL
LUGAR: NUEVO MERCURIO
NOTA:

COORDENADAS GEOGRAFICAS

VERTICE A

LATITUD NORTE	24 ° 13 ' 41.3921 "
LONGITUD OESTE	102 ° 09 ' 35.6973 "
ALTITUD SNMM	1840.4 m

VERTICE B

LATITUD NORTE	24 ° 12 ' 52.1958 "
LONGITUD OESTE	102 ° 08 ' 40.8777 "
ALTITUD SNMM	1770.13 m

RESULTADOS:

LINEA A-B

AZIMUT	134 ° 22 ' 27.5038 "
DISTANCIA GEODESICA	2,164.1378 m
DISTANCIA TOPOGRAFICA	2,164.7517 m

VL3-COMPROBACION DE CAMPO

Con objeto de comprobar las mediciones hechas con receptores G.P.S. en posicionamientos diferenciales y compararlo con una estación total (teodolito con distanciómetro integrado en el eje óptico de la lente) en un levantamiento, se procedió a realizar las mediciones de un triángulo apoyados en el punto de control número 6129 y el extremo de su línea base número 6130 y un punto auxiliar que le llamaremos punto "A" ubicados en la ciudad de Guanajuato, estado de Guanajuato.

La estación total que se utilizó para este levantamiento fue la Wild TC1100 y con la cual se hicieron estaciones en cada uno de los vértices y se midieron tres series de ángulos y distancias en sentido directo e inverso, además las distancias se midieron ida y vuelta. El azimut inicial se tomó el de la línea base PC6129-LB6130 que proporciona I.N.E.G.I. en la Subred Geodésica Minera, este azimut es $352^{\circ} 15' 49''$.

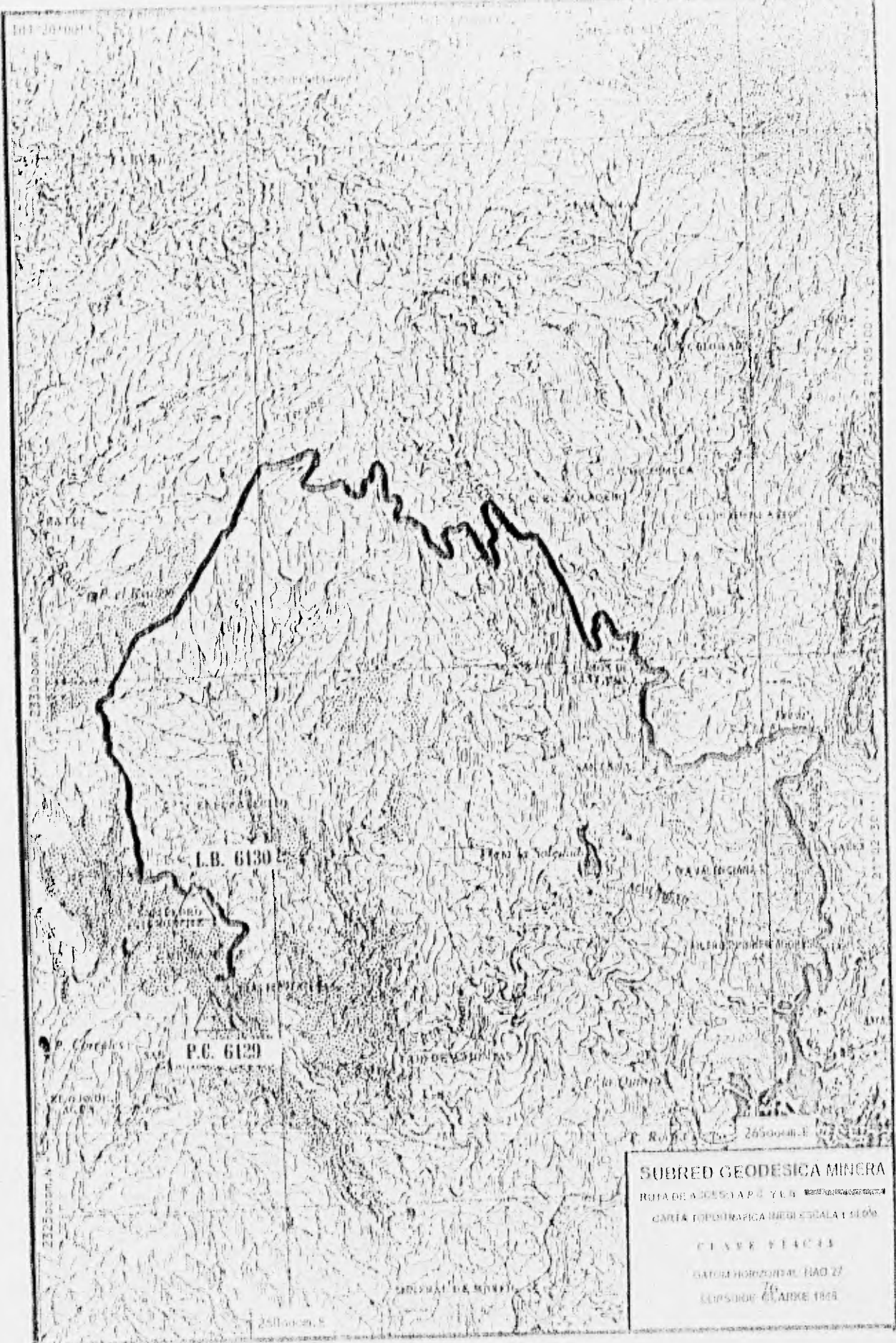


El G.P.S. utilizado fue el sistema 200 que es equipo de primer orden. Los posicionamientos fueron diferenciales en cada uno de los tres lados y con tiempos de ocupación de 30 minutos para cada sesión. Estos posicionamientos diferenciales se hicieron de la siguiente manera:

- a) Estando en el PC con un equipo y en el LB con otro, se realizó la observación.
- b) Después el equipo en el PC se cambió al punto "A" y el equipo en LB continuo en la misma estación haciéndose la observación.
- c) La estación en LB se cambió al PC y el del punto "A" se quedó en la misma posición haciéndose también la observación.

Se anexan los datos del software del G.P.S. llamado SKY de donde se compenso la poligonal y el error en cierre angular fue 0 y de los cuales se obtuvieron los datos para la conversión de distancias y azimutes.

En ambos levantamientos no se tomaron en cuenta los factores atmosféricos. Los cálculos de cierre y diferencias se detallarán en el siguiente tema.



SUBRED GEODESICA MINERA
 REGIA DE AGRICULTURA Y C. S. A.
 CARTA TOPOGRAFICA INGENIERAL ESCALA 1:50,000
 CLAVE FIAC 43
 DATUM HORIZONTAL: IAD 27
 ELLIPSOIDE: CLAUDE 1881

250000:1



INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA
GEOGRÁFICA E INFORMÁTICA

SUBRED GEODÉSICA MINERA

PUNTO DE CONTROL: 6129

SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS)

ABBREVIACION DEL P.C.: CUANABATO, CUANABATO

RECEPTOR MODELO: GEODESIGN 40055 (LEICA) RECEPTOR N° SERIE: 05205195 ANTENA II SERIE: 3012600127

DATEM: NAD83

ELIPSOIDE: CLARKE 1866

COORDENADAS GEOGRAFICAS

COORDENADAS U.T.M.

LATITUD

LONGITUD

MERIDIANO CENTRAL: 99° 00'

P.C.

Y

X

6129 21° 01' 31.6030"

101° 48' 56.8980"

2326797.2693 m

259338.0935 m

L.B.

6130 21° 02' 11.6987"

101° 49' 01.8833"

2327960.9577 m

259207.0970 m

DISTANCIA HORIZONTAL P.C. - L.B.

RUMBO GEOGRAFICO P.C. - L.B.

10615.93 m

7° 44' 19.5931" HW

COORDENADAS ORTOGONALES DE L.B.

Y

X

2327807.0920 m

259191.4084 m

DATEM: IRI 92 EPOCA 1980 9

ELIPSOIDE: GRS80

COORDENADAS GEOGRAFICAS

COORDENADAS U.T.M.

LATITUD

LONGITUD

MERIDIANO CENTRAL: 99° 00'

P.C.

Y

X

6129 21° 01' 40.5916"

101° 48' 57.1702"

2326995.8648 m

259309.8676 m

L.B.

6130 21° 02' 15.6766"

101° 49' 02.2867"

2328007.5634 m

259177.9759 m

DISTANCIA HORIZONTAL P.C. - L.B.

RUMBO GEOGRAFICO P.C. - L.B.

10094.6751 m

7° 44' 19.9781" HW

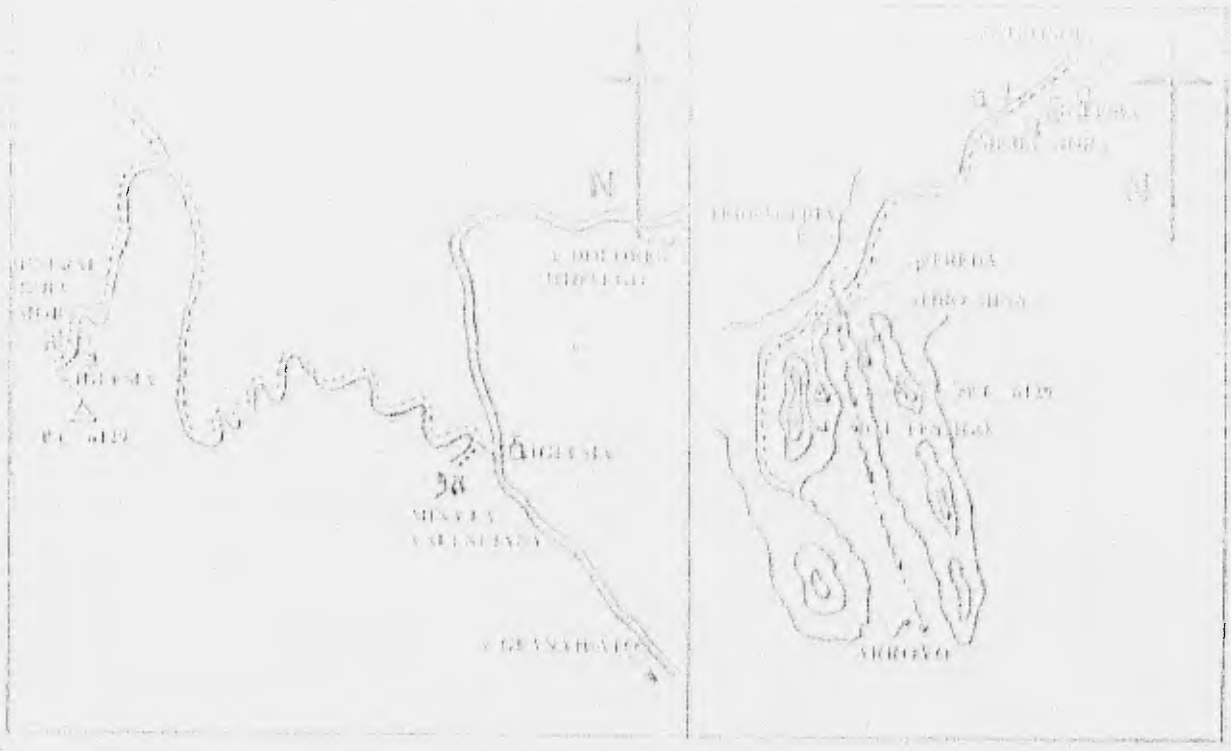
COORDENADAS ORTOGONALES DE L.B.

Y

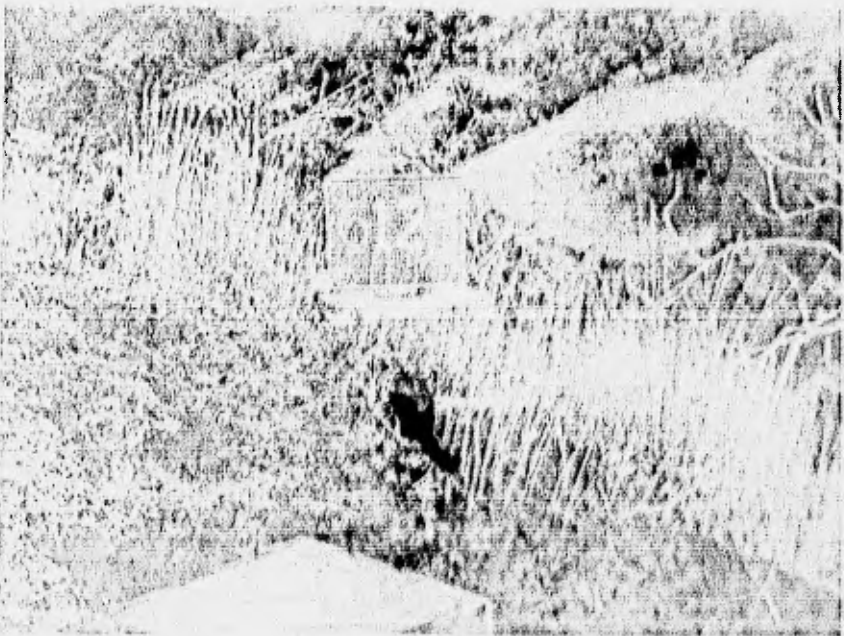
X

2328006.1059 m

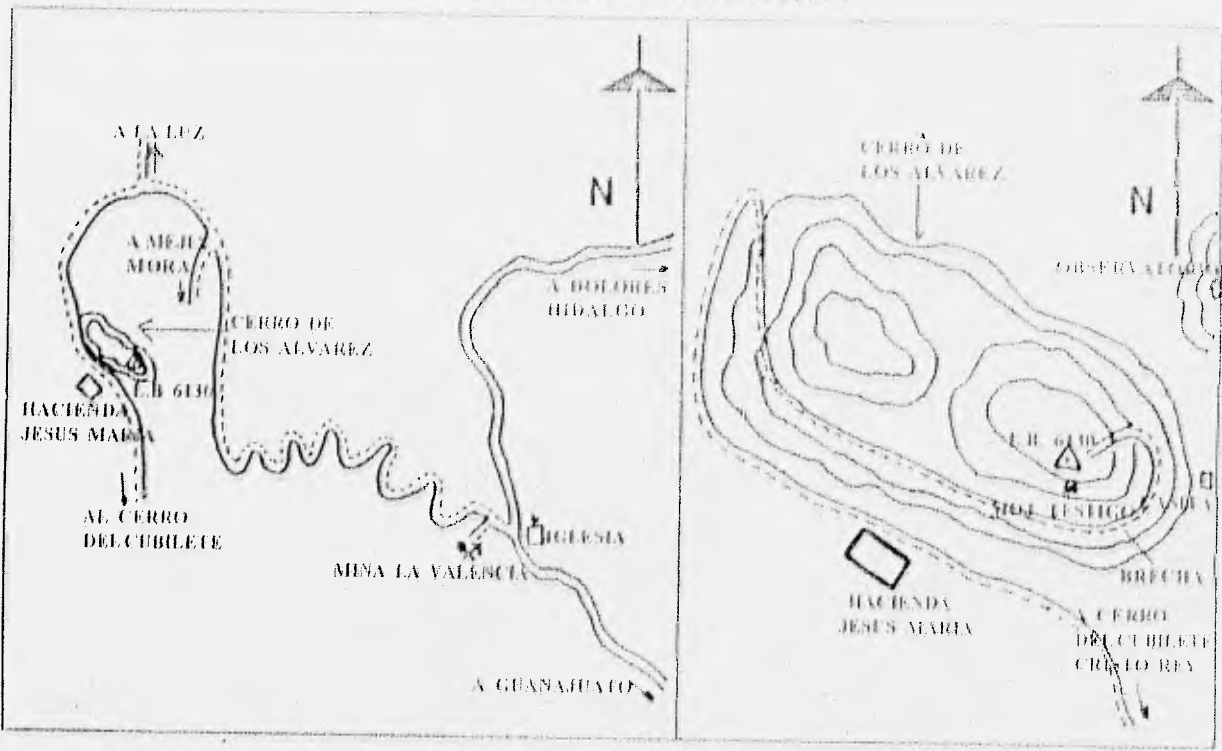
259107.9929 m



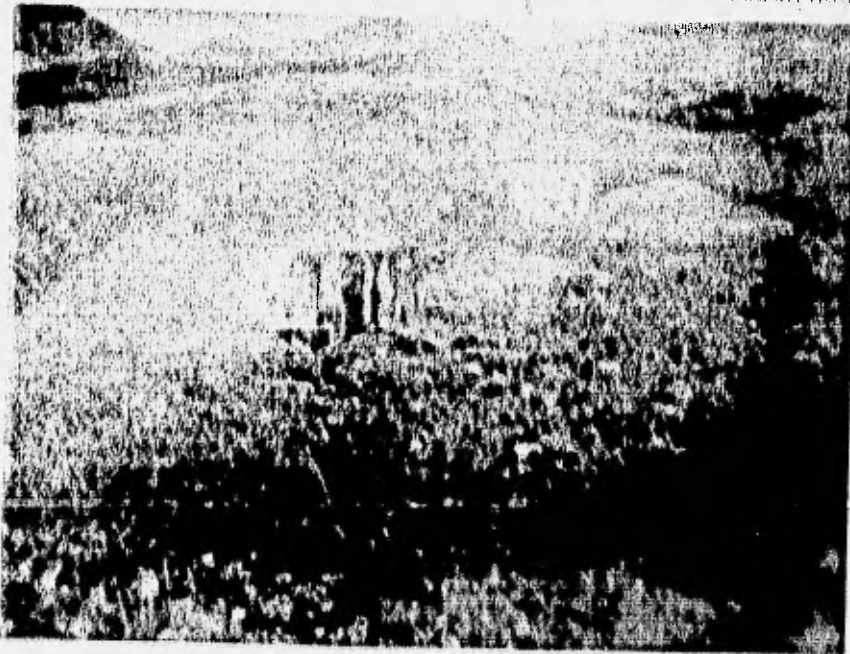
A PARTIR DE LA IGLESIA INDICADA EN EL CRUCE DE LA CARRETERA GUANAJUATO-GOLOSRES HIDALGO CON LA TERRASERIA HACIA LA MINA LA VALLEJAS Y EL CRISTOPOL, RECORRER 100 M. HASTA UNA BIFURCACION. TOMAR A LA DERECHA Y AVANZAR 4.8 KM. HASTA OTRA BIFURCACION. SEGUIR POR LA IZQUIERDA 10.3 KM. HASTA OTRA BIFURCACION. CONTINUAR POR LA IZQUIERDA 500 M. CON DIRECCION AL OBSERVATORIO A OTRA RAMIFICACION VIRAR A LA DERECHA Y AVANZAR 900 M. HASTA OTRO RAMAL. SEGUIR POR LA IZQUIERDA 900 M. A ENCONTRAR LA SIGUIENTE BIFURCACION. VOLTEAR A LA DERECHA Y RECORRER 600 M. HASTA LA IGLESIA DEL POBLADO DE MINERAL DE MEHA MORA. CONTINUAR AL SE. POR 600 M. DEJAR EL VEHICULO PARA CONTINUAR A PIE CON DIRECCION SE. POR 300 M. APROXIMADAMENTE A ENCONTRAR EL PG 6129.



MOLINERA DEL PUNTO DE CONTROL 6129 Y 64 TESTIGO



A PARTIR DE LA IGLESIA UBICADA EN EL CRUCERO DE LA CARRETERA GUANAJUATO-DOLORES HIDALGO CON LA TERRACERIA HACIA LA MINA LA VALENCIANA Y EL CRISTO REY, RECORRER 300 M. HASTA UNA BIFURCACION TOMAR A LA DERECHA Y AVANZAR 3.8 KM. A OTRA BIFURCACION SEGUIR POR LA IZQUIERDA 10.3 KM. HASTA OTRO RAMAL. CONTINUAR A LA IZQUIERDA 500 M. A OTRA RAMIFICACION SEGUIR A LA DERECHA POR 950 M. RUMBO A CRISTO REY A ENCONTRAR UN ENTRONQUE. VIRAR A LA IZQUIERDA Y AVANZAR 850 M. A LLEGAR A UNA BIFURCACION, SEGUIR POR LA DERECHA, HASTA UNA CASA RUSTICA DE BLOQUE. CONTINUAR POR 100 M. CON DIRECCION ESTE, VOLTEAR A LA DERECHA A 200 M. Y AVANZAR A LLEGAR A LA CIMA DEL CERRO DE LOS ALVAREZ, DONDE SE ENCUENTRA LA LB 6130. EL VEHICULO LLEGA HASTA LA MOJONERA



MOJONERA DE LA LINEA BASE 6130 Y SU TESTIGO

580

#

#

SC
DC

ESTADO DE GUANAJUATO
SECRETARIA DE ECONOMIA Y DESARROLLO

GE_PS PROJECT SETTINGS #
#####

Processing software : Leica SFT / Data processing version 1.09
General header : SERVICIOS INDUSTRIALES PENOLES, S.A. DE C.V.
Project name : TRIANGULO EN GUANAJUATO
Coordinate system : WGS84
Time : All results in local time (GPS -6.00 hrs)

GE_PP PROCESSING PARAMETERS #
#####

Cut-off angle (deg) : 15
Tropospheric model : Hopfield
Ionospheric model : Standard
Ephemeris : Broadcast
Data used : Use Code and Phase
Frequency : L1
Limit to resolve ambiguities (km) : 20
a priori rms (mm) : 10
Sampling rate for static (sec) : Use all
Receiver clock offset (microsec) : 1
Clock synchronization (microsec) : 1
Phase processing : Automatic
Code processing : L1
Cycle slip detection : Phase check & loss lock flag
No of epochs for initialization (epoch) : 25
Update rate for static (epoch) : 25
Update rate for kinematic (epoch) : 1
Initialize SGS/KIS with known coord : No
Minimum time to fix amb - AROF (sec) : 200

GE_SS SATELLITE SELECTION #
#####

Manually disabled satellites : None

GE_BO BASELINE OVERVIEW #
#####

Total no of baselines computed : 3

BL id	CH id	Rover	Reference	First common ep	Amb Frq	Obs Mod
-------	-------	-------	-----------	-----------------	---------	---------

1	1	A	LB6130	14/12/95 02:18:45 PMY	1	STS
2	2	LB6130	PC6129	14/12/95 01:01:30 PMY	1	STS
3	3	PC6129	A	14/12/95 01:52:15 PMY	1	STS

 # GE_IC INITIAL COORDINATES #
 #####

Reference :

Point id : A

X	-1168593.1412	m	Y	-5842257.1198	m	Z	2275373.2371	m
Lat	21 01 50.01047	N	Lon	101 18 40.56787	W	h	2284.7360	m

Point id : LB6130

X	-1169156.1915	m	Y	-5841833.1501	m	Z	2276064.4974	m
Lat	21 02 14.54107	N	Lon	101 12 2.56200	W	h	2247.9200	m

Point id : PC6129

X	-1169089.3056	m	Y	-5842291.4062	m	Z	2275112.7959	m
Lat	21 01 40.58160	N	Lon	101 18 57.17820	W	h	2313.5130	m

Rover :

Point id : A

X	-1168593.1412	m	Y	-5842257.1198	m	Z	2275373.2371	m
Lat	21 01 50.01047	N	Lon	101 18 40.56787	W	h	2284.7360	m

Point id : LB6130

X	-1169156.1915	m	Y	-5841833.1501	m	Z	2276064.4974	m
Lat	21 02 14.54307	N	Lon	101 19 2.56200	W	h	2247.9200	m

Point id : PC6129

X	-1169089.3056	m	Y	-5842291.4062	m	Z	2275112.7959	m
Lat	21 01 40.58160	N	Lon	101 18 57.17820	W	h	2313.5130	m

CH.1 ===== NEW STATIC CHAIN =====

 # BL.1 A LB6130 14/12/95 02:18:45 PM #
 #####

BL_SE.1 START / END (COMMON) EPOCHS

 14/12/95 02:18:45 PM to 14/12/95 02:47:45 PM

BL_01.1 OPERATION INFORMATION

	Rover	Reference
Point id	A	EB6130
Sensor/Controller id	096372/067303	096370/-----
Operation mode	STS	STS
Observation rate (s)	15.0	15.0
Ht reading/Ant offset (m)	1.275 /0.389	1.491 /0.389
Eccentricity E/N/H (m)	0.000 /0.000 /0.000	0.000 /0.000 /0

BL_PL.1 PROCESSING INFORMATION

Number of observations rejected : 0
 Number of observations used : 1170
 Total number of parameters : 237
 Epoch independent parameters : 3
 Rms of weight unit : .0016 m

BL_FS.1 FARA STATISTICS

Ambiguities to be resolved :

-----Svid-----	Ref Svid	-----Carrier-----	-----Wavelength factor-----
14	22	1	1
15	22	1	1
25	22	1	1
29	22	1	1

----- FARA ----- Iteration : 1 -----

NUMBER OF AMBIGUITY SETS= 1296.
 RMS ACTUALLY COMPUTED = 226.

#	RMS	RMS/RMS1	AMBIGUITIES			
1	.002	1.000	-2	1	-3	-3
2	.004	2.662	-3	-1	-2	-4
3	.005	2.940	-1	1	-3	-2
4	.005	3.074	-1	3	-2	-1
5	.005	3.087	-1	3	-4	-2
6	.005	3.113	-3	1	-3	-4
7	.005	3.142	-1	2	-3	-2
8	.005	3.197	-4	-1	-2	-5
9	.006	3.408	0	3	-4	-1
10	.006	3.454	-3	-1	-4	-5

 * LARA Summary Iteration : 1 *

rms a priori : 10.0 [mm] rms float : 1.7 [mm]
 Error prob. alpha : 5.000 [%]
 Probability that (rms float < rms a priori) : 100.000 [%]

 rms fix 1 : 1.6 [mm]
 Error prob. alpha : 5.000 [%]
 Probability that (rms fix 1 < rms a priori) : 100.000 [%]

 Error prob. alpha : .001 [%]
 Probability that (rms fix 1 < rms fix 2) : 100.000 [%]

 * Ambiguity Resolution successful *

Number of epochs with GDOP <= 8 : 117
 Total number of common epochs : 117

 Observation time (GDOP <= 8) : 1740. sec
 Recommendation : --- sec

 BL_CS.1 CYCLE SLIP INFORMATION

Total no of cycle slips : 0

 BL_FC.1 FINAL COORDINATES

Rov:A Ref:LB6130 Amb:Y 14/12/95 02:18:45 PM
 Cartesian :
 X -1168602.6841 m Y -5842194.3903 m Z 2275296.7962 m
 dX 553.5074 m dY -361.2402 m dZ -767.7012 m
 sX 0.0003 m sY 0.0005 m sZ 0.0004 m
 Geodetic :
 Lat 21.01 48.38700 N Lon 101 18 41.31779 W h 2201.6376 m
 dLat 26.15606 dLon 21.24421 dh -46.2824 m
 sLat 0.0003 m sLon 0.0003 m sh 0.0006 m
 Distance :
 Slope 1013.0301 m sSlope 0.0003 m

 BL_VC.1 VARIANCE-COVARIANCE MATRIX

a posteriori rms : 0.0016 m
 Co-factor matrix (upper triangle) :

QX QZ Q3
 +1.5515195E+002 +1.20020244E+002 +1.0118994E+002
 Q7
 +9.9214800E+002
 Q2
 +5.7662055E+002

CH.2 ----- NEW STATIC CHAIN -----

 # BL.2 LB6130 PC6129 14/12/95 01:01:30 PM #
 #####

BL_SE.2 START / END (COMMON) EPOCHS

 14/12/95 01:01:30 PM to 14/12/95 01:30:15 PM

BL_OI.2 OPERATION INFORMATION

	Rover	Reference
Point id	LB6130	PC6129
Sensor/Controller id	096878/-----	096872/097308
Operation mode	STS	STS
Observation rate (s)	15.0	15.0
Ht reading/Ant offset (m)	1.491 /0.389	0.287 /0.389
Eccentricity E/N/H (m)	0.000 /0.000 /0.000	0.000 /0.000 /0

BL_PI.2 PROCESSING INFORMATION

Number of observations rejected : 0
 Number of observations used : 1160
 Total number of parameters : 235
 Epoch independent parameters : 3
 Rms of weight unit : .0014 m

BL_FS.2 FARA STATISTICS

Ambiguities to be resolved :
 -----Svid-----Ref Svid-----Carrier-----Wavelength factor-----
 1 25 1 1
 15 25 1 1
 22 25 1 1
 14 25 1 1

----- FARA ----- Iteration # 1 -----

NUMBER OF AMBIGUITY SETS= 1296.
 RMS ACTUALLY COMPUTED = 320.

#	RMS	RMS/EDGE	AMBIGUITIES			
1	.001	1.000	4	4	4	8
2	.004	2.711	6	1	5	5
3	.004	2.757	5	1	5	7
4	.004	3.035	4	5	4	9
5	.004	3.183	4	3	4	7
6	.005	3.233	5	4	5	8
7	.005	3.335	4	4	1	9
8	.005	3.348	3	5	1	9
9	.005	3.355	6	1	4	6
10	.005	3.822	1	5	2	10

* FARA Summary

Iteration : 1 *

rms a priori : 10.0 [mm] rms float : 1.4 [mm]
 Error prob. alpha : 5.000 [%]
 Probability that (rms float < rms a priori) : 100.000 [%]

rms fix 1 : 1.4 [mm]
 Error prob. alpha : 5.000 [%]
 Probability that (rms fix 1 < rms a priori) : 100.000 [%]

Error prob. alpha : .001 [%]
 Probability that (rms fix 1 < rms fix 2) : 100.000 [%]

* Ambiguity Resolution successful *

Number of epochs with GDOP =< 8 : 116
 Total number of common epochs : 116

Observation time (GDOP =< 8) : 1725 sec
 Recommendation : --- sec

BL_CS.2 CYCLE SLIP INFORMATION

Total no of cycle slips : 0

BL_FC.2 FINAL COORDINATES

ROY:LIB0110 Ref:PC6129 SBDIT 14/12/95 01:01:30 PM

Cartesian :

X	-1169178.5351	m	Y	-5841929.7109	m	Z	2276158.7042	m
dX	-87.3295	m	dY	311.6953	m	dZ	1045.9083	m
sX	0.0002	m	sY	0.0006	m	sZ	0.0003	m

Geodetic :

Lat	31 02 15.67259	N	Lon	101 19 3.25687	W	h	2419.5964	m
dLat	35.09599		dLon	5.07857		dh	106.0834	m
sLat	0.0002	m	sLon	0.0002	m	sh	0.0006	m

Distance :

Slope 1094.8457 m sSlope 0.0002 m

BL_VC.2 VARIANCE-COVARIANCE MATRIX

a posteriori rms : 0.0014 m

Co-factor matrix (upper triangle) :

	qx	qy	qz
qx	+2.9768318E-002	+4.1046415E-002	-1.5080748E-002
qy		+1.7829233E-001	-6.0104198E-002
qz			+4.0493008E-002

CH.3 ===== NEW STATIC CHAIN =====

```

#####
# BL.3 PC6129 A 14/12/95 03:52:15 PM #
#####
  
```

BL_SE.3 START / END (COMMON) EPOCHS

14/12/95 03:52:15 PM to 14/12/95 04:22:00 PM

BL_OI.3 OPERATION INFORMATION

	Rover	Reference
Point id	PC6129	A
Sensor/Controller id	096878/-----	096872/097308
Operation mode	STS	STS
Observation rate (s)	15.0	15.0
Ht reading/Ant offset (m)	0.298 /0.389	1.133 /0.389
Eccentricity E/N/H (m)	0.000 /0.000	0.000 /0.000 /0

BL_PI.3 PROCESSING INFORMATION

Number of observations rejected :	0
Number of observations used :	1340
Total number of parameters :	243
Epoch independent parameters :	3
Rms of weight unit :	.0017 m

BL_13.1 FARA STATISTICS

Ambiguities to be resolved :

SVID	Ref	SVID	Carrier	Wavelength	Factor
28		14	1		1
18		14	1		1
22		14	1		1
29		14	1		1
31		14	1		1

----- FARA ----- Iteration : 1 -----

NUMBER OF AMBIGUITY SETS= 7776.
 RMS ACTUALLY COMPUTED = 1653.

#	RMS	RMS/RMS1	AMBIGUITIES
1	.002	1.000	-253 9 6 4 1
2	.004	2.496	-255 9 4 3 2
3	.005	2.756	-251 9 8 5 4
4	.006	3.287	-251 10 8 5 4
5	.006	3.733	-250 10 9 5 5
6	.007	4.007	-255 8 4 3 2
7	.007	4.180	-255 9 5 4 1
8	.007	4.296	-251 7 6 3 5
9	.007	4.378	-251 9 7 4 5
10	.008	4.499	-253 10 6 4 3

 * FARA Summary Iteration : 1 *

rms a priori : 10.0 [mm] rms float : 1.7 [mm]
 Error prob. alpha : 5.000 [%]
 Probability that (rms float < rms a priori) : 100.000 [%]

 rms fix 1 : 1.7 [mm]
 Error prob. alpha : 5.000 [%]
 Probability that (rms fix 1 < rms a priori) : 100.000 [%]

 Error prob. alpha : .001 [%]
 Probability that (rms fix 1 < rms fix 2) : 100.000 [%]

 * Ambiguity Resolution successful *

Number of epochs with GDOP <= 3 : 120
 Total number of common epochs : 120
 Observation time (GDOP <= 3) : 1785 sec
 Recommendation : --- sec

BL_CS.3 CYCLE SLIP INFORMATION

Total no of cycle slips : 4

Time	time from start (sec)	SV id	freq	slip value (cycle)	fraction (cycle)
14/12/95 03:58:30 PM	375	18	1	300.0	-0.074
14/12/95 03:58:30 PM	375	22	1	243.0	0.029
14/12/95 03:58:30 PM	375	29	1	129.0	0.327
14/12/95 03:58:30 PM	375	31	1	245.0	0.096

BL_FC.3 FINAL COORDINATES

Raw:PC6129 Ref:A Amb:Y 14/12/95 03:52:15 PM

Cartesian :

X	-1169059.4134 m	Y	-5842207.6092 m	Z	2275095.0421 m
dX	-466.2722 m	dY	49.5106 m	dZ	-278.1950 m
sX	0.0002 m	sY	0.0008 m	sZ	0.0003 m

Geodetic :

Lat	21 01 41.06971 N	Lon	101 18 56.73269 W	h	2224.9717 m
dLat	8.94076	dLon	16.16483	dh	-59.7643 m
sLat	0.0002 m	sLon	0.0003 m	sh	0.0008 m
Distance :					
Slope	545.2096 m	sSlope	0.0003 m		

BL_VC.3 VARIANCE-COVARIANCE MATRIX

a posteriori rms : 0.0017 m

Co-factor matrix (upper triangle) :

	qx	qy	qz
qx	+2.0742487E-002	-1.0342002E-002	+4.7151842E-003
qy		+2.0646656E-001	-6.9746271E-002
qz			+4.0138714E-002

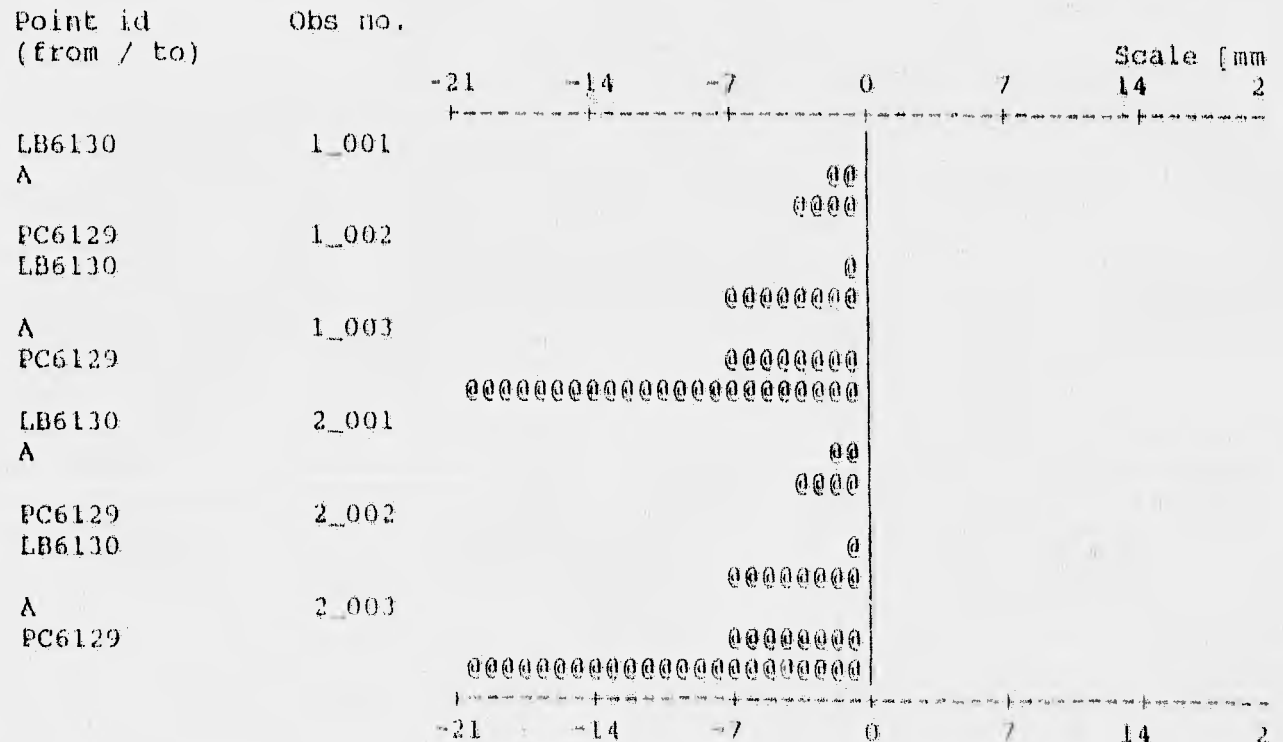
Adjustment type : Minimal constrained
 Number of observations : 13
 Number of unknowns : 6
 Degrees of freedom : 12
 Number of groups : 2

Sigma a priori : 0.0019 [m]
 Sigma a posteriori : 0.0017 [m]

Vectors:

From point	To point	Obs no.	DX	DY	DZ
LB6130	A	1_001	553.507	-361.240	-76
PC6129	LB6130	1_002	-87.230	311.695	104
A	PC6129	1_003	-466.272	49.511	-27
LB6130	A	2_001	553.507	-361.240	-76
PC6129	LB6130	2_002	-87.230	311.695	104
A	PC6129	2_003	-466.272	49.511	-27

Geodetic residuals:



Scale [mm]

Table with geodetic residuals:

From point	To point	Obs no.	dLat	dLon	dHeight
LB6130	A	1_001	-0.0004	-0.0022	-0.0042
PC6129	LB6130	1_002	0.0004	-0.0017	-0.0082
A	PC6129	1_003	0.0004	-0.0084	-0.0224
LB6130	A	2_001	-0.0004	-0.0022	-0.0042
PC6129	LB6130	2_002	0.0004	-0.0017	-0.0082
A	PC6129	2_003	0.0004	-0.0084	-0.0224

Reduced variance / covariance information:

A			LB6130		
1.71085	0.82073	-0.22326	1.81738	2.12115	-0.80311
0.82073	11.02644	-3.76649	2.12115	10.71063	-3.68460
-0.22326	-3.76649	2.98365	-0.80311	-3.68460	2.65605

Outlier detection:

Critical tau value: 3.01 for tuned Alpha: 0.60 [%]

From point	To point	Obs no.	Stand. resid.	R[%]
LB6130	A	1_001	0.35	71.00
			0.64	56.88
			0.35	78.71
PC6129	LB6130	1_002	0.06	62.50
			1.06	64.07
			0.74	59.55
A	PC6129	1_003	1.29	66.50
			2.06	79.05
			1.69	61.74
LB6130	A	2_001	0.35	71.00
			0.64	56.88
			0.35	78.71
PC6129	LB6130	2_002	0.06	62.50
			1.06	64.07
			0.74	59.55
A	PC6129	2_003	1.29	66.50
			2.06	79.05

1.69 61.74

Internal reliability (geodetic):

From point	To point	Obs no.	minimal detectable bias		
			Lat	Lon	Hgt
LB6130	A	1_001	0.0222	0.0073	0.0174
PC6129	LB6130	1_002	0.0205	0.0051	0.0198
A	PC6129	1_003	0.0242	0.0041	0.0230
LB6130	A	2_001	0.0222	0.0073	0.0174
PC6129	LB6130	2_002	0.0205	0.0051	0.0198
A	PC6129	2_003	0.0242	0.0041	0.0230

External reliability (geodetic):

Point	dLat	dLon	dHgt
A	0.0037	0.0010	0.0021
LB6130	0.0014	0.0003	0.0017

Adjusted geodetic coordinates:

PC6129	Lat: 21 1 40.581600 N	fixed
	Lon: 101 18 57.178200 W	fixed
	Hgt: 2313.5130	fixed
A	Lat: 21 1 49.522238 N ±	0.00198 [m]
	Lon: 101 18 41.013327 W ±	0.00220 [m]
	Hgt: 2373.2981 ±	0.00585 [m]
LB6130	Lat: 21 2 15.677606 N ±	0.00184 [m]
	Lon: 101 19 2.256926 W ±	0.00192 [m]
	Hgt: 2419.5883 ±	0.00589 [m]

2-D and 1-D confidence regions

Confidence level: 68.00 %
 1D expansion factor: 0.9946
 2D expansion factor: 1.5096

Point	Semi major axis	Azimuth	Semi minor axis	Height
A	0.0034	72.7	0.0030	0.0058

LB6139	0.0029	76.7	0.0028	0.0059
--------	--------	------	--------	--------

TRANSFORMACION DE DISTANCIA GEODESICA A TOPOGRAFICA

ELIPSOIDE GRS80-WGS84

ESTADO: GUANAJUATO
MUNICIPIO: GUANAJUATO
LUGAR: MINERAL DE MEXIA MORA
NOTA:

COORDENADAS GEOGRAFICAS

VERTICE "PC6129"

LATITUD NORTE	21 °	1	40.5816	"
LONGITUD OESTE	101 °	18	57.1782	"
ALTITUD SNMM			2,313.5100	m

VERTICE "LB6130"

LATITUD NORTE	21 °	2	45.6276	"
LONGITUD OESTE	101 °	19	2.2569	"
ALTITUD SNMM			2,419.5883	m

RESULTADOS:

LINEA PC6129-LB6130

AZIMUT	352 °	15	48.0413	"
DISTANCIA GEODESICA			1,089.2879	m
DISTANCIA TOPOGRAFICA			1,089.6942	m

TRANSFORMACION DE DISTANCIA GEODESICA A TOPOGRAFICA

ELIPSOIDE: GRS80 WGS84

ESTADO: GUANAJUATO
MUNICIPIO: GUANAJUATO
LUGAR: MINERAL DE SIENY MORA
NOTA:

COORDENADAS GEOGRAFICAS

VERTICE "LB0130"

LATITUD NORTE	21 ° 3'	13.6776 °
LONGITUD OESTE	101 ° 19'	-77.3269 °
ALTITUD SNMM		2 419.5881 m

VERTICE "A"

LATITUD NORTE	21 ° 1'	13.5333 °
LONGITUD OESTE	101 ° 18'	-77.3111 °
ALTITUD SNMM		2 373.2981 m

RESULTADOS:

LINEA LB0130-A

AZIMUT	142 ° 46'	149.9029 °
DISTANCIA GEODESICA		1 041.3902 m
DISTANCIA TOPOGRAFICA		1 041.9745 m

TRANSFORMACION DE DISTANCIA GEODESICA A TOPOGRAFICA

ELIPSOIDE GRS80-WGS84

ESTADO: GUANAJUATO
MUNICIPIO: GUANAJUATO
LUGAR: MINERAL DE MEXIA MORA
NOTA:

COORDENADAS GEOGRAFICAS

VERTICE "A"

LATITUD NORTE	21 ° 1	49.5222 "
LONGITUD OESTE	101 ° 18	41.0133 "
ALTITUD SNMM		2,373.2981 m

VERTICE "PC6129"

LATITUD NORTE	21 ° 1	40.5816 "
LONGITUD OESTE	101 ° 18	57.1782 "
ALTITUD SNMM		2,313.5100 m

RESULTADOS:

LINEA A - PC6129

AZIMUT	239 ° 29	54.9327 "
DISTANCIA GEODESICA		541.7321 m
DISTANCIA TOPOGRAFICA		541.9314 m

Los datos obtenidos en campo con la estación total son los siguientes:

Estación	PV	CH	CV	DI	HS	HI
PC6129	LB6130	0°00'03"	84°22'30"	1,094.977	1.910	0.704
PC6129	A	67°13'53"	83°38'36"	545.285	1.300	0.704
PC6129	LB6130	179°59'54"	275°37'09"	1,094.977	1.910	0.704
PC6129	A	247°13'51"	276°21'21"	545.286	1.300	0.704
PC6129	LB6130	359°59'59"	84°22'50"	1,094.976	1.910	0.704
PC6129	A	67°13'57"	83°38'23"	545.292	1.300	0.704
PC6129	LB6130	180°00'01"	275°37'00"	1,094.976	1.910	0.704
PC6129	A	247°13'58"	276°21'26"	545.295	1.300	0.704
PC6129	LB6130	359°59'58"	84°22'45"	1,094.976	1.910	0.704
PC6129	A	67°14'04"	83°37'56"	545.295	1.300	0.704
PC6129	LB6130	179°59'51"	275°37'10"	1,094.976	1.910	0.704
PC6129	A	247°13'51"	276°20'40"	545.288	1.300	0.704
A	PC6129	0"	96°19'19"	545.200	1.300	1.545
A	LB6130	83°10'26"	87°21'44"	1,013.059	1.910	1.545
A	PC6129	179°59'59"	263°40'30"	545.272	1.300	1.545
A	LB6130	263°10'25"	272°38'09"	1,013.059	1.910	1.545
A	PC6129	41"	96°19'26"	545.269	1.300	1.545
A	LB6130	83°10'26"	87°21'49"	1,013.059	1.910	1.545
A	PC6129	179°59'58"	263°40'22"	545.259	1.300	1.545
A	LB6130	263°10'24"	272°38'07"	1,013.058	1.910	1.545
A	PC6129	359°59'59"	96°19'29"	545.267	1.300	1.545
A	LB6130	83°10'33"	87°21'48"	1,013.059	1.910	1.545
A	PC6129	180°00'06"	263°40'19"	545.261	1.300	1.545
A	LB6130	263°10'30"	272°38'02"	1,103.059	1.910	1.545
LB6130	A	0"	92°39'46"	1,013.055	1.300	1.880
LB6130	PC6129	29°35'32"	95°37'38"	1,094.973	0.720	1.880
LB6130	A	179°59'57"	267°20'48"	1,013.046	1.300	1.880
LB6130	PC6129	209°35'24"	264°22'26"	1,094.973	0.720	1.880
LB6130	A	7"	92°39'30"	1,013.051	1.300	1.880
LB6130	PC6129	29°35'29"	95°37'54"	1,094.973	0.720	1.880
LB6130	A	179°59'53"	267°20'06"	1,013.053	1.300	1.880
LB6130	PC6129	209°35'28"	264°21'51"	1,094.973	0.720	1.880
LB6130	A	1"	92°39'21"	1,013.053	1.300	1.880
LB6130	PC6129	29°35'34"	95°37'36"	1,094.973	0.720	1.880
LB6130	A	179°59'55"	267°20'20"	1,013.051	1.300	1.880
LB6130	PC6129	209°35'40"	264°22'35"	1,094.973	0.720	1.880

Con los datos de campo se tuvo un error en cierre angular de 10" y la compensación angular se llevo de la siguiente manera:

PUNTO	Angulos sin compensar	Angulos compensados
PC2129	67° 13' 58"	67° 13' 00"
A	83° 10' 20"	83° 10' 26"
LB2130	29° 35' 32"	29° 35' 34"
	179° 59' 50"	180° 00' 00"

Los azimutes de los lados del triángulo son los siguientes:

LADO	Angulo compensado	Azimut Calculado
LB - PC		172° 15' 49"
PC - A	67° 14' 00"	59° 29' 49"
A - LB	83° 10' 26"	322° 40' 15"
LB - PC	29° 35' 34"	172° 15' 49"

La planillas de cálculo con la estación total TC1100 y con el G.P.S. se encuentran hechas en hoja de calculo Excel así como las conversiones de distancias y azimutes.

PLANILLA DE CALCULO

PERIMETRO DEL TRIANGULO LEVANTADO CON G.P.S. EN GUANAJUATO

LADO	AZIMUT COMPENSADO	DISTANCIA HORIZONTAL	PROYEC. S/CORREC.		PROYEC. CORREGIDAS		COORDENADAS		VERT	CALCULO DE SUPERFICIE	
			+N -S	+E -W	+N -S	+E -W	X	Y		DDM	DOBLES PRODUCTOS
			PC - A	59 ° 29 ' 55 "	541.931	275.062	466.937	275.064		466.939	259.308.868
A - LB	322 ° 40 ' 19 "	1031.972	804.697	-613.637	804.703	-613.604	259.162.172	2.328.147.330	LB	804.697	267.773.945
LB - PC	172 ° 15 ' 48 "	1089.694	-1079.775	146.695	-1079.767	146.696	259.308.868	2.328.067.563	PC	146.696	18.987.129
			-0.016	-0.005	0.000	0.000					

Perimetro	=	2.645.597 m
Precisión	=	1/ 157703.775
Error Total	=	0.01676305 m

Corrección en Y = -7.4095-06
 Corrección en X = -4.07415-06

PC =	3441.95 m
LA =	2102.17004 m
LB =	2702.14 m

PLANILLA DE CALCULO

PERIMETRO DEL TRIANGULO LEVANTADO CON TCI100 EN GUANAJUATO

CALCULO DE SUPERFICIE

LADO	AZIMUT COMPENSADO	DISTANCIA HORIZONTAL	PROYEC. S/CORREG.		PROYEC. CORREGIDAS		COORDENADAS		VERT	DOBLES	
			+N -S	+E -W	+N -S	+E -W	X	Y		DDM	PRODUCTOS
							259,308.868	2,328,067.563	PC		
PC - A	59 ° 29 ' 49 "	541.936	275.078	466.933	275.081	466.944	259,775.812	2,328,342.644	A	466.944	128447.3645
A - LB	322 ° 40 ' 15 "	1011.974	804.656	-613.654	804.694	-613.639	259,162.173	2,329,147.337	LB	320.250	259705.2591
LB - PC	172 ° 15 ' 49 "	1029.704	-1079.785	146.691	-1079.774	146.695	259,308.868	2,328,067.563	PC	-146.695	156397.0730
			-0.021	-0.030	0.000	0.000					

Perimetro	=	2,643.614 m
Precisión	=	1/ 72191.0991
Error Total	=	0.03661967 m

Corrección en Y = -9.7243E-06
 Corrección en X = -2.4444E-05

20=	544547.51e+
25=	270278.7555 m2
3=	27,0274 Ha

VI.4.-DIFERENCIAS

Las diferencias que se obtuvieron entre los datos calculados contra los dados por I.N.E.G.I., en las anteriores comprobaciones de gabinete son las siguientes:

COMPARACIONES	DIF. EN RUMBO	DIF. EN DISTANCIA
1	0.0195"	0.0211 m
2	0.0271"	0.0342 m
3	0.0229"	-0.0180 m
4	0.0019"	-0.0061 m
5	0.0146"	0.0170 m
6	0.0304"	0.0219 m

Las diferencias topográficas que se obtuvieron en el trabajo de campo de las comprobaciones hechas con G.P.S. y estación total es la siguiente:

En azimutes compensados, es decir, los ángulos ya compensados de ambas poligonales (con G.P.S. y TC1100) se tiene:

DADO	PC6129-A	A-EB6130	EB6130-PC6129
GPS	59° 29' 55"	322° 40' 19"	172° 15' 48"
TC1100	59° 29' 49"	322° 40' 15"	172° 15' 49"
DIFERENCIA	+ 6"	+ 4"	- 1"

En azimutes calculados, esto es, que a partir de los coordenadas de la planilla de cálculo se calcularon los azimutes.

	PC6120	PC6120	PC6120
GPS	59° 29' 54.81"	322° 40' 20.10"	172° 15' 47.60"
TC1100	59° 29' 50.18"	322° 40' 18.30"	172° 15' 47.90"
DIFERENCIA	+ 4.63"	+ 1.80"	- 0.30"

de estas dos comparaciones tanto compensadas como ajustadas la diferencia entre ambos instrumentos se redujo en los azimutes calculados a partir de las coordenadas obtenidas de la planilla de cálculo.

En cuestión de distancias se clasificarán en dos: distancias horizontales medidas y distancias horizontales calculadas a partir de las planillas de cálculo.

Distancias horizontales medidas:

	PC6120	TC1100	PC6120-PC6120
1. G.P.S. (Geodésica)	541.732	1011.590	1089.288
2. G.P.S. (Topográfica)	541.931	1011.972	1089.694
3. TC1100 (Topográfica)	541.936	1011.974	1089.704
DIFERENCIA : 2 y 3	- 5 mm	- 2 mm	- 10 mm

Distancias horizontales calculadas:

	PC6120	TC1100	PC6120-TC1100
GPS	541.934	1011.976	1089.686
TC1100	541.947	1011.970	1089.693
DIFERENCIA	- 13 mm	+ 6 mm	- 7 mm

En resumen las diferencias de las distancias medidas fueron menores a las distancias calculadas.

Como un dato adicional se obtuvieron los desniveles entre cada estación y se tiene lo siguiente:

Los datos son obtenidos con la estación total TC1100

LADO	Desnivel sin compensar	Desnivel compensado
PC - A	59.802	59.796
A - LB	46.327	46.317
LB - PC	-106.103	-106.113
	0.026	0

Mientras que los datos con G.P.S. no se necesitaron compensar, puesto que ya esta hecho con el software de dicho sistema, la tabla comparativa de distancias verticales medidas fue la siguiente:

LADO	PC6129 - A	A - LB6130	LB6130 - PC6129
GPS	59.785	46.290	- 106.075
TC1100	59.802	46.327	- 106.103
DIFERENCIA	- 17 mm	- 37 mm	- 28 mm

Y la tabla de distancias verticales compensadas que se obtuvieron con la estación total:

LADO	PC6129 - A	A - LB6130	LB6130 - PC6129
GPS	59.785	46.290	- 106.075
TC1100	59.796	46.317	- 106.113
DIFERENCIA	- 11 mm	- 27 mm	- 38 mm

Comparando los resultados obtenidos con ambos equipos, contra lo publicado por I.N.E.G.I. para el lado PC6129 - LB6130 se tiene lo siguiente:

En Azimut la diferencia fue de solamente 1".

En la distancia horizontal, la variación fue de 27 mm contra la medida con G.P.S. y de 34 mm con la medida con la TC1100, siendo de estos dos últimos la variación de 7 mm.

El error en cierre de distancias verticales con la TC1100 fue de 26mm, mientras que con el G.P.S. no existió ningún error para este concepto ni tampoco para el angular.

Las precisiones lineales obtenidas fueron para la TC1100 de 1:72,191 y de 1:157,704 con el G.P.S.

TEMA VII.- CONCLUSIONES

Debido a que en los informes periciales se deben presentar ligas a los Puntos de Partida de lotes vecinos y colindantes a partir del Punto de Partida y como estas a su vez deben ser coordenadas ortogonales referidas a Puntos de Control de coordenadas UTM, el problema se simplificó al utilizar los sistemas de posicionamiento global G.P.S., puesto que se realizó la investigación y la solución al problema del uso de estos G.P.S. como únicamente instrumentos de posición, sino que con estos datos, se realizó la transformación de distancias geodésicas a topográficas y en la que con comprobaciones de campo así como de gabinete, se obtuvieron resultados satisfactorios.

En las diferencias obtenidas del capítulo anterior, se puede considerar que la variación máxima en medidas de distancias con G.P.S. y distanciómetro es de 1 cm, que teóricamente en una distancia de 1.000 m se tendría una precisión lineal de 1 : 100.000. Todo esto comprueba que la transformación de distancias proporciona buena precisión y confiabilidad; las precisiones lineales obtenidas fueron para la TCH100 de 1 : 72.191 y de 1 : 157.704 con el G.P.S.

Con estas comprobaciones el uso de los G.P.S., no está limitado y se puede considerar como en ésta tesis se ha comprobado que al hacer las ligas a los PP's vecinos a partir de un P.C. o de un P.P.D. es confiable.

Además las ventajas que podemos obtener con las mediciones G.P.S. es que se reduciría aproximadamente en un 50% el tiempo empleado para realizar dichos levantamientos debido a que:

- 1.- No es necesaria la comunicación visual entre dos puntos.
- 2.- Se puede medir durante las 24 horas del día.
- 3.- Es independiente a las condiciones meteorológicas.

- 4.-En las triangulaciones clásicas se requería de puntos que estuvieran en lugares estratégicos (cupulas de iglesias, edificios, cimas, etc.) ahora con los G.P.S. ya no se requiere esto y se puede posicionar en el punto que se desee y calcular las distancias reduciendo la necesidad de cortar árboles o dañar la ecología.
- 5.-No se requiere hacer poligonales con múltiples vértices.

La posición latitud, longitud y elevación del vértice (ϕ, λ, h) se determinan en conjunto en una solución tridimensional.

La limitante es que los receptores G.P.S. deben ser de primer orden, ya que utilizar otros receptores no garantizan esta transformación.

La importancia que se le de a este trabajo sera muy trascendente para la limitante que tenía el G.P.S., en solo dar posiciones, ahora se tendrá algo más que hacer, sin descontar que el uso de teodolitos y distanciómetros sigue siendo confiable y preciso.

A todo esto hay que agregarle que los conocimientos de topografía así como de geodesia para desarrollar estos tipos de trabajos son esenciales.

BIBLIOGRAFIA

SATELLITE GEODESY
"FOUNDATIONS, METHODS AND APPLICATIONS"
GÜNTER SEEBER
EDIT. W. DE G. (WALTER DE GRUYTER)

GEODESIA FISICA APLICADA
DR. PEER VANICEK
DEPTO. DE ENCL. TOPOGRAFICA
UNIV. DE NEW BRUNSWICK

GEODESIA
WOLFGANG TORGE
EDITORIAL "DIANA TECNICO"

INTRODUCCION A LA GEODESIA GEOMETRICA
MANUEL MEDINA PERALTA
EDITORIAL LIMUSA

TOPOGRAFIA GENERAL
SABRO HIGASHIDA MIYABARA
TALLERES GRAFICOS DE LA NACION
TOPOGRAFIA
JACK C. MCCORMAC
EDITORIAL PRENTICE/HALL INTERNACIONAL

CARTOGRAFIA Y LEVANTAMIENTOS URBANOS
T. J. BLACHUE

LA NUEVA RED GEODÉSICA NACIONAL
"UNA VISION HACIA EL FUTURO"
INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA GEOGRÁFICA E INFORMÁTICA
(I.N.E.G.I.)

APUNTES DE CARTOGRAFIA
FEDERICO ALONSO LERCH
FACULTAD DE INGENIERIA

SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (G.P.S.)
DR. JOSE LUIS CATURLA SANCHEZ DE NEIRA
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y URBANISMO
INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL

EL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL NAVSTAR
RAYMUNDO ARVIZU DIAZ
APUNTES

INTRODUCCION AL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL NAVSTAR
DR. GALO CARREA HURTADO
GEOMETRIX
GEODETIC AND HYDROGRAPHIC RESEARCH INC.

G.P.S. FIELD SURVEYING TECHNIQUES
ASHTECH

TOPOGRAFIA
PAG. 62 - "LA LINEA ECATORIAL Y CARTOGRAFIA"
GONZALO LOPEZ J.
ECUADOR

REVISTA STUDIES IN GEOPHYSICS
THE NATIONAL RESEARCH COUNCIL
"IMPACT OF TECHNOLOGY ON GEODESY"
DANIEL B. DeBRA
STANFORD UNIVERSITY

SUBRED GEODESICA MINERA
SECRETARIA DE ENERGIA MINAS E INDUSTRIA PARAESTATAL

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION
26 DE JUNIO DE 1994

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION
29 DE MARZO DE 1993

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION
7 DE ABRIL DE 1993