



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE INGENIERÍA

## ESTABLECIMIENTO DE LA RED GEODÉSICA HORIZONTAL EN C.U.

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE :  
INGENIERO TOPOGRAFO Y GEODESTA  
P R E S E N T A N :  
ROGER DAVID OROZCO CÁRDENAS  
RODRIGO ARMANDO MADRUEÑO AGUILAR



DIRECTOR:  
M.I. RAYMUNDO ARVIZU DÍAZ

MÉXICO, D.F.

2005



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIRECCIÓN  
FING/DCTG/SEAC/UTIT/138/04

Señores  
ROGER DAVID OROZCO CÁRDENAS  
RODRIGO ARMANDO MADRUEÑO AGUILAR  
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor M.I. RAYMUNDO ARVIZU DÍAZ, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrollen ustedes como tesis de su examen profesional de INGENIERO TOPÓGRAFO Y GEODESTA.

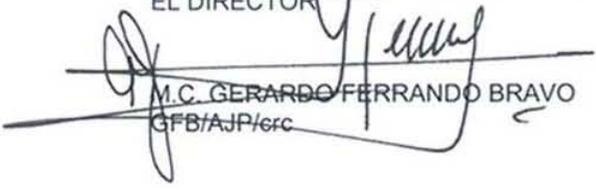
**"ESTABLECIMIENTO DE LA RED GEODÉSICA HORIZONTAL EN C.U."**

- INTRODUCCIÓN.  
I. PROYECTO DE LA RED.  
II. LEVANTAMIENTO DE LA POLIGONAL DEL CIRCUITO 1.  
III. POSICIONAMIENTO CON EL SISTEMA GPS.  
IV. TRANSFORMACIÓN DE COORDENADAS.  
V. CATÁLOGO DE PUNTOS DE LA RED GEODÉSICA.  
VI. CONCLUSIONES.  
VII. ANEXOS.

Ruego a ustedes 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 les 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 HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Cd. Universitaria a 1º. De Febrero del 2005.  
EL DIRECTOR

  
M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO  
GFB/AJP/crc

## **Dedicatoria y Agradecimientos de Roger David Orozco Cárdenas**

### **DEDICATORIA**

**A mis padres: Dagoberto y Lupita.**

Que siempre me han dado palabras de aliento y apoyado para seguir adelante.

**A mi tío Chava.**

Por su invaluable apoyo incondicional en mi formación académica y personal.

**A mis hermanos: Jesús, Salvador, Valentina, Juan Carlos y Gonzalo.**

De los cuales sé que juntos somos uno.

**A mis sobrinos: Samanta, Braulio y Cybel.**

A ellos que me han demostrado lo que es la tenacidad y la perseverancia.

**A mi familia.**

A todos ellos gracias por su amor y paciencia en todo momento.

### **AGRADECIMIENTOS**

- Universidad Nacional Autónoma de México, por mi formación.
- M.I. Raymundo Arvizu Díaz, por compartir sus conocimientos.
- Ing. Carlos A. Orozco Carrillo, por sus consejos.
- Ing. Ezequiel Arvizu Gutiérrez, por brindarme su apoyo y ayuda incondicional.
- Rodrigo A. Madrueño, por llevar a buen termino el presente.
- A mis profesores.
- A mis compañeros y amigos, quienes de alguna manera me apoyaron en el transcurso de mi vida universitaria.

## **Agradecimientos de Rodrigo A. Madrueño Aguilar**

Doy gracias primeramente a Dios por concederme la vida y junto con ella toda la oportunidad de desarrollar las capacidades que me ha dado, puedo citar con seguridad en esta etapa que concluyo en mi vida profesional como dice la escritura: “Jehová de los Ejércitos dichoso el hombre que en ti confía” Sal 84:12

Por supuesto quiero agradecer a mis Padres que han sido para mi un ejemplo de superación y trabajo, de amor y cariño para mi en toda estos años de estudio, Papá gracias por tus consejos y tu paciencia, Mamá gracias por todo el apoyo que me diste y la mejor instrucción como ser humano, hasta pronto. Los quiero mucho.

A cada uno de mis hermanos Claudia, Tony, Mundo y Roger que con su ejemplo me hicieron superarme en todo momento, son especiales para mi, me es grato contar con ustedes.

Para todas mis tías y tíos, a mis primos gracias por su apoyo y respaldo hacia mi.

Para Alejandra quien estuvo en cada uno de los momentos de alegría y de dificultad durante mis estudios, porque siempre creíste en mi y por tu apoyo en todo momento, Te quiero mucho Amor.

Para mis hermanos en Cristo que siempre me apoyaron en sus oraciones, y con palabras de aliento hacia mi, Para Gabriel Rojas que fue de gran ayuda en esta Tesis Dios te siga Bendiciendo.

Para la Universidad que tanto me ha dado, me siento orgulloso de ser parte de ella y espero poder con mi trabajo seguir engrandeciendo la que hoy por hoy es la mejor Universidad de Latinoamérica.

A mis profesores de la Facultad, a los Ingenieros Víctor Mozo, a Raymundo Arvizu, Benito Gómez, a Adolfo Reyes, a Víctor Robles, y a todos los demás que con su constancia y esfuerzo dejaron una enseñanza en mi vida profesional y como ser humano, por siempre gracias.

Así mismo para cada uno de mis compañeros de la facultad, Yazmín Palacios, Carlos Ramírez, Gerardo Valdéz, Alejandro Torres, Roberto de la Cruz, Raúl Niño, en fin a todos aquellos con los que compartí semestre a semestre y con su ayuda pude llegar hasta aquí.

Para ti Roger David mis más sinceras felicitaciones y un gracias por ser parte de esto.

Finalmente a todas aquellas personas que en esta etapa de mi vida me tendió la mano, los que están, y los que no están (gracias Abue), mis más profundos agradecimientos, porque hoy puedo mirar hacia adelante sabiendo que he escalado un peldaño más hacia el éxito.

# ÍNDICE

<b>ÍNDICE GENERAL</b>	i
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	ii
<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>Capítulo I. PROYECTO DE LA RED.</b>	6
I.1 Planeación de la Poligonal.	7
I.2 Planeación con GPS (Sistema de Posicionamiento Global).	7
I.3 Reconocimiento y Señalización.	8
I.4 Digitalización.	9
I.5 Georeferenciación.	11
<b>Capítulo II. LEVANTAMIENTO DE LA POLIGONAL DEL CIRCUITO 1.</b>	12
II.1 Equipo.	12
II.2 Metodología.	34
II.3 Levantamiento.	39
II.4 Proceso y Resultados.	40
<b>Capítulo III. POSICIONAMIENTO CON EL SISTEMA GPS.</b>	52
III.1 Equipo.	56
III.2 Metodología.	58
III.3 Levantamiento.	60
III.4 Proceso y Resultados.	62
<b>Capítulo IV. TRANSFORMACIÓN DE COORDENADAS.</b>	66
IV.1 Sistemas de Referencia Geodésicos.	66
IV.2 Sistema Geocéntrico WGS84.	67
IV.3 Sistema Geodésico Local.	68
IV.4 Transformación del Sistema WGS84 al Sistema Geodésico Local.	69
IV.5 Cálculo de Coordenadas Topográficas.	72
<b>Capítulo V. CATALOGO DE PUNTOS DE LA RED GEODÉSICA.</b>	74

<b>CONCLUSIONES</b>	78
<b>ANEXOS</b>	80
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	104

## INDICE DE FIGURAS

Figura I.1	Sistema de Coordenadas.	9
Figura I.2	Digitalización del mapa de Ciudad Universitaria.	10
Figura II.1	Teodolito Electrónico T1600.	13
Figura II.2	Teclado del Teodolito T1600.	13
Figura II.3	Distanciómetro DI 1600.	19
Figura II.5	Puntería al Reflector.	23
Figura II. 6	Lector Wild GIF 10 y el Modulo REC.	30
Figura II. 7	Movimientos del Limbo.	34
Figura II. 8	Recorrido Total para el trabajo del levantamiento de la poligonal en Ciudad Universitaria (y puntos GPS).	39

## ANEXOS

Anexo 1	Plano Digitalizado de Ciudad Universitaria.	80
Anexo 2	Datos de Campo del Levantamiento.	81

## INTRODUCCION

La carrera de Ingeniería Topográfica y Geodésica, impartida en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), tiene como objetivo formar egresados con una formación integral, la cual les proporciona valores, habilidades y conocimientos sólidos en las áreas de Matemáticas, Física, las ciencias de la Ingeniería, las ciencias sociales y humanidades que les permiten planear, organizar, dirigir y realizar con eficiencia, seguridad, funcionalidad y economía todas aquellas actividades necesarias para la medición, procesamiento, análisis, interpretación, administración y presentación de la información relativa a los datos espaciales destinados a la administración de los recursos naturales renovables y no renovables de carácter federal o privado, asimismo obras de infraestructura existentes en la superficie terrestre y en los lechos marinos, lacustre y fluviales en armonía con el medio ambiente.

El plan de estudios de la carrera contiene asignaturas comprendidas en el área de Ciencias de la Ingeniería: como la Geodesia, Cartografía, Geodesia Física, Geodesia Geométrica, Geodesia por Satélite y Sistemas de Coordenadas en Geodesia entre otros.

El tema principal de esta tesis es la aplicación de la Geodesia Geométrica y la Geodesia Satelital, en el levantamiento de una red geodésica, la georeferenciación de la misma a un Sistema de Referencia Local haciendo una transformación de coordenadas.

La Geodesia es la ciencia que estudia la medición de la Tierra y la representación por métodos Cartográficos de su superficie terrestre y oceánica. Esta definición incluye la determinación del campo de gravedad externo de la tierra.

Los Objetivos de la Geodesia son:

- ◆ Determinar la posición absoluta respecto a un sistema de coordenadas, también la posición relativa respecto a otros puntos. Esta determinación requiere de la definición de un espacio geométrico en donde definir los sistemas de coordenadas.
- ◆ Determinación del campo de gravedad Terrestre, necesario si se quieren relacionar las medidas realizadas en el espacio físico, afectadas de gravedad, con el espacio geométrico en que se define el concepto posición.
- ◆ Estudio de las variaciones temporales, tanto de la posición como del campo de gravedad. Estas variaciones pueden tener su origen en muy diversas causas, tales como: las mareas, los movimientos tectónicos, las deformaciones de la corteza terrestre, etc.

La verdadera figura de la Tierra es la superficie física resultante de una serie de fuerzas que actúan sobre su masa total, incluida su atmósfera. Este estudio es muy importante, ya que todas las medidas que se realicen desde la Tierra o desde sus proximidades están influidas por la gravedad. La Tierra como figura dinámica se le denomina **Geoide**.

Aristóteles fue el primer autor que habló de la medida y forma de la tierra es, quien asentó que los matemáticos de aquella época habían fijado en 400 000 estadios (33 600 000 metros) la circunferencia terrestre. Seguramente se refiere entre ellos a Eudoxio, a quien se atribuye la invención del astrolabio. Este gran geómetra griego, vivió en el siglo IV antes de la era cristiana. El primer geómetra de quien se tiene conocimiento en la medición de la tierra es Eratóstenes: nacido en Syrena en el África Septentrional (275 a.C.) El método empleado por Eratóstenes para la medida de la circunferencia terrestre, es el mismo que sigue utilizándose en nuestros días; la medida lineal y angular de un arco terrestre. Eratóstenes fijó la circunferencia máxima de la tierra en 250,000 estadios (21 000 000 metros).

La Historia abre un paréntesis de varios siglos, en los cuales no se sabe nada al respecto a nuevas medidas de la Tierra. Es hasta el siglo VIII de nuestra era, cuando Al-Mamoun, califa árabe, midió un grado de meridiano en el desierto de Arabia, obtuvo, según Dreyes, 119,000 m para el grado de circunferencia terrestre.

Durante los siglos XVII y XVIII Francia mantuvo su prioridad en asuntos geodésicos. Desde principios del siglo XIX Alemania dio a la geodesia un impulso poderoso, esto a raíz de los trabajos de Gauss (teoría de los mínimos cuadrados) los Estados Unidos de Norteamérica (E.U.A) hicieron trabajos geodésicos en magnitud formidable. Se multiplicaron las medidas de arco terrestre tanto meridianos como oblicuos, y los valores de los semiejes de la Tierra se fueron mejorando progresivamente. Mientras las medidas francesas de los siglos XIX y XVIII sirvieron para calcular los elipsoides de Bessel (1841) y de Clarke (1866); las medidas Norteamericanas, en la que México tomó parte, ayudaron para calcular el Elipsoide de Hayford. Durante el siglo pasado, la generalización del uso de ordenadores y el lanzamiento del primer satélite artificial (Sputnik, 1957) por la U.R.S.S hacen que a mediados de los años 50's se produzca una auténtica revolución en la Geodesia.

La Geodesia Satelital se basa en la observación de satélites artificiales sometidos a la acción gravitatoria de la Tierra, obteniéndose cada vez, con mayor precisión, modelos geopotenciales a partir de las perturbaciones producidas en las órbitas de dichos satélites y permitiendo realizar triangulaciones espaciales de carácter global, regional o local según diferentes técnicas.

La Geodesia Satelital tiene como objeto principal la asignación de coordenadas a estaciones situadas sobre la superficie terrestre a partir de observaciones de satélites artificiales. Para la determinación de las coordenadas absolutas geodésicas, los métodos de Geodesia Espacial utilizan medidas de distancia, de diferencias de distancia, de direcciones o combinaciones de estas medidas. Entre las principales técnicas geodésicas espaciales podemos destacar: el seguimiento de satélites balísticos, Transit, Láser, altimétricos, *Sistema de Posicionamiento Global* (GPS) y el seguimiento de cuásares —VLBI—

En la actualidad existen equipos que pueden facilitar la integración del trabajo en campo con aplicaciones a los Sistemas de Información Geográfica teniendo precisión muy aceptable dada la combinación de un GPS portátil con el Sistema de Cartografía profesional. Históricamente el estudio de la Geodesia ha desempeñado un papel importante

en beneficio del ser humano, cronológicamente para la elaboración de mapas, acciones bélicas, navegación aérea, marítima y terrestre; por ejemplo, desarrollando infraestructura, como carreteras, puertos, aeropuertos, navegación urbana, etc.

## MARCO DE REFERENCIA

Los levantamientos geodésicos horizontales son aquellos que comprenden una serie de medidas efectuadas en el campo, cuyo propósito final consiste en determinar las coordenadas geodésicas (geográficas) de puntos situados sobre la superficie terrestre. Todo punto perteneciente a un Levantamiento Geodésico Horizontal deberá estar referido al Marco de Referencia Terrestre Internacional (ITRF) definido por el Servicio Internacional de Rotación de la Tierra (IERS).

Es importante saber que el Sistema Geodésico de referencia que se adopta para México es el *ITRF92*, época 1988.0, en el GRS80; esto es para la época que se inicia a las 0 horas del 1 de enero de 1988. Este es el Marco de Referencia oficial, consiste de 14 estaciones distribuidas en todo el territorio y denominadas Red Geodésica Nacional Activa (RGNA) administradas por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).

El ITRF92 al estar asociado al GRS80, y siendo que éste es prácticamente igual al WGS84, garantiza la compatibilidad con el NAD83 para los efectos de correspondencia cartográfica a lo largo de la frontera sur, ya que en América Central muy probablemente estará también en el NAD83.

Entre las ventajas que se pueden mencionar en relación con la adopción del ITRF92 y a riesgo de ser un tanto reiterativos se encuentran las siguientes:

- ◆ Muy alta precisión, compatible con los sistemas GPS, debido a la rigurosidad de su determinación.
- ◆ Por lo tanto, posibilidad de emplearlo para levantamientos de muy alta precisión; por ejemplo, el monitoreo de deformaciones en estructuras civiles masivas, los movimientos de la corteza terrestre, la investigación geodésica básica y aplicada.
- ◆ Implementación en un plazo relativamente corto.
- ◆ Constituye una excelente base de apoyo referencial para el desarrollo de Cartografía y Sistemas de Información Geográfica.
- ◆ Al estar definido en forma dinámica y global, no tiene las características de los locales ni depende de la definición de un punto datum, además de ser tridimensional. Al estar vinculada la tecnología GPS con este sistema, las soluciones de los levantamientos además de muy precisas, serán congruentes y consistentes; prácticamente no existen los errores de propagación.

## **OBJETIVOS**

En el presente trabajo de tesis se describen las actividades de los levantamientos geodésicos para establecer una red Geodésica Horizontal en el Campus de Ciudad Universitaria (C.U.), cuyos fines una vez terminado son:

1. Contar con un número de Puntos Georeferenciados, de los cuales conozcamos sus coordenadas Geodésicas referenciados a la Red Geodésica de INEGI
2. Proporcionar control terrestre para proyectos fotogramétricos
3. Proporcionar el apoyo académico para las prácticas generales que se realizan en CU.
4. Proporcionar las bases para georeferenciar todos los levantamientos topográficos en CU
5. Proporcionar el marco de referencia para establecer un Sistema de Información Geográfica.

## **ESTRUCTURA**

La estructura del trabajo se divide de la siguiente manera:

En el capítulo 1 se exponen las ideas principales del porque realizar este proyecto de la red, también se describen los recursos utilizados para dichos trabajos y se explica como se efectuó la digitalización y georeferenciación de los mismos.

El capítulo 2 describe de una manera clara el equipo utilizado para el levantamiento de la poligonal del circuito 1. A su vez se menciona cual fue la metodología utilizada por parte de la brigada topográfica. Posteriormente se señala como se efectuó el levantamiento y finalmente se muestran el proceso y resultados obtenidos de dicho levantamiento.

En el capítulo 3 se presenta el equipo con que se realizó el posicionamiento con el sistema GPS, así como también se señala la metodología requerida para dicho trabajo. De igual manera se presenta la forma en que se efectuó este posicionamiento y junto con esto se muestra el proceso efectuado para poder llegar a los resultados finales.

El capítulo 4 muestra la manera en que se realizó la transformación de coordenadas, primeramente se definen los tipos de sistemas de referencia geodésicos. Después se describe el sistema geocéntrico WGS84 así como el sistema geodésico local. Luego se presenta la transformación de un sistema a otro y finalmente se muestra el cálculo efectuado de dichos sistemas a manera de conclusión.

El capítulo 5 se refiere al catálogo de puntos de la red geodésica, donde se habla acerca del por qué de la realización de este y su importancia para la Facultad de Ingeniería.

En el capítulo 6, finalmente se muestran las conclusiones de dicho trabajo, enfatizando las repercusiones positivas del mismo para beneficio de la *Universidad Nacional Autónoma de México* (UNAM).

# **CAPITULO I**

## **PROYECTO DE LA RED**

Como en todo proyecto la organización o planeación de las actividades a desarrollar requiere del análisis de los recursos humanos y materiales disponibles, así como, de los métodos o técnicas a emplearse para un mejor aprovechamiento y desempeño de los mismos

La planeación entendida como el conjunto de objetivos por cumplirse en el futuro y el de los pasos necesarios para alcanzarlos a través de técnicas y procedimientos definidos, es de fundamental importancia en un proyecto para la incertidumbre de lo que se ha de realizar, de mejorar la eficiencia de operación, de entender los objetivos y finalmente orientar o indicar como mejorar el monitoreo y control de los trabajos a desarrollar.

Para la realización de la Red Geodésica Horizontal resulta importante y productivo la planeación de las actividades para proporcionar un panorama de los objetivos y los recursos disponibles.

### **Recursos Humanos:**

Una parte fundamental en todo proyecto son los recursos humanos ya que son los que proveen la fuerza de trabajo, tanto física como mental, la brigada que desarrollo la poligonal se conformo de 6 elementos (alumnos de la carrera de Ingeniería Topográfica y Geodésica), estos son; Rubén Corona Pedraza, Roberto Ascencio Villagómez, Juan Manuel Macedo Manríquez, Omar Pérez Cruz, Hidromiro Romero Márquez y Enrique Zárate González.

La brigada encargada del levantamiento de los puntos de control con GPS fue integrada por: Mario Martínez Yañez, Roger David Orozco Cárdenas, con apoyo del Instituto de Geofísica

### **Recursos Materiales**

Con respecto a los Recursos Materiales, se refieren al equipo tecnológico y científico necesario para cumplir con los objetivos en cada una de las actividades por desarrollar.

El equipo utilizado para el levantamiento de la poligonal terrestre fue:

- Un teodolito electrónico T-1600.
- Un distanciómetro D1-1600.
- Un módulo Rec para almacenar la información.
- Tripies.
- Baterías GEB77 y con la Batería GEB71.

- Sistema Wild Gif-10.
- Software para manejo de información: Wildsoft.
- Computadora pentium III

El equipo GPS utilizado para el posicionamiento de los puntos de control fue:

- 2 Receptores Trimble serie 4000ss
- 2 Antenas Geodesicas
- 1 baston y bípode
- Software Grafnav, Grafnet

## **I. 1 PLANEACIÓN DE LA POLIGONAL**

Como actividad preliminar a los trabajos, se determinó en un mapa de Ciudad Universitaria (C.U.), la o la(s) rutas mas favorables para el desarrollo de la poligonal en campo, esto se hizo con un lápiz trazando sobre el mapa las poligonales, así con esta información se recorrió el campo.

Con el procedimiento antes descrito, se estableció la poligonal sobre la que se realizaron los trabajos topográficos, al cual se denominó Circuito I.

La siguiente etapa dentro de la planeación fue la determinación del equipo según necesidades y requerimientos para el levantamiento de la poligonal, es decir, al hacer el recorrido y conocer la ruta más favorable para la poligonal, se conocieron las condiciones del terreno.

## **I.2 PLANEACION CON GPS**

Una vez definido el Circuito I se ubicaron los puntos en el mapa de C.U, mismos que fueron utilizados como puntos de control para la poligonal terrestre realizada en los circuitos del Campus.

Para el desarrollo de esta actividad se posicionaron 7 vértices no visibles entre ellos, de los cuales 3 son vértices de poligonal. Para este trabajo se utilizaron dos equipos de la marca *Trimble* serie 4000SS de doble banda y antena geodesica, equipo que nos facilitó el Instituto de Geofísica. Para la ubicación de estos puntos es necesario que se localicen en lugares abiertos o despejados, es decir, sin obstrucciones como son árboles, edificios altos, etc.

Como origen para la realización de estos trabajos se utilizo el vértice que se encuentra en el edificio B de la facultad de Ingeniería (FICUP) y cuyas coordenadas son conocidas. El itinerario para este trabajo fue el siguiente; primero se posiciono el punto conocido como medicina (V-137), el segundo fue el ubicado en guarnición en la entrada al estacionamiento del Estadio Olímpico (V-101) y por último el localizado en el circuito Mario de la Cueva enfrente al Espacio Escultórico (V-119).

### **I.3 RECONOCIMIENTO Y SEÑALIZACIÓN**

Una vez propuesta la poligonal (Circuito I) y marcados los puntos de control (GPS) en el plano de C.U, se realizó un recorrido en campo con la finalidad de verificar y ubicar los vértices de forma física en lugares donde la visibilidad entre ellos no se viera afectada por obstrucciones físicas o naturales, para de ser así, modificar la poligonal y posteriormente en la etapa del levantamiento no tener mayores problemas.

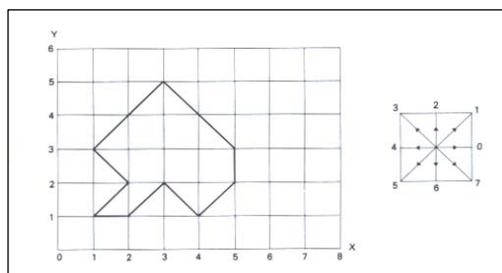
Para el señalamiento de estos vértices lo indicado es utilizar placas empotradas, sin embargo no se realizó así por ser costoso y tardado. Gracias a que nos encontramos en las instalaciones de la UNAM no corren peligro de ser destruidos por personas ajenas, por lo tanto el señalamiento de los vértices se realizó utilizando clavos para concreto y pintura en aerosol para su referencia.

## I.4 DIGITALIZACIÓN

La generación de bases de datos a partir de cartografía existente, difícilmente serán válidas para las exigencias que implica la redacción del proyecto, salvo que existan planos con la precisión requerida. Por el contrario, en los Sistemas de Información Geográfica (SIG) suele recurrirse a este tipo de información, circunstancia por la cual es de interés conocer su generación para poder evaluar la información que suministran estos procedimientos.

Existen dos métodos de digitalización o transformación de información gráfica en digital: vectorial y raster (celdillas).

Las estructuras vectoriales están basadas en la configuración de formas lineales o cadenas definidas por sus nodos inicial y final. Uno de los sistemas de codificación más conocido es el de Freeman. Este sistema consiste en la captura incremental de coordenadas, adoptando que los desplazamientos del cursor siguen la dirección de dos ejes ortogonales y sus bisectrices de este modo, una cadena de eslabones (conjunto de trazos unitarios de longitud el ancho o la diagonal de la malla de la mesa digitalizadora, que forma la poligonal que sustituye a un contorno gráfico), es registrada en una secuencia de dígito octal. Ver Figura I.1



**Fig I.1 Sistema de Coordenadas**

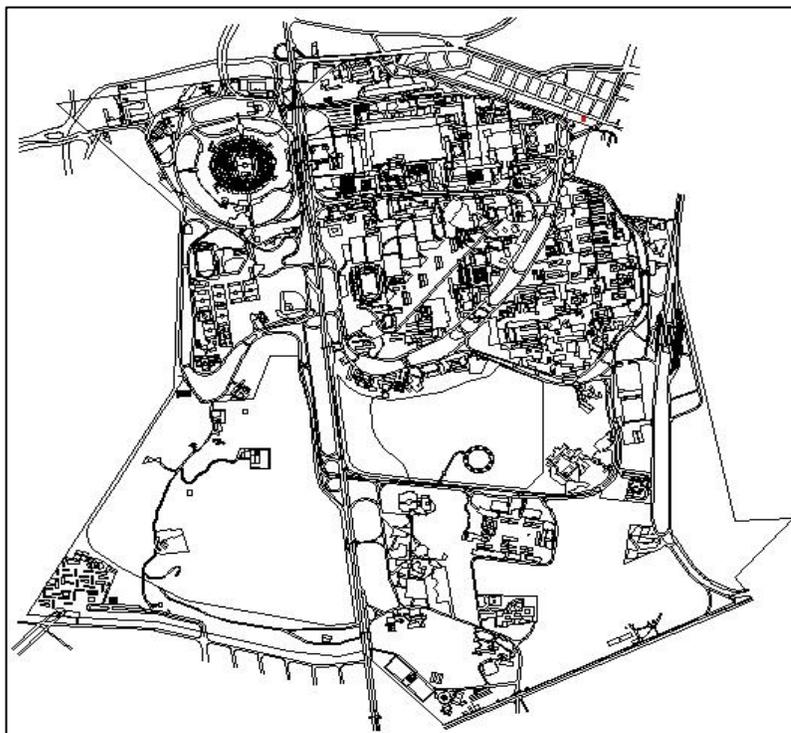
El segundo procedimiento Raster (celdillas) está basado en métodos de barrido (scanner), que convierte la información del mapa o plano en una estructura regular de celdillas o píxeles (Picture elements) que pueden llegar a resoluciones de 0.025 – 0.05 mm de lado. Las celdas de un modelo responden a una determinadas secuencias de filas y columnas que definen el modelo mediante formas matriciales. Aunque existen SIG específicos para tratamiento de información, bien en estructuras vectoriales bien raster, es común que operen con ambas estructuras, disponiendo de conversores para el paso de una a otra.

En general la forma vectorial permite un manejo topométrico de mayor precisión, mientras que las celdillas facilitan de forma importante la obtención de mayor información cruzada mediante la superposición de matrices.

La cartografía empleada para la digitalización, fue la editada por el Instituto de Geografía de la UNAM. Estos trabajos se realizaron utilizando herramientas como el CAD (Computer Aided Design) y tableta digitalizadora: *CalComp*, modelo Drawing Board III. Se obtuvo como resultado una información vectorial y el procedimiento es el siguiente:

1° Una vez colocado el mapa en la tableta, se inicia con activarla desde la plataforma a utilizar, para este trabajo fue AutoCad R14, lo siguiente es la calibración de la tableta que consistió en marcar 3 o más puntos de referencia de coordenadas conocidas sobre el plano de Ciudad Universitaria, para esto se toma como apoyo la retícula del mismo mapa, dicho número se justifica por necesidades de ajuste de escala, aunque con solo tres fue suficiente. Estos puntos seleccionados se registran con el cursor y se introducen sus coordenadas en el ordenador.

2° El siguiente paso es el dibujo de los elementos que se encuentran en el mapa como son construcciones, áreas deportivas, vialidades, etc., con la utilización del cursor y los comandos más comunes de AutoCAD estos son: la curva, la polilínea o línea, y el resultado fue el siguiente:



**Fig I.2 Digitalización del mapa de Ciudad Universitaria**

## **I.5 GEOREFERENCIACION**

La difusión de los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) y los Sistemas de Información Geográfica (GIS) han introducido en nuestro lenguaje cotidiano la palabra Georeferenciar. Esta palabra de apariencia inofensiva encierra en verdad una serie de problemas. En un sentido abstracto, Georeferenciar significa: asignar algún tipo de coordenadas ligadas al terreno a los objetos de interés, sean estos naturales, obras de ingeniería, los vértices de una parcela, etc. Por lo tanto, Georeferenciar significa ubicar en espacio y tiempo el plano o mapa, en un sistema de referencia geodésico dándole orientación, escala y posición, para su utilidad métrica.

Adquirir la información que integrará la base de datos es la operación más laboriosa y más costosa involucrada en el desarrollo de un GIS. Georeferenciar dicha base de datos es, por el contrario, una operación sencilla y de bajo costo relativo. Sin embargo, si se piensa que las coordenadas son el vehículo que permite que distintos usuarios superpongan en el GIS la capa de información de su interés, se advierte que de una georeferenciación correcta depende, en gran medida, el aprovechamiento que pueda hacerse del GIS y multiplica su valor de mercado por cuanto lo hace útil a un mayor número de usuarios.

La expresión georeferenciación correcta involucra varias condiciones, por ejemplo, que los procedimientos de medición y cálculo en base a los que se obtienen las coordenadas de los puntos de apoyo del levantamiento cumplan con ciertos estándares pre-establecidos. Pero la condición más relevante es que dichas coordenadas estén vinculadas al mismo sistema de referencia.

Para Georeferenciar la digitalización del plano de Ciudad Universitaria se utilizó la poligonal realizada en los circuitos de Ciudad Universitaria, en los cuales los vértices fueron colocados de manera que los rasgos físicos coincidan con los marcados en el plano, de esta forma tener puntos en común y facilitar el traslado y rotación de lo digitalizado.

Algunos de los vértices utilizados para este fin son; V-101 (Estadio), V-119 (Espacio) y el V-137 (Medicina) los cuales son puntos de control GPS y de la poligonal. (El plano digitalizado se puede observar como producto final en el anexo 1 del capítulo VI de esta Tesis).

## **CAPITULO II**

### **LEVANTAMIENTO DE LA POLIGONAL**

#### **II.1 EQUIPO**

Para obtener el trabajo planimétrico de nuestra red geodésica fue necesario utilizar equipo electrónico, éste equipo nos ayudó en gran manera a poder realizar el trabajo dada las características de extensión de la poligonal comprendida en el Campus Universitario.

El equipo con el que desarrollamos el trabajo fue el siguiente:

- Teodolito electrónico T1600
- Distanciómetro DI 1600
- Módulo REC
- Baterías
- Prismas
- Bastones
- Tripiés
- Bases nivelantes
- Bípodes
- Flexómetros
- Libretas de Tránsito
- Materiales de apoyo (Pintura en aerosol, Clavos para concreto, Marro, Machete, etc.).

### II.1.1 Teodolito Electrónico T1600

T1600 es un teodolito electrónico de alta precisión (figura II.1). El anteojo que posee es coaxial, por lo que una sola puntería es suficiente para la medición de ángulo al segundo. El distanciómetro en condiciones atmosféricas medias y utilizando 11 prismas tiene un alcance de 4 Km. La precisión en una medida de distancia es  $3\text{mm} + 2\text{ppm}$



Fig II.1 Teodolito Electrónico T1600

Cuenta con un teclado (figura II.2) codificado en color con bloque de entrada numérico, posibilidad de entrada alfanumérica y programas de cálculo integrados, una pantalla para arrojar los datos medidos que en este caso son ángulos horizontal y vertical, las distancias medidas con el distanciómetro cuando se cuenta con él, así como los comandos integrados que sirven para tener diferentes opciones de medición y configuración el equipo.



Fig II.2 Teclado del Teodolito T1600

Antes de comenzar a describir cómo se debe configurar el equipo y cómo se utilizan todos los comandos y la finalidad de cada uno de ellos, es necesario mencionar que el teodolito trabaja mediante energía proporcionada por baterías, cuyas características son las siguientes:

- ◆ Una batería de Niquel-Cadmio GEB77.
- ◆ Dos baterías externas GEB70 y GEB71.

Si el teodolito está conectado a una de estas baterías externas, la batería de Niquel-Cadmio se desconecta automáticamente y no es posible que se cargue ésta con la batería externa. Para el funcionamiento con el teodolito, unidad de registro y el distanciómetro se necesita corriente continua de 12 volts.

Existen tres tipos baterías disponibles. También puede realizarse la conexión a cualquier fuente de corriente continua de 12 volts. Se puede suministrar un cable de conexión para batería de automóvil de 12 volts.

Los datos de duración que a continuación se presentan se refieren a baterías nuevas y a temperaturas ambiente de +20° C. Si se trata de baterías antiguas o si las temperaturas son más bajas la duración es menor.

<b>Módulo de Batería GEB77</b>	<b>Batería GEB70</b>	<b>Batería GEB71</b>
<b>Aprox. 9 horas</b>	<b>Aprox. 35 horas</b>	<b>Aprox. 120 horas</b>

**Tabla II.1 Duración de las Baterías.**

En nuestro caso solo se trabajó con el módulo GEB77 y con la Batería GEB71.

La comprobación de la carga de las baterías se realiza de la manera siguiente: Oprimiendo las teclas



Indica la tensión de la batería (de 1 hasta 9).

Si marca 9 esto nos indica que la batería está totalmente cargada. Cuando la batería está baja, aparece el mensaje BAT en la pantalla. Cuando la tensión de la batería baja de 10.9 Volts, aparece el mensaje 12 y el teodolito se desconecta automáticamente cuando se aprieta la tecla siguiente.

## La Introducción de los datos en el teodolito

El teodolito cuenta con una unidad de registro llamada *Módulo REC*, que sirve para almacenar los datos y posteriormente ser vertidos en una computadora a través de un módulo de lectura (llamado GIF 10) y de un software que permiten la comunicación entre el GIF 10 y la PC. Más adelante se hablará a detalle de ellos.

El *Módulo REC* se maneja desde el teodolito.

La introducción de los datos en el teodolito se hace de la manera siguiente:

<i>SET</i>	<i>MODE</i>	74	<i>RUN</i>	<i>REP</i>	<i>RUN</i>
------------	-------------	----	------------	------------	------------

Elige la configuración del teclado para la interfase.

Apretando una sola vez 

<i>REP</i>
------------

 cambia la configuración del teclado a T1600 o T2000.

Para utilizar los programas de aplicaciones Wild PROFIS, es necesario haber fijado T2000.

<i>SET</i>	<i>MODE</i>	76	<i>RUN</i>	<i>REP</i>	<i>RUN</i>
------------	-------------	----	------------	------------	------------

Elige la unidad de registro

Apretando una sola vez 

<i>REP</i>
------------

 pasa del registro con el GRE al registro con el *Módulo REC*.

<i>SET</i>	<i>MODE</i>	78	<i>RUN</i>	<i>RUN</i>
------------	-------------	----	------------	------------

Fija en el teodolito los parámetros estándar: 2400 baud, paridad par, CRLF.

<i>SET</i>	<i>MODE</i>	99	<i>RUN</i>	<i>REC</i>
------------	-------------	----	------------	------------

Establece el formato de registro estándar.

No punto	Ángulo Hz	Ángulo V	Distancia inclinada	ppm mm
Wi = 11	Wi = 21	Wi = 22	Wi = 31	Wi = 51

Nota: Si se ha fijado por primera vez el formato de registro estándar, aparecerá indicado “OK?” antes de registrar la medición por primera vez.

Apretando de nuevo  se confirma el formato de registro y se registra el bloque de medición.

No es necesario hacer las operaciones anteriores cada vez que se empiece una sesión ya que se mantienen en la memoria después de

$\pm 99$

Borra el formato de registro que estaba fijado.

Wi

Introducción de un formato de registro cualquiera.

11  71  81  82

Fija el formato de registro siguiente:

<i>No de pto.</i>	<i>REM 1</i>	<i>E</i>	<i>N</i>
Wi = 11	Wi = 71	Wi = 81	Wi = 82

Wi = 11	Número de punto	Wi = 51	ppm, mm
Wi = 21	Ángulo horizontal	Wi = 71	Palabra REM 1
Wi = 22	Ángulo Vertical	Wi = 72	Palabra REM 2
Wi = 31	Distancia oblicua	Wi = 81	Coordenada Este
Wi = 32	Distancia horizontal	Wi = 82	Coordenada Norte
Wi = 33	Diferencia de altura	Wi = 83	Altura

Las mediciones que se pueden realizar en el teodolito, ya sea el ángulo horizontal, el ángulo vertical y la distancia vertical, se hacen de la siguiente manera:

*DIST* Inicia la medición de distancia realizando la correcta puntería al reflector

*REC* Registra el bloque de medición.

El ángulo horizontal registrado se refiere a la realizada en el instante del registro. El ángulo vertical registrado se refiere a la puntería correspondiente al instante de terminar la medición de distancia.

*ALL* Inicia la medición de distancia, registra el bloque de medición e incrementa en una unidad (1), la numeración correlativa del punto.

*REP* *REC*   ó   *REP* *ALL*

Asigna al bloque de medición el mismo número de punto que al bloque anterior.

Después de haber realizado una medición y una vez registrado éste bloque en el módulo REC, estos datos se pueden visualizar en la pantalla de la siguiente manera:

Al oprimir la tecla *DATA*

*DATA* Cambia el teodolito al modo DATA

*RUN* Acaba la función DATA

*DATA* ← → *RUN*

Indicación palabra por palabra, hacia adelante o hacia atrás.

*DATA* *FIND* n° *RUN*

Búsqueda de un bloque de medición con un determinado número de punto.

El comando *FIND* revisa el contenido de la memoria, empezando por el final.

*SET* *MODE* 99 *RUN*  $\pm$  • *RUN*

Borra todo el contenido del módulo REC. No es posible un borrado parcial de sólo algunos datos.

### II.1.2 Distanciómetro DI 1600.

Dentro del equipo electrónico empleado en el apoyo horizontal, este teodolito trabaja simultáneamente con el distanciómetro DI 1600 el cual se puede utilizar para levantamientos topográficos y geodésicos.

Este dispositivo (distanciómetro DI 1600) determina la distancia mediante la medición indirecta del tiempo que le toma a la energía electromagnética de velocidad conocida, viajar de un extremo a otro de la línea y regresar. El esquema de medición indirecta del tiempo consiste en determinar cuántos ciclos de energía electromagnética son necesarios para recorrer el doble de la distancia a medir.

La frecuencia (tiempo necesario por ciclo) es controlada por el distanciómetro y de esta forma el tiempo total de recorrido es conocido. Al multiplicar el tiempo total por la velocidad y al dividir el resultado por 2, se obtiene la distancia requerida.

Este distanciómetro cuenta con un contrapeso que le permite permanecer equilibrado en cualquier posición. También cuenta con un teclado para poder operarlo y realizar los ajustes necesarios para obtener las distancias correctas.

En condiciones atmosféricas medias y utilizando 11 prismas se tiene un alcance de 4 km. La precisión en una medición es de  $3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$ . Este distanciómetro puede arrojar resultados muy exactos, con una resolución entre 1 y 6 partes por millón (error relativo). Así, por ejemplo, un error de 5 partes por millón representa 5 mm de error por cada kilómetro medido.



**Fig II.3 Distanciometro DI 1600**

### II.1.3 Configuración del Teodolito Electrónico y el Distanciómetro.

Antes de iniciar un trabajo de campo se requiere una configuración del teodolito junto con el distanciómetro de la siguiente manera:

(a) Colocar el distanciómetro en el antejo

(b) Fijar en el teclado del teodolito con los botones

SET

ppm

la corrección por refracción atmosférica expresada en partes por millón “ppm”

Al ingresar dicha cantidad con la parte numérica del teclado, se obtiene la corrección ppm, se utiliza el siguiente nomograma incluido en el instructivo del teodolito, al terminar esta operación teclear el botón

RUN

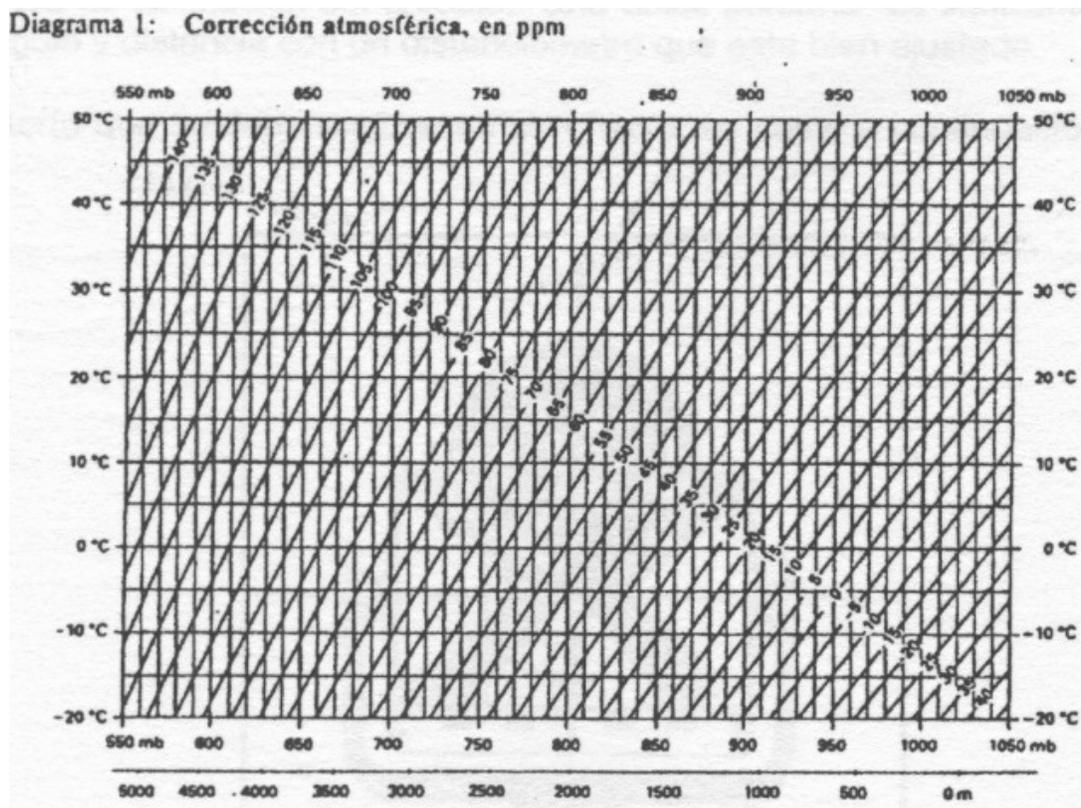


Fig II.4 Corrección atmosférica en ppm.

Con la introducción de una corrección de escala (ppm) se pueden aplicar las reducciones que son proporcionales a la distancia como por ejemplo, la corrección atmosférica, la reducción a nivel del mar o la distorsión de la proyección.

La distancia indicada es correcta solo si la corrección ppm introducida corresponde a las condiciones atmosféricas reinantes en el momento de la medición. La corrección atmosférica tiene en cuenta la presión atmosférica, la temperatura del aire y la humedad relativa del aire.

La humedad del aire influye en la medición de distancia, ante todo en climas húmedos y cálidos.

También para mediciones de gran precisión hay que medir la humedad relativa del aire e introducirla junto con la presión atmosférica y la temperatura.

El índice de cálculo del grupo  $n = 1.0002818$  se calcula con la fórmula de Barrel y Sears y vale para la onda portadora del distanciómetro (*DISTOMAT*)  $0.85 \mu\text{m}$  con una presión atmosférica  $p = 1013.25 \text{ mb}$ , una temperatura del aire  $t = 12^\circ\text{C}$  y una humedad relativa del aire  $h = 60\%$ .

$$\Delta D_1 = 281.8 - [ (029065 * p) / (1 + \alpha * t) - ( (4.126 * 10^{-4} * h) / (1 + \alpha * t) * 10^x ) ]$$

Donde :

$\Delta D_1$  = corrección atmosférica (ppm).

$p$  = presión atmosférica (mb).

$t$  = temperatura del aire ( $^\circ\text{C}$ ).

$h$  = humedad relativa del aire (%).

$$\alpha = 1 / 273.16$$

$$x = (7.5 * t / (237.3 + t)) + 0.7857$$

(c) Fijar en el teclado con los botones SET mm

la constante del reflector, se debe ingresar dicha cantidad con la parte numérica “mm” del teclado y al terminar esta operación teclear RUN

Con la introducción de la constante del reflector que se memoriza en el distanciómetro, se asegura que la distancia en el indicador sea correcta debe fijarse antes de cada medición la constante correspondiente al tipo de prisma utilizado. El valor de la constante para los prismas circulares Wild es 0 mm, para otros prismas hay que determinar esta constante.

(d) Ajuste del distanciómetro. El ajuste que se le practica al distanciómetro se describe en este mismo capítulo dentro del tema II.1.7 Ajustes del Teodolito Electrónico y del Distanciómetro.

#### II.1.4 Reflector o Prismas.

Es necesario mencionar que para poder realizar una medición el rayo infrarrojo que manda el distanciómetro debe reflejarse en un reflector para que una medición sea correcta.

Los reflectores de LEICA o prismas se colocan en los bastones que son ajustables hasta una altura de 2 metros y el bípode sólo es utilizado cuando está orientado el aparato.

Para realizar medidas sin errores con este distanciómetro, el rayo infrarrojo debe ser paralelo a la línea de colimación del anteojo. Una única puntería es suficiente para realizar una medición de ángulo y distancia con un distanciómetro que está bien ajustado.

#### Constante del prisma

El centro óptico de reflexión del prisma debe coincidir con la línea de la plomada en la estación (donde se pone el bastón con el prisma). En cuyo caso la constante (mm) es igual a 0, como ocurre con los prismas de Leica. Si se utiliza otra marca de prisma debe determinarse esta constante e introducirla en el teodolito con la función mm, expresada en milímetros.

La puntería que se realiza en el reflector se muestra en la figura II.5

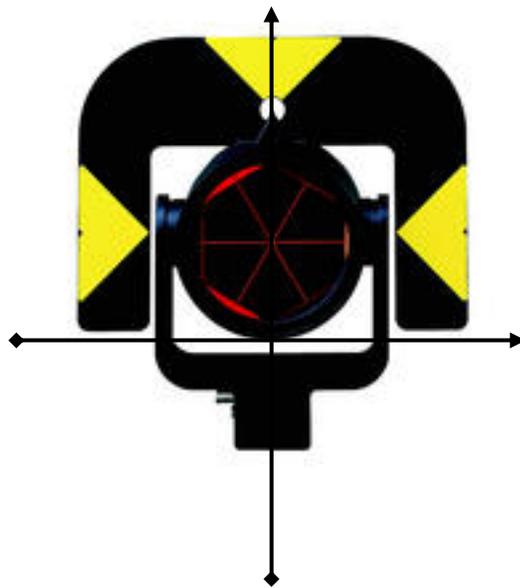


Fig II.5 Puntería al Reflector

### II.1.5 Tipos de Formatos existentes en la pantalla del Teodolito.

En este teodolito electrónico se pueden visualizar diferentes formatos en la pantalla (display), al igual que en los registros de campo en las libretas de tránsito, los cuales se pueden seleccionar para observar los datos más convenientes dependiendo del tipo de usuario o el tipo de levantamiento que se esté realizando.

Los datos que contienen estos formatos son los siguientes:

- 1) Coordenadas. Norte y Este (y,x). Se visualiza oprimiendo las teclas DSP y 3.

**500.000**

**500.000**

- 2) Angulo horizontal y distancia horizontal. Se visualiza oprimiendo las teclas DSP y 5.

**215 34 58**

**78.219**

- 3) Angulo vertical y distancia inclinada Se visualiza oprimiendo las teclas DSP y 7.

**69° 21' 08"**

**81.159**

- 4) Número de punto. Se visualiza oprimiendo las teclas DSP y 9.

***nr***

**45**

Es preciso señalar que los ejemplos sólo se podrán observar en pantalla haciendo antes una medición.

## II.1.6 Tipos de mensajes de los errores más frecuentes.

Es importante conocer los errores más frecuentes que se presentan al momento de operar este teodolito.

Los errores se indican de la forma siguiente:

- ◆ Error 

XX
----

 manejo erróneo del teodolito o fallo en el funcionamiento del mismo.
- ◆ Error 

OXX
-----

 mensaje de error en la unidad de registro.
- ◆ Error 

2XX
-----

 mensaje de error en el distanciómetro.

La tabla II.2 muestra los más frecuentes:

<b>Error</b>	<b>Causa</b>	<b>Medidas a tomar</b>
<b>1</b>	Comando SET MODE no válido	CE, corregir entrada
<b>2</b>	La determinación del índice vertical o del error de colimación no ha empezado en la posición 1 del anteojo	CE, comenzar en la posición 1
<b>5</b>	REC durante la medición de distancia	CE CE, repetir la medición
<b>9</b>	Se ha llegado al número de punto 99 999 999 (numeración ascendente) +o al 0 (numeración descendente)	CE; en numeración ascendente, el próximo número será 0, en numeración descendente, 99 999 999
<b>12, 212</b>	La tensión de la batería es demasiado débil	Apretar una tecla para desconectar el teodolito
<b>14</b>	Comando no permitido durante la medición de distancia	CE CE , repetir la medición
<b>21</b>	Error de paridad o de velocidad de transmisión errónea en la recepción de datos	CE comprobar los parámetros fijados y la conexión del cable
<b>221,-226</b>	Error de interfase en el distanciómetro	CE si persiste el error, avisar al servicio técnico
<b>22</b>	En el modo de comandos, al apretar REC el teodolito no recibe “?”	CE, comprobar la conexión del aparato GRE o al computador y los parámetros fijados

<b>39</b>	El <i>distomat</i> no responde	CE, comprobar parámetros fijados en distanciómetro y conexión
<b>255</b>	Falta de señal del distanciómetro	CE, elevar número de prismas
<b>58</b>	El aparato no está bien nivelado	CE, nivelar el instrumento
<b>71</b>	Los valores requeridos no están bajo este número	CE
<b>72</b>	La memoria del módulo REC está casi llena; aún se pueden registrar otros 20 bloques	CE, se trata de un aviso previo que se repite después de cada bloque siguiente
<b>73</b>	No existe el número de punto buscado	CE
<b>79</b>	Falta el módulo REC	CE, insertar el módulo REC

**Tabla II.2 Mensajes de errores más frecuentes.**

## II.1.7 Ajustes del Teodolito Electrónico y del Distanciómetro DI 1600

Los ajustes que uno mismo le puede realizar al Teodolito Electrónico son los siguientes:

### a) Ajuste para minimizar el error de colimación.

La línea de puntería se ha ajustado en la fábrica todo lo mejor posible. Si el error de colimación supera los  $30^\circ$ , se recomienda ser ajustado mejor en un taller especializado. Para ajustar el error de colimación se desenrosca la parte trasera del mango de enfoque, tras visar el punto se introduce el comando



Se adiciona algebraicamente si la puntería se realiza en la posición uno, o se resta en la posición dos, el error de colimación a la lectura del círculo horizontal y se fija con el botón de movimiento horizontal, el valor calculado.

Si el trazo vertical queda a la izquierda del punto visado se suelta un poco el tornillo de ajuste situado a la izquierda del ocular del anteojo con la clavija de ajuste.

En la misma medida se aprieta el tornillo derecho y se controla el efecto en el anteojo. Se corrige así, paso a paso hasta que el trazo vertical y el punto visado coincidan.

Debe evitarse apretarse en exceso los tornillos, por último se repite la comprobación para control y se vuelve a enroscar al manguillo de protección.

El error de colimación se determina y memoriza en la fábrica para cada instrumento antes del suministro. El valor memorizado se tiene en cuenta en cada medición de ángulos horizontales, por lo que cualquier momento se puede determinar un nuevo error de colimación y memorizarlo en el instrumento.

### b) Ajuste para minimizar el error del índice vertical.

El error de índice vertical se determina y memoriza en la fábrica antes de suministrarse el aparato. El valor memorizado se tiene en cuenta en cada medición de ángulos verticales, por lo que en cualquier momento se puede calcular un nuevo error de índice vertical y memorizarlo en el instrumento.

**SET**      **MODE**      10      **RUN**

Aparece en el indicador el último valor memorizado del error de índice vertical.

En la posición 1 del anteojo se dirige la visual al punto señalado.

**RUN**      Borra el indicador

Se dirige la visual al mismo punto pero en la posición 2 del instrumento.

**RUN**      Indicación del nuevo error de índice vertical.

**RUN**      Se memoriza el nuevo valor.

**CE**      Termina la función y se conserva el valor índice vertical.

El ajuste que se realiza al Distanciómetro DI 1600 es el que a continuación se describe:

Para que las mediciones realizadas con el distanciómetro no presenten errores, el rayo de medición debe ser paralelo a la línea de puntería del anteojo, para así, comprobarse que el distanciómetro asiente correctamente sobre el anteojo del instrumento.

Con la tecla **TEST** en el distanciómetro se envía la señal de recepción, ésta se puede visualizar en la pantalla del distanciómetro mediante unas líneas y que además representan la tensión de las baterías. Si existe un fuerte desajuste, el distanciómetro no recibirá señal alguna y entonces se procederá al ajuste.

- 1) Se enciende y presiona la tecla **TEST** en el distanciómetro
- 2) Se hace una puntería con la bayoneta que se encuentra en la parte superior del distanciómetro hacia el reflector y se busca la señal con los tornillos tangenciales del teodolito hasta encontrarla (si se ha encontrado la señal, aumentarán las líneas en la pantalla del distanciómetro y se escuchará un chillido más fuerte).

- 3) Una vez encontrado se procede a realizar la corrección de la forma siguiente:  
Con los tornillos de los movimientos tangenciales ya sea horizontal o vertical se coloca la recepción de la señal en cuatro líneas en la pantalla del distanciómetro.

Ahora se observa por el anteojo dónde quedó la línea de colimación con respecto a la puntería que debe hacerse en el prisma. Se recorre con los mismos tornillos tangenciales la misma distancia pero en sentido contrario respetando el movimiento que se haya hecho ya sea horizontal o vertical.

Se gira el tornillo de ajuste del efecto horizontal o vertical (éstos se encuentran en la parte inferior del distanciómetro) y se ajustan con una llave tipo Allen (proporcionada por el fabricante) según el que se haya movido primero hasta visualizar cuatro líneas en la pantalla del distanciómetro. Posteriormente se realiza el mismo ajuste con el otro tornillo que no se ha ajustado.

Para comprobar que se ha realizado un buen ajuste, se visa al reflector en la forma correcta y al observar la intensidad de la señal en el distanciómetro. Si se satisface, el ajuste ha sido el correcto. De no ser así, se procedería a efectuar de nuevo el ajuste.

## II. 1. 8 EQUIPO DE CÓMPUTO Y PERIFERICOS

En la actualidad, gracias al avance de la tecnología, la computadora se ha convertido en una herramienta fundamental para el desarrollo de proyectos o estudios como el realizado en el Campus de Ciudad Universitaria. Por consiguiente, el equipo de cómputo utilizado para el vaciado de los datos obtenidos en campo y el dibujo automatizado de los planos es el que a continuación se menciona:

Las características del equipo de cómputo que se utilizó fue:

- Una computadora marca HP.
- Con procesador Pentium III a 400 Mhz.
- Con un disco duro de una capacidad de 12 Giga bites.
- Memoria RAM de 64 Mega bites.

En lo que respecta al equipo periférico utilizado fueron:

- Impresoras de tonner.
- Plotters con inyección de tinta.
- Los módulos REC, los cuales sirvieron para almacenar la información recolectada en campo.
- El Wild GIF-10 que es una lectora de los *Módulos REC* (figura II.6).



**Fig II. 6 Lector Wild GIF 10 y el Módulo REC**

El GIF-10 es una interfase universal entre el módulo REC y una computadora personal. Se utiliza para indicar, transferir y recibir datos y también para copiarlos en otro *Módulo REC*.

## Programa Wildsoft

El programa *Wildsoft* es un software que se utiliza para el cálculo de dibujo topográfico, fue creado por Wild Leitz, actualmente *Leica*. La versión 1.0 fue liberada en 1986, llegando hasta la versión 1.65 de 1992. El sistema funciona en el entorno MS-DOS y emplea la técnica del MENU para navegar dentro de las diversas rutinas que lo integran

Su filosofía es de los datos de campo al dibujo terminado que implica la configuración de un sistema de medición, cómputo e impresión constituido por la estación total T1600, la lectora de datos de campo, la computadora personal, el software WILDISOFT, otros sistemas (Autocad , procesadores de texto, impresoras, etc )

Con la integración de un sistema como el descrito, se logra la automatización total de las tareas topográficas, ya que la adquisición de los datos de campo, la transferencia de datos a la computadora, el cálculo y dibujo, es rápida, confiable y precisa, lo que implica mayor eficiencia y productividad.

Ahora si agregamos al sistema la computadora portátil con módem, una impresora portátil, un teléfono en oficina y el fax. Se logra además una autonomía y versatilidad jamás antes vista, por la capacidad de respuesta a las siempre urgentes tareas de medición, que redundan en menores costos de operación.

Es un sistema integrado de campo y oficina WILDISOFT es el eje del entorno, ya que además de recibir la información de campo colectada electrónicamente, permite entradas manuales, ejecutar el cálculo topográfico, transferir los resultados a otros sistemas ya sea de dibujo o texto para su impresión posterior, retroalimenta al equipo de campo con valores de coordenadas definitivas para ser usadas durante la etapa de replanteo.

Las primeras seis versiones del sistema requerían la presencia de un disco llave formato 5 o ¼ o 3½, que se entregaba junto con el software al momento de su compra, sin embargo, la última versión (1.65) eliminó ese requisito y se convirtió en un software de dominio público.

Está constituido por ocho módulos principales, tres de los cuales se adquirirían por separado y funciona siempre y cuando se disponga del respectivo disco llave y la versión básica, compuesta por el resto de los módulos (5) y que es de dominio público.

El sistema, aunque es antiguo, es un potente sistema de cálculo topográfico, que seguramente no ha sido superado por ninguno de los modernos sistemas que funcionan dentro del ambiente gráfico del Windows.

De entrada, basta decir que WILDISOFT permite toda clase de configuraciones respecto a las unidades de medida angular (grados sexagesimales, grados decimales, grados y otros) y de medida lineal (metros, pies, etc.). Incluso se puede definir alguno propuesto por el usuario

Los Métodos de medida angular son:

- Repeticiones.
- Direcciones.
- Ángulo simple.

los métodos de medida lineal son:

- Distancia horizontal.
- Distancia vertical.
- Distancia inclinada mediante EDM.
- Distancia zenital o ángulo vertical.
- Configuración del equipo de campo el cual es la distancia de separación entre el eje de alturas entre el teodolito electrónico y el distanciómetro (offset).
- Distancia de separación entre la tableta señaladora y el prisma (offset).  
parámetros de dibujo.
- Parámetros operativos (numeración automática de puntos y protección de puntos).

En cuanto a los métodos de ajuste horizontal de coordenadas WILDSOFT dispone de los siguientes métodos:

Brújula, crandall, tránsito, mínimos cuadrados o sin ajuste. Aplica o no, un factor de escala distinta de la unidad, aplica o no, el factor de curvatura de la Tierra y refracción atmosférica, ajusta o no ajusta los ángulos horizontales.

Lo anterior implica que las coordenadas de los polígonos y radiaciones derivadas serán ajustadas y compensadas por cualquiera de los métodos descritos ya sea en un sistema local de coordenadas o en alguna proyección cartográfica.

Respecto a los métodos de ajuste vertical de elevaciones, WildSoft dispone de la nivelación trigonométrica (distancia inclinada derivada de una medida con estadal, cinta o distanciómetro electrónico y distancia zenital o ángulo vertical), como único método de compensación. La nivelación trigonométrica puede ser simple o con medidas recíprocas, lo que permite alcanzar mejor exactitud en las elevaciones.

Con WildSoft se pueden realizar gran cantidad de cálculos a partir de las coordenadas compensadas y enviar los resultados a un procesador de texto, las coordenadas compensadas de los polígonos y radiaciones de terreno se envían a un sistema de dibujo (Autocad, etc.), en formato DXF. En teoría WildSoft, fue diseñado para generar por sí mismo la parte gráfica del levantamiento y enviar su salida a un plotter y dibujo, es el más pobre en cuanto a desempeño y prácticamente fue desechado por los usuarios del sistema desde sus primeras versiones, ya que siempre existe la posibilidad de enviar toda la información a Autocad.

En resumen consideramos que de WildSoft es notable el desempeño de los módulos; es rescatable la habilidad que tiene el sistema para generar y dibujar líneas entre puntos y dibujar bloques o figuras de acuerdo a códigos del usuario.

Para el funcionamiento con el teodolito T1600, unidad de registro y DISTOMAT se necesita corriente continua de 12 V. Existen tres tipos de baterías: la primera conocida como módulo de batería GEB 77 y las últimas son las baterías externas GEB 70 y GEB 71.

Para la adquisición de datos (el registro de la información) se utilizó el módulo REC Wild GRM 10 con la versión del T1600 que está dotada del receptáculo para dicho módulo.

Para la introducción de datos se necesita la configuración del teclado para un mejor manejo del equipo durante el desarrollo del trabajo.

## II. 2 METODOLOGÍA.

Primeramente se establecieron los puntos en el terreno (vértices de la poligonal) para posteriormente empezar los trabajos de levantamiento con el equipo ya mencionado.

Lo que se realizó con respecto al desarrollo de la práctica fue lo siguiente: Consistió en medir ángulos y distancias, ya que el equipo que utilizamos es de muy alta tecnología, nos facilitó el trabajo, puesto que solamente necesitamos hacer las observaciones en cada vértice.

### II. 2. 1 Método de Direcciones de Bessel

Consiste este método en visar dos veces cada punto del terreno, primero con el anteojo en posición normal y después con el anteojo en posición invertida Posición II, previa vuelta de campana al anteojo y giro, respecto al limbo horizontal, de  $180^\circ$ .

Para pasar de una a otra postura debe realizarse el procedimiento conocido como Método de Direcciones de Bessel, consistente en girar el instrumento  $180^\circ$  respecto a su eje principal. Ahora bien, como en dicha maniobra se habrá invertido el ocular del anteojo por su objetivo, será preciso cabecear éste alrededor de su eje secundario con el fin de que adopte la elevación correcta para poder observar el punto en cuestión.

El Método de Direcciones de Bessel implica un incremento de  $180^\circ$  en la lectura del limbo del limbo acimutal. Y otro incremento variable respecto a la estación de observación, pero siempre su lectura normal (CI) y la obtenida tras el cabeceo del anteojo (CD) tendrá que sumar  $360^\circ$ .

En el caso de observaciones cenitales tomaremos como valor definitivo el correspondiente cuando el limbo adopta la graduación como se muestra en la figura II.7

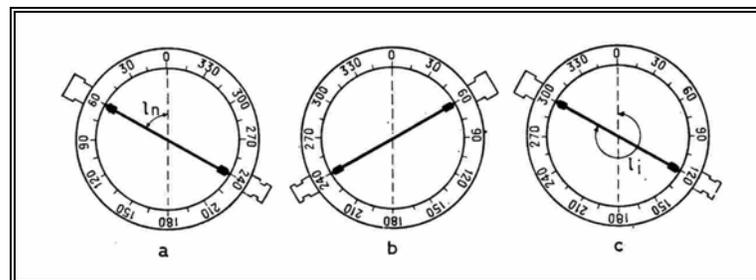


Figura II. 7 Movimientos del Limbo

La distancia cenital  $\Delta$ , al enfilar al punto (posición a), vendrá dada por la lectura  $ln$  (anteojo normal).

Si ahora hacemos girar al instrumento  $180^\circ$ , ocupará la (*posición b*) cambiando de lugar el círculo, con lo cual, para un observador inmóvil, al ver ahora la otra cara del limbo, crecerá la graduación en sentido contrario al de antes de dar la vuelta de campana al anteojo, hasta enfilar nuevamente al punto (*posición c*), la lectura *li* del limbo será igual a  $360^\circ - \Delta$ .

La práctica del Método de Direcciones de Bessel, no sólo incrementa la precisión en la medición de ángulos, también controla las equivocaciones o errores significativos que pueden darse en las observaciones, así como los debidos a desajustes y falta de calibración.

En estos últimos está la mayor incidencia de esta regla, al controlar de manera eficaz el error de colimación horizontal y el del índice vertical.

La metodología para el T1600 consiste en la utilización de códigos para la observación y registro de los datos observados de la poligonal. Después de comprobar la puesta del instrumento en la estación, es necesario realizar lo siguiente:

1. Verificar estado de la batería,
2. Establecer la forma de registro con el modulo de REC.
3. Introducir la constante ppm,
4. Verificar la constante del prisma mm.
5. Establecer la forma estándar de registro.
6. Borrar todo el contenido del módulo REC.

Estas acciones se realizan al iniciar el trabajo del día y ya no se vuelven a realizar. A continuación se introducen los códigos siguientes:

**CODE**    1    **RUN**

Sirve para iniciar el Trabajo

En la pantalla aparece la leyenda **INFO 1**

Se introduce el número de estación ocupada y se presiona la tecla **RUN**

En la pantalla aparece la leyenda **INFO 2**

Se introduce el azimut de referencia y se presiona la tecla **RUN**

En la pantalla aparece la leyenda **INFO 3**

Se introduce la estación de referencia atrás y se presiona la tecla **RUN** y **REC**

(esta INFO es excluyente de la anterior)

**CODE** 2 **RUN**

Sirve para ocupar punto inicial.

En la pantalla aparece la leyenda **INFO 1**

Se introduce el número de estación ocupada y se presiona la tecla **RUN**

En la pantalla aparece la leyenda **INFO 2**

Se introduce la altura del instrumento y se presiona la tecla **RUN**

En la pantalla aparece la leyenda **INFO 3**

Se introduce el número del punto atrás y se presiona la tecla **RUN** y **REC**

**CODE** 3 **RUN**

Establece el punto de adelante de la Poligonal.

En la pantalla aparece la leyenda **INFO 1**

Se introduce el número de estación adelante y se presiona la tecla **RUN**

En la pantalla aparece la leyenda **INFO 2**

Se introduce la altura del prisma adelante y se presiona la tecla **RUN**

En la pantalla aparece la leyenda **INFO3**

Se introduce la altura del prisma atrás y se presiona la tecla **RUN** y **REC**

Posteriormente a esto, se coloca el anteojo en posición I, y se dirige a la señal de referencia atrás, (en este caso como es la primera estación de la poligonal se puede elegir como referencia una señal permanente y visible como alguna antena, o punta de pararrayos, etc.), llevándola al centro de los hilos de la retícula, la lectura del círculo horizontal que aparece en la pantalla puede modificarse y establecerse con el azimut de referencia, o bien dejarse en la lectura arbitraria que señala el instrumento, esto es opcional.

A continuación se graba en el *Módulo REC*, apretando únicamente la tecla **REC**

con esto se registra con el formato estándar el número de estación ocupada, la lectura del círculo horizontal, el ángulo vertical, así como la distancia, en este caso la distancia es cero puesto que no se midió con la tecla DIST.

Después se afloja el tornillo que fija el movimiento azimutal y se dirige el anteojo hacia la estación de adelante, y al situarla dentro del campo de la retícula, se lleva al centro con un movimiento suave del tornillo tangencial horizontal, haciéndolo girar en el sentido creciente de las divisiones del círculo. Hecha la coincidencia se registran con el formato estándar las mediciones apretando la tecla ALL

Terminada esta lectura, se invierte el anteojo para ponerlo en posición II, realizando la lectura en el punto de adelante y después se vuelve a visar la señal origen, es decir a la primera que se leyó, en posición I para también tomar la lectura.

Esto se hace por tres veces para así completar tres series por lo menos, para después moverse a los otros vértices.

A continuación mostramos un ejemplo de registro electrónico donde se muestra una serie de mediciones con el método de direcciones de Bessel:

```
ACTIVE FILES:
  Job File:      010901.JOB
  Coord File:   POLCIR1.CRD
  Field Data File: POLCIR1.FLD
  Plot File:    010901.PLT
  Summary File: 010901.CMD

=====
=====
FIELD DATA ENTRY AND TRAVERSE CALCULATIONS
=====
=====
Field Data File Log

Units of Measurement:
Angles: DDD.mmsss      Distances: Meters
Methods of Measurement:
Angles: DIRS           Distances: EDM
-----
-----
Rec.  Command      HZ      VT      SD
-----
-----
0001  1 START        101      100      N AZ  00 00 00.0
-----
0002  2 OCCUPY       101      1.45
0003  3 FS TP        102      1.47
1.50
0004  BS             233 18 55.0  91 41 50.0  403.70
0005  FS             333 45 51.0  88 32 10.0  266.95
```

0006	BS	53	18	34.0	268	18	18.0	0.00	
0007	FS	153	45	42.0	271	27	53.0	0.00	
0008	BS	233	18	49.0	91	41	44.0	403.70	
0009	FS	333	45	55.0	88	32	14.0	266.95	
0010	BS	53	18	39.0	268	18	23.0	0.00	
0011	FS	153	45	41.0	271	27	55.0	0.00	
0012	BS	233	18	47.0	91	41	45.0	403.70	
0013	FS	333	45	51.0	88	32	09.0	266.95	
0014	BS	53	18	28.0	268	18	19.0	0.00	
0015	FS	153	45	39.0	271	27	55.0	0.00	
-----									
0016	2 OCCUPY	102			1.47			101	
0017	3 FS TP	103							1.52
1.45									
0018	BS	33	27	44.0	91	28	32.0	266.95	
0019	FS	175	53	51.0	90	59	47.0	217.37	
0020	BS	213	27	22.0	268	31	29.0	0.00	
0021	FS	355	53	43.0	269	00	23.0	0.00	
0022	BS	33	27	38.0	91	28	27.0	266.95	
0023	FS	175	53	52.0	90	59	43.0	217.36	
0024	BS	213	27	18.0	268	31	29.0	0.00	
0025	FS	355	53	22.0	269	00	27.0	0.00	
0026	BS	33	27	30.0	91	28	35.0	266.95	
0027	FS	175	53	49.0	90	59	49.0	217.36	
0028	BS	213	27	21.0	268	31	26.0	0.00	
0029	FS	355	53	39.0	269	00	05.0	0.00	

La primera columna muestra los números de registro en el *Módulo REC*.

En el primer renglón, el número 2 indica un código que identifica la estación ocupada y el 108 indica el número de estación ocupada, el 1.62 es la altura del aparato y el 107 es el punto de atrás.

En el segundo renglón, el número 3 es un código que indica el punto de adelante cuyo número es el 109, el 1.70 es la altura del prisma.

FS (*foresight*) indica vista adelante.

BS (*backsight*) indica vista atrás.

De los renglones 3 al 6 podemos ver en la columna tercera y cuarta, las lecturas de los ángulos horizontales y ángulos verticales, así como en la última columna aparece la distancia inclinada.

Es necesario indicar que las lecturas en campo se hacen así: Posición 1 punto atrás, luego posición 1 punto adelante, después en posición 2 punto adelante y finalmente posición 2 punto atrás. Sólo que el programa de Wildsoft lo ordena de la manera que se ilustra en el ejemplo anterior.

Nota: Como aclaración en los renglones 5 y 6 en la columna de la distancia inclinada se leen ceros en ambos registros, esto debido a que dichas lecturas se encuentran en la posición 2 (posición invertida), donde el distanciómetro no realiza mediciones.

### II. 3 LEVANTAMIENTO.

El trabajo realizado en estas prácticas está constituido por un total de 46 vértices de los cuales en la primera sesión se levantaron 6 vértices, en las sesiones siguientes se realizaron en promedio 9 vértices por sesión.

La figura II.8 muestra el recorrido total que se realizó durante el levantamiento.



**Figura II. 8** Recorrido total para el trabajo del levantamiento de la poligonal en Ciudad Universitaria ( y puntos GPS)

Los datos de campo pueden consultarse en anexos, documento Anexo 2.

## II. 4 PROCESO Y RESULTADOS

Con lo que respecta a la descarga de la información (o bajada de datos), lo que se utilizó fue el dispositivo Gif-10. Con este dispositivo lo que se hace es introducir el módulo REC al Gif-10 y luego éste lo va a transferir a la computadora.

A continuación lo que se hizo fue el procesamiento de datos, aquí lo que se hace es utilizar el software llamado Wildsoft (trabaja bajo el ambiente de MS-DOS).

Cuando se empieza a trabajar con la información, lo que se tiene que revisar primero es cuántos errores hay, ya que éstos se pudieron cometer durante la práctica, después de identificarlos se procede a corregirlos dentro del programa *Wildsoft*. Esto se hace manualmente y se vuelve a continuar para que ya con los datos corregidos se pueda finalmente ver dibujado los vértices levantados en la práctica.

Al transferir los datos de campo del módulo REC a la computadora, el programa *Wildsoft* crea un archivo llamado de colección con extensión .COL, ejemplo;

poli1 .col

Éste archivo se revisa y se edita a través del programa *Wildsoft* para corregir posibles errores de campo como pueden ser numeración, punto visados, altura de aparato, etc.

Una vez corregido este archivo de colección el programa WildSoft lo procesa y crea un nuevo archivo con extensión fld, ejemplo:

Pol.fld

El cual se revisa para que haya secuencia lógica y no falten datos

Una vez corregido este archivo de datos de campo se procesa y se obtiene la poligonal calculada sin compensar, así como la precisión relativa obtenida.

```
=====
FIELD DATA COMPILER
=====
Field Data File:  POLCIR1.FLD
Coordinate File:  POLCIR1.CRD
Plot File:        010901.PLT

Field File Check:
-----
-----

Compiler Errors:  0
Missing Data:     0
```

```

-----
-----
Point          Descriptor          X          Y          Z
-----
-----
Reference Line From: 101          N AZ  00 00 00.0
Backsight Point:      100
Scale Factor:         1.0000000

101                1000.0000    1000.0000
1000.0000

From: 101          Inst. Ht: 1.45          FS Tar. Ht: 1.47          BS Tar. Ht:
1.50
Traverse N AZ 100 27 04.5    Hz. Dist: 266.87          Vt. Dist: 6.80
102

From: 102          Inst. Ht: 1.47          FS Tar. Ht: 1.52          BS Tar. Ht:
1.45
Traverse N AZ 62 53 18.3    Hz. Dist: 217.33          Vt. Dist: -3.82
103

From: 103          Inst. Ht: 1.52          FS Tar. Ht: 1.54          BS Tar. Ht:
1.47
Traverse N AZ 164 58 15.8    Hz. Dist: 89.04          Vt. Dist: 5.18
104

From: 104          Inst. Ht: 1.53          FS Tar. Ht: 1.45          BS Tar. Ht:
1.52
Traverse N AZ 146 09 03.2    Hz. Dist: 98.07          Vt. Dist: -1.87
105

From: 105          Inst. Ht: 1.46          FS Tar. Ht: 1.41          BS Tar. Ht:
1.53
Traverse N AZ 105 02 40.5    Hz. Dist: 233.17          Vt. Dist: 1.44
106
***** WARNING: ANGLES OUT OF TOLERANCE *****
*****

From: 106          Inst. Ht: 1.52          FS Tar. Ht: 1.69          BS Tar. Ht:
1.66
Traverse N AZ 100 15 47.2    Hz. Dist: 158.92          Vt. Dist: 5.26
107

From: 107          Inst. Ht: 1.62          FS Tar. Ht: 1.62          BS Tar. Ht:
1.60
Traverse N AZ 115 02 33.7    Hz. Dist: 126.82          Vt. Dist: 6.01
108

From: 108          Inst. Ht: 1.62          FS Tar. Ht: 1.62          BS Tar. Ht:
1.62
Traverse N AZ 112 36 24.7    Hz. Dist: 52.22          Vt. Dist: 0.42
109

```

\*\*\*\*\* WARNING: ANGLES OUT OF TOLERANCE \*\*\*\*\*

From: 109	Inst. Ht: 1.62	FS Tar. Ht: 1.61	BS Tar. Ht: 1.62
Traverse N AZ 74 04 50.6	Hz. Dist: 64.91	Vt. Dist: -2.44	109B
From: 109B	Inst. Ht: 1.64	FS Tar. Ht: 1.55	BS Tar. Ht: 1.70
Traverse N AZ 10 41 23.4	Hz. Dist: 70.16	Vt. Dist: -3.84	110
From: 110	Inst. Ht: 1.54	FS Tar. Ht: 1.73	BS Tar. Ht: 1.66
Traverse N AZ 322 17 59.6	Hz. Dist: 171.12	Vt. Dist: -9.00	111
From: 111	Inst. Ht: 1.60	FS Tar. Ht: 1.47	BS Tar. Ht: 1.57
Traverse N AZ 347 53 51.4	Hz. Dist: 131.81	Vt. Dist: -8.84	112
From: 112	Inst. Ht: 1.44	FS Tar. Ht: 1.53	BS Tar. Ht: 1.64
Traverse N AZ 20 07 10.6	Hz. Dist: 145.43	Vt. Dist: -1.25	113
From: 113	Inst. Ht: 1.52	FS Tar. Ht: 1.54	BS Tar. Ht: 1.45
Traverse N AZ 67 17 12.2	Hz. Dist: 55.30	Vt. Dist: 0.46	114
From: 114	Inst. Ht: 1.52	FS Tar. Ht: 1.50	BS Tar. Ht: 1.59
Traverse N AZ 103 09 57.1	Hz. Dist: 188.22	Vt. Dist: 9.98	115
From: 115	Inst. Ht: 1.61	FS Tar. Ht: 1.56	BS Tar. Ht: 1.62
Traverse N AZ 94 08 02.4	Hz. Dist: 250.86	Vt. Dist: 4.23	116
From: 116	Inst. Ht: 1.51	FS Tar. Ht: 1.54	BS Tar. Ht: 1.60
Traverse N AZ 104 50 28.6	Hz. Dist: 222.43	Vt. Dist: 2.95	117
From: 117	Inst. Ht: 1.56	FS Tar. Ht: 1.49	BS Tar. Ht: 1.63
Traverse N AZ 27 20 38.2	Hz. Dist: 109.51	Vt. Dist: -6.88	118
From: 118	Inst. Ht: 1.48	FS Tar. Ht: 1.58	BS Tar. Ht: 1.60
Traverse N AZ 26 25 15.4	Hz. Dist: 171.33	Vt. Dist: 5.75	119

From: 119            Inst. Ht: 1.50            FS Tar. Ht: 1.52            BS Tar. Ht:  
 1.53  
 Traverse N AZ 20 34 08.9    Hz. Dist: 286.23            Vt. Dist: -0.59  
 120

From: 120            Inst. Ht: 1.52            FS Tar. Ht: 1.78            BS Tar. Ht:  
 1.50  
 Traverse N AZ 27 47 37.7    Hz. Dist: 330.79            Vt. Dist: -4.30  
 121

From: 121            Inst. Ht: 1.70            FS Tar. Ht: 1.67            BS Tar. Ht:  
 1.52  
 Traverse N AZ 14 56 01.4    Hz. Dist: 192.95            Vt. Dist: -7.60  
 122

From: 122            Inst. Ht: 1.67            FS Tar. Ht: 1.38            BS Tar. Ht:  
 1.70  
 Traverse N AZ 355 57 48.6    Hz. Dist: 52.49            Vt. Dist: -1.82  
 123

From: 123            Inst. Ht: 1.50            FS Tar. Ht: 1.62            BS Tar. Ht:  
 1.60  
 Traverse N AZ 9 09 58.7    Hz. Dist: 131.07            Vt. Dist: -6.31  
 124

From: 124            Inst. Ht: 1.60            FS Tar. Ht: 1.60            BS Tar. Ht:  
 1.45  
 Traverse N AZ 332 45 34.7    Hz. Dist: 147.20            Vt. Dist: -6.16  
 125

From: 125            Inst. Ht: 1.60            FS Tar. Ht: 1.43            BS Tar. Ht:  
 1.60  
 Traverse N AZ 283 49 50.2    Hz. Dist: 172.67            Vt. Dist: -3.21  
 126

From: 126            Inst. Ht: 1.40            FS Tar. Ht: 1.46            BS Tar. Ht:  
 1.61  
 Traverse N AZ 280 06 12.4    Hz. Dist: 287.75            Vt. Dist: -6.93  
 127  
 \*\*\*\*\* WARNING: ANGLES OUT OF TOLERANCE  
 \*\*\*\*\*

From: 127            Inst. Ht: 1.43            FS Tar. Ht: 1.70            BS Tar. Ht:  
 1.40  
 Traverse N AZ 296 03 33.2    Hz. Dist: 207.05            Vt. Dist: 1.46  
 128

From: 128            Inst. Ht: 1.66            FS Tar. Ht: 1.53            BS Tar. Ht:  
 1.39  
 Traverse N AZ 339 41 04.9    Hz. Dist: 151.14            Vt. Dist: -2.63  
 129

From: 129            Inst. Ht: 1.50            FS Tar. Ht: 1.56            BS Tar. Ht:  
 1.56  
 Traverse N AZ 300 15 57.6    Hz. Dist: 129.37            Vt. Dist: -4.18  
 130

From: 130            Inst. Ht: 1.53            FS Tar. Ht: 1.53            BS Tar. Ht:  
 1.55  
 Traverse N AZ 247 37 42.6    Hz. Dist: 78.85            Vt. Dist: -0.92  
 131  
 \*\*\*\*\* WARNING: ANGLES OUT OF TOLERANCE  
 \*\*\*\*\*

From: 131            Inst. Ht: 1.50            FS Tar. Ht: 1.40            BS Tar. Ht:  
 1.49  
 Traverse N AZ 283 29 10.4    Hz. Dist: 161.04            Vt. Dist: -0.96  
 132

From: 132            Inst. Ht: 1.41            FS Tar. Ht: 1.44            BS Tar. Ht:  
 1.40  
 Traverse N AZ 272 58 32.1    Hz. Dist: 82.83            Vt. Dist: 0.66  
 133

From: 133            Inst. Ht: 1.43            FS Tar. Ht: 1.52            BS Tar. Ht:  
 1.36  
 Traverse N AZ 254 37 45.1    Hz. Dist: 292.30            Vt. Dist: -2.58  
 134  
 \*\*\*\*\* WARNING: ANGLES OUT OF TOLERANCE  
 \*\*\*\*\*

From: 134            Inst. Ht: 1.52            FS Tar. Ht: 1.58            BS Tar. Ht:  
 1.48  
 Traverse N AZ 213 49 32.9    Hz. Dist: 163.53            Vt. Dist: 4.71  
 135

From: 135            Inst. Ht: 1.58            FS Tar. Ht: 1.65            BS Tar. Ht:  
 1.49  
 Traverse N AZ 282 21 53.8    Hz. Dist: 95.71            Vt. Dist: -4.58  
 136

From: 136            Inst. Ht: 1.65            FS Tar. Ht: 1.58            BS Tar. Ht:  
 1.68  
 Traverse N AZ 253 53 28.3    Hz. Dist: 53.93            Vt. Dist: -1.53  
 137

From: 137            Inst. Ht: 1.57            FS Tar. Ht: 1.50            BS Tar. Ht:  
 1.70  
 Traverse N AZ 290 40 52.3    Hz. Dist: 155.09            Vt. Dist: -1.16  
 138

From: 138            Inst. Ht: 1.60            FS Tar. Ht: 1.73            BS Tar. Ht:  
 1.64  
 Traverse N AZ 208 18 36.1    Hz. Dist: 101.88            Vt. Dist: 0.74  
 139

From: 139            Inst. Ht: 1.72            FS Tar. Ht: 1.61            BS Tar. Ht:  
 1.60  
 Traverse N AZ 218 20 15.9    Hz. Dist: 251.07            Vt. Dist: 3.96  
 140

From: 140            Inst. Ht: 1.54            FS Tar. Ht: 1.69            BS Tar. Ht:  
 1.58

Traverse N AZ 204 31 12.9      Hz. Dist: 115.26                      Vt. Dist: 1.88

141

\*\*\*\*\* WARNING: ANGLES OUT OF TOLERANCE  
\*\*\*\*\*

From: 141                      Inst. Ht: 1.68                      FS Tar. Ht: 1.47                      BS Tar. Ht:  
1.58

Traverse N AZ 190 32 25.3      Hz. Dist: 220.31                      Vt. Dist: 3.40  
142

\*\*\*\*\* WARNING: ANGLES OUT OF TOLERANCE  
\*\*\*\*\*

From: 142                      Inst. Ht: 1.59                      FS Tar. Ht: 1.62                      BS Tar. Ht:  
1.51

Traverse N AZ 189 08 01.3      Hz. Dist: 431.07                      Vt. Dist: 11.55  
143

\*\*\*\*\* WARNING: ANGLES OUT OF TOLERANCE  
\*\*\*\*\*

From: 143                      Inst. Ht: 1.61                      FS Tar. Ht: 1.62                      BS Tar. Ht:  
1.40

Traverse N AZ 150 16 40.7      Hz. Dist: 149.10                      Vt. Dist: 1.22  
144

\*\*\*\*\* WARNING: ANGLES OUT OF TOLERANCE  
\*\*\*\*\*

From: 144                      Inst. Ht: 1.62                      FS Tar. Ht: 1.63                      BS Tar. Ht:  
1.54

Traverse N AZ 220 26 11.9      Hz. Dist: 136.37                      Vt. Dist: 1.95  
145

Closing Point:

100    1000.0000                      1403.5230

988.0430

Ref. Line: N AZ 180 00 00.0

Misclosure:

Closing Angle:                      139 33 14.8  
Hz. Direction:                      N AZ 75 53 42.3  
Hz. Distance:                        0.05  
Vt. Distance:                        -0.17

Traverse Closure:

Length of Traverse:                7400.60  
Angular Error:                       - 00 00 33.3  
Precision:                            142346.97

Si la precisión de la poligonal esta dentro de la tolerancia (1:50,000) se procede al ajuste por alguno de los métodos descritos.

```

=====
=====
FIELD DATA COMPILER
=====
=====
Field Data File:  POLCIR1.FLD
Coordinate File:  POLCIR1.CRD
Plot File:        010901.PLT
-----

```

-----  
ADJUSTED COORDINATES  
-----

```

-----
101                1000.0000  1000.0000  1000.0000

From:  101
Traverse  N AZ 100 27 04.5 Hz. Dist: 266.87      Vt. Dist: 6.83
102                1262.4381  951.5909  1006.8254

From:  102
Traverse  N AZ 62 53 18.3 Hz. Dist: 217.33      Vt. Dist: -3.78
103                1455.8901  1050.6346  1003.0442

From:  103
Traverse  N AZ 164 58 15.8 Hz. Dist: 89.04      Vt. Dist: 5.22
104                1478.9787  964.6402  1008.2691

From:  104
Traverse  N AZ 146 09 03.2 Hz. Dist: 98.07      Vt. Dist: -1.83
105                1533.6027  883.1951  1006.4357

From:  105
Traverse  N AZ 105 02 40.5 Hz. Dist: 233.17     Vt. Dist: 1.48
106                1758.7853  822.6697  1007.9118

From:  106
Traverse  N AZ 100 15 47.2 Hz. Dist: 158.91     Vt. Dist: 5.28
107                1915.1572  794.3561  1013.1873

From:  107
Traverse  N AZ 115 02 33.7 Hz. Dist: 126.81    Vt. Dist: 6.05
108                2030.0491  740.6768  1019.2337

From:  108
Traverse  N AZ 112 36 24.7 Hz. Dist: 52.22     Vt. Dist: 0.45
109                2078.2586  720.6024  1019.6885

From:  109

```

109B	Traverse	N AZ 74 04	50.6 Hz.	Dist: 64.91	Vt. Dist: -2.41
				2140.6778 738.4057	1017.2761
	From:	109B			
110	Traverse	N AZ 10 41	23.4 Hz.	Dist: 70.16	Vt. Dist: -3.82
				2153.6914 807.3453	1013.4535
	From:	110			
111	Traverse	N AZ 322 17	59.6 Hz.	Dist: 171.12	Vt. Dist: -8.98
				2049.0448 942.7417	1004.4771
	From:	111			
112	Traverse	N AZ 347 53	51.4 Hz.	Dist: 131.81	Vt. Dist: -8.79
				2021.4102 1071.6195	995.6828
	From:	112			
113	Traverse	N AZ 20 07	10.6 Hz.	Dist: 145.43	Vt. Dist: -1.20
				2071.4349 1208.1736	994.4822
	From:	113			
114	Traverse	N AZ 67 17	12.2 Hz.	Dist: 55.30	Vt. Dist: 0.49
				2122.4429 1229.5246	994.9752
	From:	114			
115	Traverse	N AZ 103 09	57.1 Hz.	Dist: 188.22	Vt. Dist: 10.02
				2305.7127 1186.6543	1004.9914
	From:	115			
116	Traverse	N AZ 94 08	02.4 Hz.	Dist: 250.86	Vt. Dist: 4.27
				2555.9208 1168.5698	1009.2652
	From:	116			
117	Traverse	N AZ 104 50	28.6 Hz.	Dist: 222.43	Vt. Dist: 2.98
				2770.9279 1111.5968	1012.2441
	From:	117			
118	Traverse	N AZ 27 20	38.3 Hz.	Dist: 109.51	Vt. Dist: -6.84
				2821.2283 1208.8690	1005.3992
	From:	118			
119	Traverse	N AZ 26 25	15.4 Hz.	Dist: 171.34	Vt. Dist: 5.75
				2897.4680 1362.3120	1011.1493
	From:	119			
120	Traverse	N AZ 20 34	08.9 Hz.	Dist: 286.23	Vt. Dist: -0.60
				2998.0298 1630.2904	1010.5487
	From:	120			
121	Traverse	N AZ 27 47	37.7 Hz.	Dist: 330.79	Vt. Dist: -4.31
				3152.2720 1922.9132	1006.2351

From: 121  
 Traverse N AZ 14 56 01.4 Hz. Dist: 192.95 Vt. Dist: -7.62  
 122 3201.9964 2109.3493 998.6133

From: 122  
 Traverse N AZ 355 57 48.6 Hz. Dist: 52.49 Vt. Dist: -1.81  
 123 3198.3012 2161.7137 996.8028

From: 123  
 Traverse N AZ 9 09 58.8 Hz. Dist: 131.07 Vt. Dist: -6.27  
 124 3219.1812 2291.1131 990.5291

From: 124  
 Traverse N AZ 332 45 34.7 Hz. Dist: 147.21 Vt. Dist: -6.12  
 125 3151.8017 2421.9927 984.4051

From: 125  
 Traverse N AZ 283 49 50.2 Hz. Dist: 172.67 Vt. Dist: -3.17  
 126 2984.1331 2463.2711 981.2396

From: 126  
 Traverse N AZ 280 06 12.4 Hz. Dist: 287.76 Vt. Dist: -6.88  
 127 2700.8404 2513.7508 974.3587

From: 127  
 Traverse N AZ 296 03 33.2 Hz. Dist: 207.05 Vt. Dist: 1.47  
 128 2514.8350 2604.7099 975.8287

From: 128  
 Traverse N AZ 339 41 04.9 Hz. Dist: 151.14 Vt. Dist: -2.64  
 129 2462.3604 2746.4508 973.1837

From: 129  
 Traverse N AZ 300 15 57.6 Hz. Dist: 129.37 Vt. Dist: -4.19  
 130 2350.6204 2811.6575 968.9891

From: 130  
 Traverse N AZ 247 37 42.6 Hz. Dist: 78.86 Vt. Dist: -0.91  
 131 2277.7000 2781.6443 968.0834

From: 131  
 Traverse N AZ 283 29 10.4 Hz. Dist: 161.04 Vt. Dist: -0.92  
 132 2121.0972 2819.2015 967.1617

From: 132  
 Traverse N AZ 272 58 32.1 Hz. Dist: 82.84 Vt. Dist: 0.70  
 133 2038.3736 2823.5015 967.8584

From: 133  
 Traverse N AZ 254 37 45.1 Hz. Dist: 292.30 Vt. Dist: -2.49  
 134 1756.5308 2746.0235 965.3668

From:	134			
Traverse	N AZ 213 49	32.9 Hz. Dist: 163.53		Vt. Dist: 4.76
135		1665.5000	2610.1758	970.1250
From:	135			
Traverse	N AZ 282 21	53.8 Hz. Dist: 95.71		Vt. Dist: -4.54
136		1572.0080	2630.6714	965.5823
From:	136			
Traverse	N AZ 253 53	28.3 Hz. Dist: 53.93		Vt. Dist: -1.49
137		1520.1910	2615.7066	964.0967
From:	137			
Traverse	N AZ 290 40	52.3 Hz. Dist: 155.09		Vt. Dist: -1.16
138		1375.0928	2670.4802	962.9327
From:	138			
Traverse	N AZ 208 18	36.1 Hz. Dist: 101.88		Vt. Dist: 0.78
139		1326.7779	2580.7872	963.7144
From:	139			
Traverse	N AZ 218 20	15.9 Hz. Dist: 251.07		Vt. Dist: 4.00
140		1171.0411	2383.8572	967.7186
From:	140			
Traverse	N AZ 204 31	12.9 Hz. Dist: 115.26		Vt. Dist: 1.90
141		1123.2063	2278.9915	969.6190
From:	141			
Traverse	N AZ 190 32	25.3 Hz. Dist: 220.31		Vt. Dist: 3.42
142		1082.9051	2062.3970	973.0344
From:	142			
Traverse	N AZ 189 08	01.3 Hz. Dist: 431.07		Vt. Dist: 11.60
143		1014.4776	1636.7919	984.6304
From:	143			
Traverse	N AZ 150 16	40.7 Hz. Dist: 149.10		Vt. Dist: 1.25
144		1088.4010	1507.3059	985.8851
From:	144			
Traverse	N AZ 220 26	11.9 Hz. Dist: 136.37		Vt. Dist: 1.98
145		999.9496	1403.5103	987.8700
From:	145			
Traverse	N AZ 179 59	26.7 Hz. Dist: 403.52		Vt. Dist: 11.94
146		1000.0000	1000.0000	1000.0000

Simultáneamente, *WildSoft* genera un archivo de coordenadas ajustadas con extensión CRD y otro de dibujo de la poligonal con extensión PLT.

Ejemplo:

poli1.plt

Este dibujo puede editarse con *Wildsoft* para que se genere un plano a escala con cuadrícula, orientación y la toponimia (simbología, número de vértice, long de la distancia, acimut de los lados, etc.) requerida.

Finalmente esta poligonal se exporta a *Autocad* en un archivo con extensión DXF, ejemplo:

poli1.dxf.

## Resultados

Las coordenadas son topográficas en un sistema topocéntrico

## COORDENADAS DE LOS VÉRTICES DE LA POLIGONAL DE CU:

### Coordinate File: POLCIR1.CRD

List of Coordinate Points

\* Denotes Contouring Masspoint

ID	X	Y	Z
100	479,902.248	2,137,773.735	2283.768
101	479,519.053	2,137,647.274	2295.725
102	479,555.323	2,137,382.880	2302.557
103	479,709.999	2,137,230.208	2298.781
104	479,635.571	2,137,181.331	2304.008
105	479,575.345	2,137,103.934	2302.176
106	479,588.431	2,136,871.122	2303.658
107	479,610.544	2,136,713.750	2308.937
108	479,595.570	2,136,587.821	2314.987
109	479,591.613	2,136,535.748	2315.443
109B	479,628.079	2,136,482.050	2313.032
110	479,697.623	2,136,491.293	2309.211
111	479,793.406	2,136,633.093	2300.238
112	479,907.132	2,136,699.718	2291.447
113	480,052.481	2,136,694.998	2290.250
114	480,088.740	2,136,653.248	2290.744
115	480,105.451	2,136,465.771	2300.765
116	480,166.674	2,136,222.491	2305.044
117	480,179.936	2,136,000.455	2308.028
118	480,288.069	2,135,983.164	2301.186

119	480,457.670	2,135,958.838	2306.940
120	480,743.659	2,135,947.299	2306.346
121	481,069.870	2,135,892.501	2302.040
122	481,262.495	2,135,903.691	2294.423
123	481,311.064	2,135,923.606	2292.614
124	481,440.488	2,135,944.316	2286.343
125	481,543.665	2,136,049.306	2280.222
126	481,530.331	2,136,221.462	2277.061
127	481,489.509	2,136,506.302	2270.187
128	481,517.610	2,136,711.436	2271.661
129	481,635.772	2,136,805.672	2269.020
130	481,662.687	2,136,932.213	2264.828
131	481,611.338	2,136,992.058	2263.925
132	481,597.941	2,137,152.540	2263.007
133	481,576.107	2,137,232.445	2263.705
134	481,414.229	2,137,475.822	2261.220
135	481,256.700	2,137,519.709	2265.982
136	481,246.874	2,137,614.914	2261.442
137	481,216.429	2,137,659.433	2259.958
138	481,222.989	2,137,814.383	2258.797
139	481,122.673	2,137,832.167	2259.581
140	480,886.865	2,137,918.370	2263.591
141	480,772.291	2,137,930.945	2265.494
142	480,553.970	2,137,901.364	2268.915
143	480,128.344	2,137,833.019	2280.521
144	480,028.528	2,137,722.252	2281.779
145	479,902.248	2,137,773.735	2283.768
146	479,519.048	2,137,647.257	2295.530

## CAPITULO III

### POSICIONAMIENTO CON EL SISTEMA GPS

#### El Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

NAVSTAR GPS por sus siglas en inglés de NAVigation System with Time and Ranging Global Positioning System, que significa Sistema de Navegación y Posicionamiento Global. Dicho Sistema permite obtener la posición de cualquier punto terrestre en cualquier instante, referidas a un sistema único (global o universal), mediante la recepción de mensajes emitidos por una constelación de satélites. El sistema GPS comprende tres segmentos diferentes:

- ◆ El segmento Espacial, son los satélites que giran en orbitas alrededor de la Tierra.
- ◆ El segmento Control, es el formado por estaciones ubicadas cerca del ecuador terrestre para controlar los satélites.
- ◆ El segmento Usuarios, cualquiera que reciba y utilice las señales GPS.

#### El Segmento Espacial

*El Segmento Espacial* consiste de 24 satélites que giran en órbitas ubicadas aproximadamente a 20,200km cada 12 horas. El segmento Espacial este diseñado de tal forma que se pueda contar con un mínimo de 4 satélites visibles por encima de un ángulo de elevación de  $15^\circ$  en cualquier punto de la superficie terrestre durante las 24 horas del día. Para la mayoría de las aplicaciones, el número mínimo de satélites visibles deberá ser de cuatro. La experiencia ha demostrado que la mayor parte del tiempo hay por lo menos 5 satélites visibles por encima de los  $15^\circ$ , y muy a menudo hay 6 o 7 satélites visibles.

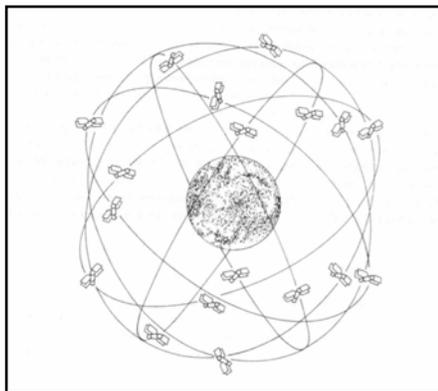


Fig. 3.1 Constelación de Satélites



Fig. 3.2 Satélite GPS

Cada satélite lleva a bordo varios relojes atómicos muy precisos. Estos relojes operan en una frecuencia fundamental de 10.23Mhz, la cual se emplea para generar las señales transmitidas por el satélite.

Los satélites transmiten señales constantemente en dos ondas portadoras. Estas ondas portadoras se encuentran en la banda L (utilizada para transmisiones de radio) y viajan a la Tierra a la velocidad de la luz (300 000 km/s). Dichas ondas portadoras se derivan de la frecuencia fundamental, generada por un reloj atómico muy preciso.

- ◆ La portadora L1 es transmitida a 1575.42Mhz ( $10.23 \times 154$ )
- ◆ La portadora L2 es transmitida a 1227.60Mhz ( $10.23 \times 120$ )

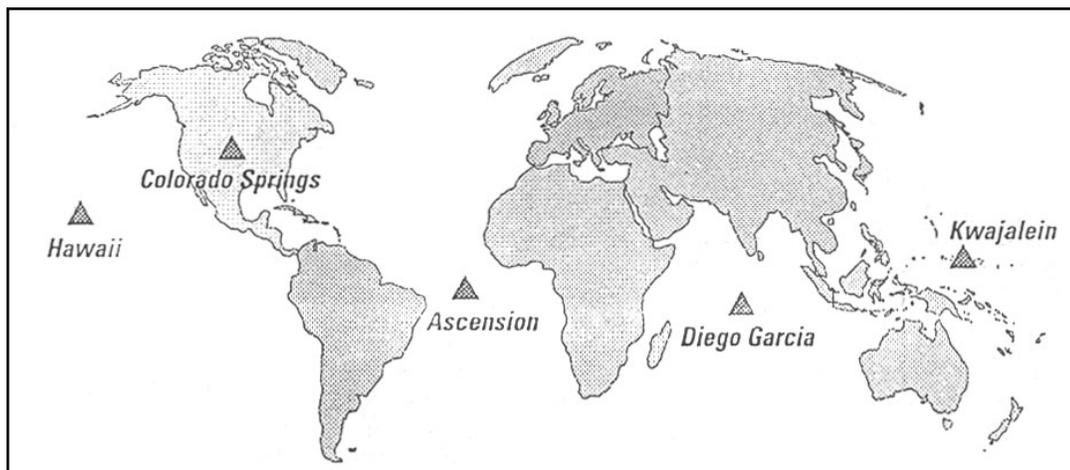
La portadora L1 es modulada por dos códigos. El Código C/A o Código de Adquisición Gruesa modulada a 1.023Mhz ( $10.23/10$ ) y el código P o Código de Precisión modulada a 10.23Mhz. L2 es modulada por in código solamente. El código P en L2 modulada a 10.23 Mhz.

Los receptores GPS utilizan los diferentes códigos para distinguir lo satélites. Los códigos también pueden ser empleados como base para realizar las mediciones de pseudodistancia y a partir de ahí, calcular una posición.

Posición instantánea y navegación en el terreno son calculadas por el Receptor GPS en base a la posición y efemérides conocidas de la constelación de satélites GPS que se encuentran en órbitas de aproximadamente 20,200 km. de altura sobre la superficie terrestre y totalizan 24 (21 satélites operativos y 3 de repuesto). Los mismos están dispuestos a razón de 4 satélites por órbita (6 órbitas en total) formando cada una de ellas un ángulo de  $55^\circ$  con respecto al Ecuador Terrestre.

### El Segmento de Control

*El Segmento de Control* consiste de una estación de control maestro, 5 estaciones de observación y 4 antenas de tierra distribuidas entre 5 puntos muy cercanos al ecuador terrestre.



**Fig. 3.3 Localización de las Estaciones del segmento Control**

El segmento de Control rastrea los satélites GPS, actualiza su posición orbital, calibra y sincroniza sus relojes. Otra función importante consiste en determinar la órbita de cada satélite y predecir su trayectoria para las siguientes 24 horas. Esta información es cargada a cada satélite y posteriormente transmitida desde allí. Esto permite al receptor GPS conocer la ubicación de cada satélite.

Las señales de los satélites son leídas desde las estaciones: Ascensión, Diego García y Kwajalein. Estas mediciones son entonces enviadas a la Estación de Control Maestro en Colorado Springs, donde son procesadas para determinar cualquier error en cada satélite. La información es enviada posteriormente a las cuatro estaciones de observación equipadas con antenas de tierra y de allí cargada a los satélites.

### **El Segmento de Usuarios**

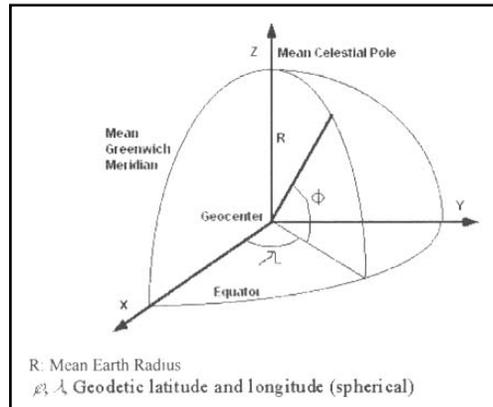
*El Segmento de Usuarios* comprende a cualquiera que reciba las señales GPS con un receptor, determinando su posición y/o la hora. Algunas aplicaciones típicas dentro del *Segmento de Usuarios* son: la navegación en tierra para excursionistas, la ubicación de vehículos, la topografía, la navegación marítima y aérea, el control de maquinaria, etc.



**Fig. III.4 Usuario de GPS**

Las posiciones de receptor y de los satélites están referidas a una terna de ejes cartesianos ortogonales con origen en el centro de masas de la Tierra. Es por ello que el GPS está referido a un Sistema de Referencia Geocéntrico, denominado Sistema Convencional Terrestre (CTS).

El origen de este sistema es el centro de masa de la Tierra, El polo primario es coincidente con el eje de rotación terrestre; el plano primario es el plano del Ecuador Terrestre, el eje primario coincide con el meridiano de Greenwich y el eje Y completa el sistema de mano derecha.



**Fig. 3.5 Sistema de Referencia Geocéntrico**

El advenimiento de los satélites orbitales terrestres, hace más de 45 años, permitió el desarrollo de esquemas prácticos de referencia geodésica. Uno de los primeros esquemas fue el sistema geodésico mundial de 1960 del Departamento de Defensa de los Estados Unidos.

Este fue superado por los sistemas mejorados de 1966 y 1972 y culminó con el Sistema Geodésico Mundial de 1984 (WGS84), hace 20 años.

### III.1 EQUIPO

El equipo consta de:

- ◆ 2 receptores de la marca TRIMBLE modelo 4000SS

Con las siguientes características:

- Cuentan con 12 canales.
- Operan doble frecuencia (L1 y L2).
- Trabajan los dos códigos el P y el C/A.
- Medición en tiempo real.

Además el mismo consta de:

- ◆ Dos receptores
- ◆ Antenas
- ◆ Fuentes de poder
- ◆ Accesorios (bípode, cables, etc.).
- ◆ Equipo de cómputo.
- ◆ Para el Post-procesamiento se utilizó el software GrafNet versión 6.01.
- ◆ Automóvil para el traslado a los puntos de interés.



**Fig. III.2.1** Equipo GPS utilizado

Actualmente la Facultad de Ingeniería, en particular la carrera de Ingeniero Topógrafo y Geodesta, cuenta con equipo GPS para la realización de este tipo de proyectos y prácticas que refuerzan lo aprendido en aulas.

El equipo que se tiene para apoyo de las actividades ya mencionadas es de la marca LEICA modelos sistema 300 y 9400, el cual, esta diseñado para tener una estación de Control o Referencia actualmente en funcionamiento, localizada en la División de Ingeniería Civil, Topográfica y Geodésica, el cual se considera vértice Geodésico (ver fig. III.2.2) y una estación Móvil (ver fig. III.2.3).



**Fig. III.2.2** Equipo GPS utilizado en Estación de Control.



**Fig. III.2.3** Equipo Estación de Referencia.

## III. 2 METODOLOGIA

Existen diferentes técnicas de medición que pueden ser utilizadas por la mayoría de los receptores topográficos GPS. El topógrafo debe elegir la técnica apropiada para cada aplicación estas pueden ser:

**Estático.-** Utilizado para líneas largas, redes geodésicas, estudios de tectónica de placas, etc. Ofrece precisión alta en distancias largas, pero es comparativamente lento.

**Estático Rápido.-** Usado para establecer redes de control locales, incrementar la densidad de redes existentes, etc. Ofrece alta precisión en líneas base de hasta 20 km y es mucho más rápido que la técnica estática.

**Cinemático.-** Empleado para levantamientos de detalle y para la medición de muchos puntos de sucesión corta. Es una manera técnica muy eficiente para medir muchos puntos que están muy cerca uno de otro. Sin embargo, si existen obstrucciones hacia el cielo, tales como puentes, árboles, edificios altos, etc., y se rastrean menos de 4 satélites, el equipo deberá volverse a iniciar, lo cual toma entre 5 y 10 minutos.

Una técnica de proceso conocida como On-the-Fly (OTF), minimiza esta restricción.

**RTK.-** Cinemático en Tiempo Real por sus siglas en inglés *Real Time Kinematic*. Utiliza un radio enlace de datos para transmitir los datos del satélite desde la referencia hasta el móvil. Esto permite calcular las coordenadas y mostrarlas en tiempo real, mientras se lleva a cabo el levantamiento. Se utiliza para aplicaciones similares al *cinemático*. Una forma muy efectiva de medir detalles, ya que los resultados son presentados mientras se lleva a cabo el trabajo. Esta técnica sin embargo necesita de un radio enlace, el cual está propenso a recibir interferencia de otras fuentes de radio así como al bloqueo de la línea de vista.

El método empleado para el establecimiento de puntos de control dentro de Ciudad Universitaria es el conocido como levantamiento Estático Rápido, debido a que permite plantear más ecuaciones de observación en el Post-procesamiento, lo que aumenta la precisión de las coordenadas geodésicas obtenidas, se elige un punto de Referencia y uno o más móviles que operan con respecto a él. Típicamente se utiliza el método Estático Rápido para aumentar la densidad de redes existentes, para establecer puntos de control, etc., La Estación de control y remotas deben registrar datos en forma simultánea, con la misma frecuencia en cada estación.

Cuando se inicia el trabajo donde no se ha llevado a cabo ningún levantamiento con GPS, la primer tarea es la de observar un cierto número de puntos cuyas coordenadas sean conocidas con precisión en el sistema de coordenadas locales. Esto permitirá calcular la transformación y de allí todos los puntos medidos con GPS pueden ser convertidos con facilidad al sistema local.

El Receptor de Referencia se ubica por lo general sobre un punto conocido y puede ser incluido en los cálculos de los parámetros de transformación. Si no se conoce ningún punto, puede ser ubicado en cualquier lugar de la red.

El Receptor o los Receptores Móviles serán colocados entonces en cada punto conocido. El periodo de tiempo que los Móviles deberán observar en cada punto, depende de la longitud de la línea base desde la Referencia y del GDOP (Geometría Dilución de la Precisión). Los datos son registrados y luego son procesados en la oficina. El intervalo de registro de datos se estableció en 15, 30 ó 60 segundos.

Cuando se trabaja con dos o más Móviles, es necesario asegurarse que todos los receptores están operando simultáneamente sobre cada punto ocupado. Esto permite que los datos de cada estación puedan ser utilizados como Referencia o como Móvil. Esta es la manera más eficiente de trabajar, pero también la más difícil de sincronizar.

Para esta parte del proyecto que consistió en obtener la posición y coordenadas de los vértices que se establecieron como puntos de control para la poligonal descrita en el capítulo II y que previamente fueron marcados en el mapa de CU, se requirió de dos receptores GPS, uno de ellos colocado en un punto o vértice de coordenadas conocidas, a este se le denomina estación de Control (ubicado en el Instituto de Geofísica, CU), debido a que a partir de aquí se propagaron sus coordenadas a los puntos que integran la poligonal del Circuito I.

El segundo receptor que se utilizó como móvil o remoto se instaló en los vértices propuestos y conocidos como Facultad de Ingeniería Edif. B, Medicina, Estadio, Espacio, Seminario, Universum y Geofísica de los cuales sólo el ubicado en la Facultad de Ingeniería, fue el que se mantuvo por más tiempo en el sitio de observación.

Como sólo se contaba con dos receptores, se generaron líneas base entre la estación de Referencia y las estaciones Móviles, situación que no afecta para este trabajo, debido a que las distancias entre los puntos de estudio, se encuentran en un rango no mayor a los cinco kilómetros, por lo tanto, es aceptable para este trabajo.

### III.3 LEVANTAMIENTO

El levantamiento inicia con la instalación de la antena e iniciada la sesión de medición en el Instituto de Geofísica: Estación Origen, se denomina así porque se conocen sus coordenadas, las cuales serán propagadas a los puntos antes mencionados en la planeación. Para un mayor conocimiento y manejo de este receptor se recomienda visitar la página web siguiente: [www.trimble.com/gps](http://www.trimble.com/gps).

El levantamiento de los puntos móviles (estaciones remotas), inició en el punto denominado como FICUP ( Facultad de Ingeniería cúpula) ubicado en el edificio de B de la Facultad de Ingeniería, mismo que será nuestra base para sesiones posteriores, el tiempo de permanencia en ese punto fue de alrededor de 1 hora aproximadamente, como parte de la configuración del receptor se necesita tomar la altura de la antena, así como la introducción del nombre de la estación en ese momento.

Una vez que se ha registrado suficiente información, los receptores se apagan. El Móvil se puede desplazar para medir la siguiente línea base y volver a comenzar la medición.



**Fig III.3.1 Punto sobre placa ubicado en el Edificio de la Facultad de Ingeniería**



**Fig III.3.1 (detalle)**

Para las siguientes estaciones el procedimiento es similar que en el punto de la Facultad de Ingeniería (FICUP), sólo que el tiempo de permanencia en estos puntos es menor aproximadamente media hora dependiendo las lecturas del receptor, esto fue posible gracias a que nos encontrábamos en lugares donde se encontraba despejado, es decir, con pocas obstrucciones, además de tener una máscara de recepción de 15 grados (con respecto al horizonte), para la obtención de lecturas.



**Fig III.3.2** Punto sobre clavo ubicado en el Circuito Cueva, identificado como ESPA.



**Fig III.3.3** Punto sobre clavo ubicado en el Mario de la Circuito del Estadio Olímpico identificado ESTA.



**Fig III.3.4** Punto sobre clavo ubicado en el Circuito Interior, identificado como MEDI.



**Fig III.3.5** Punto sobre base ubicado en el Instituto de Geofísica, identificado como UIGF.

### III.4 PROCESO Y RESULTADOS

Los datos arrojados por los receptores son Coordenadas Geográficas y Coordenadas en la Proyección Universal Transversa de Mercator (UTM) siendo las Coordenadas Geográficas con las que trabajamos para su transformación a Coordenadas Topográficas, procedimiento que es descrito en el capítulo siguiente.

Para la bajada de datos y proceso de coordenadas se utilizó el software GrafNet Versión 6.01; es aquí en donde se coordinan los tiempos de observación entre los puntos móviles y el vértice de origen. Así como en pantalla se indican las señales de mejor disponibilidad para su proceso, el Datum utilizado fue el Nad27, siendo los resultados los siguientes:

File:PROCU02.txt

GrafNet v6.01

```

*****
*****
Project:      PROCU02
Program:     GrafNet Versión 6.01
Profile:     Geographic
Source:      Network

Datum:       NAD27
Control IDs: UIGF
Time:       GPS time, GTM Time Zone
*****
*****

```

Station	Station (sec)	Latitud (+/- D M S)	Longitude (+/- D M S)	H-Ell (m)	SDHori (m)	SDHori (m)	Q
ESPA	N/A!	19 19 03.10270	-99 11 10.68421	2306.889	0.006	0.015	N
ESTA	N/A!	19 19 58.47212	-99 11 41.90730	2295.763	0.006	0.015	N
FICUP	N/A!	19 19 51.81769	-99 11 06.19124	2294.037	0.006	0.015	N
MEDI	N/A!	19 19 57.98986	-99 10 43.77885	2259.933	0.006	0.015	N
SEMI	N/A!	19 18 53.36412	-99 11 43.36136	2318.841	0.006	0.015	N
UIGF	N/A!	19 19 37.01250	-99 10 33.73695	2272.870	0.006	0.015	N
UNIV	N/A!	19 18 36.32753	-99 10 49.47829	2302.624	0.006	0.015	N

```

*****
*****
Project:      PROCU02
Program:     GrafNet Versión 6.01
Source:      Network Adjutment
CoordType:   Universal Transverse Mercator, Zone 14
Units(h,v):  Metres, Metres
              Units for Convergence is degrees, Units for StDev is Metres
Geoid:       Not applied
Datum:       NAD27
*****
*****

```

Station	Northing	Easting	Height	ScaleFac	Converg	SD-N	SD-E	SD-HT
ESPA	2135844.749	480428.995	2306.889	0.999605	-0.0616	0.0109	0.0109	0.0359
ESTA	2137547.539	479519.799	2295.763	0.999605	-0.0645	0.0110	0.0114	0.0362
FICUP	2137341.870	480561.704	2294.037	0.999605	-0.0613	0.0109	0.0110	0.0357
MEDI	2137530.885	481215.856	2259.933	0.999604	-0.0592	0.0109	0.0111	0.0358
SEMI	2135546.484	479475.114	2318.841	0.999605	-0.0646	0.0109	0.0109	0.0359
UIGF	2136885.843	481508.203	2272.870	0.999604	-0.0583	0.0108	0.0108	0.0355
UNIV	2135021.157	481046.942	2302.624	0.999604	-0.0597	0.0109	0.0110	0.0358

Posteriormente a este trabajo se realizaron posicionamientos con distintos equipos . Los resultados se presentan a continuación, esta información fue obtenida de la Tesis “Cálculo de Ajustes por el Método de Mínimos Cuadros de la Red Geodésica del Campus de Ciudad Universitaria (UNAM)”, presentada por la compañera Patricia Gutiérrez Arredondo en el año 2003.

Resumen  
Posicionamiento GPS sistema 500

Archivo: UNAM  
Software: Sky Pro  
NAD27  
Units: m, DMS

VÉRTICE	LATITUD	LONGITUD	ALTURA
1 Dalia	19°18' 46.96701''	99°10' 19.51306''	2287.9324
10 Medicina	19°19' 57.99006''	99°10' 43.77846''	2259.5546
2 Universum	19°18' 36.32645''	99°10' 49.47804''	2302.2723
3 Insurgentes	19°18' 39.12837''	99°11' 12.26376''	2308.7579
4 E. Escultorico	19°19' 03.10223''	99°11' 10.68508''	2306.5236
5 C. Políticas	19°19' 01.51240''	99°10' 41.48480''	2292.1437
6 Contaduría	19°19' 24.76460''	99°10' 58.79821''	2287.9353
7 Seminario	19°18' 53.36480''	99°11' 43.36121''	2318.5714
8 Estadio 1	19°19' 58.47193''	99°11' 41.90806''	2295.3952
8 Seminario	19°18' 53.36514''	99°11' 43.36000''	2318.5734
9 Estadio 2	19°20' 01.41121''	99°11' 38.46734''	2290.6910
FI	19°1' 51.81808''	99°11' 06.19127''	2293.6785

Archivo: UNAM  
Software: Sky Pro  
NAD27  
Units: m, DMS

VÉRTICE	LATITUD	LONGITUD	ALTURA
1 Dalia	481921.7139	2135347.273	2287.9324
10 Medicina	481215.8670	2137530.891	2259.5546
2 Universum	481046.9497	2135021.124	2302.2723
3 Insurgentes	480382.1082	2135107.946	2308.7579
4 E. Escultorico	480428.9696	2135844.735	2306.5236
5 C. Políticas	481281.0049	2135794.975	2292.1437
6 Contaduría	480776.5408	2136510.160	2287.9353
7 Seminario	479475.1185	2135546.505	2318.5714
8 Estadio 1	479519.7762	2137547.533	2295.3952
8 Seminario	479475.1536	2135546.515	2318.5734
9 Estadio 2	479620.2709	2137637.759	2290.6910
FI	480561.7026	2137341.882	2293.6785

## Resumen

### Posicionamiento GPS: Receptor Geodésico de doble frecuencia ASTECH P-ZXII

Archivo: UNAM3  
Software: GeoLab V2.6a  
ITRF92  
Units: m, DMS

VÉRTICE	LATITUD	LONGITUD	ALTURA
DALI	19°18' 46.96958''	99°10' 19.50762''	2288.176
EST1	19°19' 58.47071''	99°11' 41.90444''	2295.545
EST2	19°20' 01.40917''	99°11' 38.46346''	2290.871
FRON	19°19' 37.18666''	99°11' 03.65222''	2269.431
GEOF	19°19' 37.01228''	99°10' 33.73230''	2272.777
MEDI	19°19' 57.98846''	99°10' 43.77430''	2260.045
SEMI	19°18' 53.36613''	99°11' 43.35725''	2318.684
UNIV	19°18' 36.33037''	99°10' 49.47273''	2302.529

## **CAPITULO IV**

### **TRANSFORMACIÓN DE COORDENADAS**

El objetivo de los trabajos geodésicos descritos en capítulos anteriores, es la determinación de las coordenadas de una serie de puntos denominados vértices geodésicos. La posición de dichos vértices pueden ser obtenidas con respecto a distintos sistemas de referencia, a los cuales les corresponden sus propios métodos y fórmulas de cálculo.

Éste cálculo surge de la necesidad de referir el levantamiento topográfico y la digitalización del mapa de Ciudad Universitaria (CU) a un marco de referencia, el cual es el Marco de Referencia de Información Terrestre (ITRF92). Como se sabe, el GPS arroja coordenadas Geodésicas de los vértices posicionados, coordenadas que son referidas a un elipsoide, por tal motivo, se requiere de la transformación de esas coordenadas para ser representadas en la superficie terrestre real, el resultado de la transformación son las coordenadas topográficas, mismas que son utilizadas como coordenadas de control para la poligonal del circuito I. Por tal motivo en este capítulo se desarrolla el cálculo de Coordenadas Topográficas a partir de las Coordenadas Geodésicas.

Las Coordenadas Geográficas están referidas a una figura próxima a la tierra un elipsoide de revolución, la posición de cualquier punto sobre la superficie terrestre, quedará definida por la latitud, longitud y altura (ésta última será la diferencia entre el elipsoide y la superficie topográfica).

Las Coordenadas UTM son las coordenadas referidas a una proyección cilíndrica que resulta de una transformación de las coordenadas Geográficas en grados, minutos y segundo a Coordenadas Norte y Este en metros y toman en cuenta la curvatura terrestre.

Las Coordenadas Topográficas son coordenadas planas representadas en metros por los ejes X, Y y son el resultado de la transformación de las Coordenadas Geodésicas a coordenadas planas, ya que son corregidas por la curvatura terrestre.

#### **IV.1 SISTEMAS DE REFERENCIA GEODESICOS**

De los sistemas clásicos a los geocéntricos, la Geodesia ha transitado el camino de un cambio conceptual íntimamente ligado a los beneficios emergentes de la utilización de la tecnología satelital.

Los sistemas de coordenadas terrestres están fijos a la Tierra y giran con ella. Son usados para definir o asignar coordenadas a puntos en la superficie terrestre.

Un Sistema Geodésico de referencia queda definido por:

- ◆ Un elipsoide de referencia
- ◆ Una terna de ejes cartesianos ortogonales orientada llamada “Terna de Referencia” con origen cercano al centro de masa de la Tierra.
- ◆ El polo primario está alineado con el eje de rotación de la Tierra y el plano primario perpendicular a este polo es llamado el plano ecuatorial.
- ◆ El eje primario es la intersección entre el plano ecuatorial y el plano que contiene al meridiano de Greenwich.
- ◆ El sistema es de mano derecha.

Ambos se materializan por medio de un Marco de Referencia, determinado por puntos ubicados en el terreno con gran precisión

#### **IV.2 SISTEMA GEOCENTRICO WGS84**

El acrónimo WGS84 deviene de World Geodetic System 1984 (Sistema Geodésico Mundial 1984). Se trata de un Datum que incluye un modelo gravitacional, creado por la Agencia Cartográfica del Departamento de Defensa de los Estados Unidos de América (Defense Mapping Agency- DMA) para sustentar la cartografía producida en dicha institución y las operaciones del Departamento de Defensa (DoD).

Este sistema geodésico estuvo estrechamente ligado al desarrollo del Sistema de posicionamiento global (GPS) sirviendo durante mucho tiempo para expresar las posiciones tanto de los puntos terrestres como de los satélites integrantes del segmento espacial (a través de las efemérides transmitidas).

Desde el punto de vista militar, WGS 84 es el sistema oficial aprobado por la junta de Comandantes de los Estados Unidos de América para las operaciones militares en todo el mundo. Casi todo el equipamiento militar actual, incluyendo sistemas de navegación y armamentos, emplean de algún modo este sistema de referencia mundial.

El WGS 84 se ha popularizado por el uso intensivo de GPS y se han determinado parámetros de transformación para convertir coordenadas a todos los sistemas geodésicos locales y otros sistemas geocéntricos.

La DMA llegó a la definición de este sistema después de haber ensayado otros tres anteriores: WGS 60, WGS 66 y WGS 72, éste último a partir del sistema satelitario Transit (Transit Doppler Reference Frame – NSWC 9Z – 2) y muy parecido al actual WGS 84, al punto que pasa de uno al otro sólo es necesario un corrimiento del origen de coordenadas de 4.5 metros, una rotación alrededor del eje Z de 0.814 segundos de arcos y una diferencia de factor de escala de  $-0.6$  ppm.

El Datum WGS-84 es utilizado en todos los cálculos de las observables a la constelación satelitaria. Se trata de un sistema centrado y fijo a la Tierra y definido según la normatividad del: Sistema Convencional Terrestre (CTRS). A este Datum se acopla un elipsoide geocéntrico GRS80 definido por el marco de referencia en el cual están dadas las efemérides del satélite o parámetros orbitales y por un modelo geopotencial adoptado para el campo gravitacional terrestre.

- En el sistema de referencia WGS84 se expresan las coordenadas elipsoidales:  $\phi$  (latitud),  $\lambda$  (longitud), y  $h$  (altura elipsoidal).
- El eje Z está dirigido hacia el Polo Convencional Terrestre (CTP).
- El eje X está dirigido hacia el meridiano de Greenwich.
- El eje Y completa con los ejes anteriores un sistema de mano derecha
- El origen del sistema así definido sirve además de centro geométrico del elipsoide GRS80 y el eje Z es su eje de revolución.

El elipsoide GRS80 está definido por los siguientes parámetros:

$a = 6'378,137.0$  m (Longitud del semieje mayor)

$b = 6'356,752.314$  m (Longitud del semieje menor)

### IV. 3 SISTEMA GEODÉSICO LOCAL

Un sistema de coordenadas geodésico local (G.L.) está especificado (ver figura IV.3.1) por:

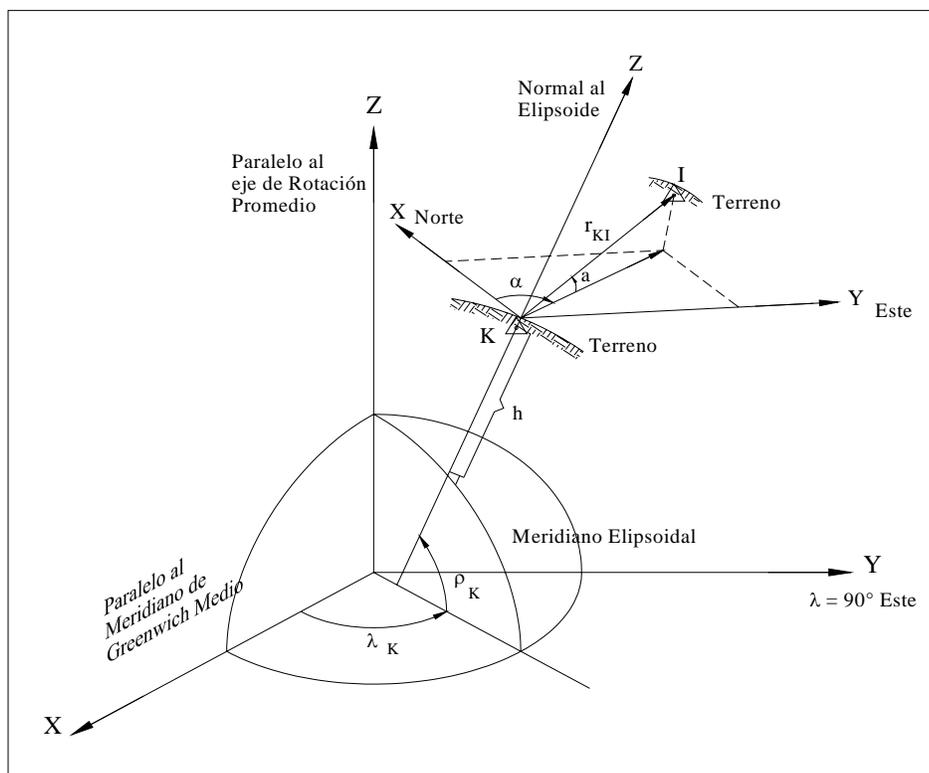


Fig. IV.3.1 Sistema Geodésico Local

- ◆ El origen se apoya en la normal elipsoidal que pasa por la estación de observación. Note que en principio el origen puede apoyarse en cualquier lugar de la normal elipsoidal. En la práctica la elección se hace de manera que quede en la estación de observación; en el elipsoide o en la intersección de la normal elipsoidal con el geoide.
- ◆ El polo primario (eje Z) es la normal elipsoidal.
- ◆ El plano primario es el plano que contiene el origen y es perpendicular al polo primario.
- ◆ El eje primario (eje X) es la intersección del plano primario y el plano que contiene al semieje menor del elipsoide y el origen, y es llamado “Norte Geodésico”.
- ◆ El eje Y es dirigido hacia el Este para formar un sistema de mano izquierda.

El vector de posición de una estación  $P_0$  observada geodésicamente desde una estación P esta dado por:

$$(\mathbf{r}_{ki})_{GL} = \begin{vmatrix} x_{ki} \\ y_{ki} \\ z_{ki} \end{vmatrix} = r_{ki} \begin{vmatrix} \cos a_{ki} \cos \alpha_{ki} \\ \cos a_{ki} \sin \alpha_{ki} \\ \sin a_{ki} \end{vmatrix}_{GL}$$

Donde;  $r_{ki}$ ,  $a_{ki}$ ,  $\alpha_{ki}$  son la Distancia Topocentrica, la Altitud (ángulo vertical) y Acimut Geodésico correspondientes.

Un Sistema de Coordenadas Astronómico Local (A.L.) está especificado en los mismo términos, excepto que en lugar de la normal al elipsoide se emplea la vertical del lugar.

Las transformaciones entre los sistemas astronómicos local y geodésico local que comparten un origen común pueden expresarse en términos del ángulo entre la normal del elipsoide y la vertical de la gravedad (Desviación de la vertical) y el ángulo entre el norte geodésico y el norte astronómico.

$$r_{AL} = \begin{vmatrix} X \\ Y \\ Z \end{vmatrix}_{AL} = \begin{vmatrix} \cos V \cos A \\ \cos V \sin A \\ \sin A \end{vmatrix}$$

donde V, A son el ángulo vertical y el acimut astronómico.

#### IV. 4 TRANSFORMACION DEL SISTEMA WGS-84 AL SISTEMA GEODESICO LOCAL

El procedimiento para transformar coordenadas Geodésicas a coordenadas Topocentricas de una estación remota (k) es el siguiente:

- Se calcula el vector de posición  $r_k$  de la estación origen en el sistema de coordenadas geodésico:

$$X_k = (N_k + h_k) \cos \phi_k \cos \lambda_k \dots \text{Ec. 4.1}$$

$$Y_k = (N_k + h_k) \cos \phi_k \sin \lambda_k \dots \text{Ec. 4.2}$$

$$Z_k = (N_k (1 - e^2) + h_k) \sin \phi_k \dots \text{Ec. 4.3}$$

en donde:  $N = a / (1 - e^2 \sin^2 \phi_k)^{1/2}$

- Se calcula el vector de posición  $r_i$  de la estación remota en el sistema de coordenadas geodésico:

$$X_i = (N_i + h_i) \cos \phi_i \cos \lambda_i \dots \text{Ec. 4.4}$$

$$Y_i = (N_i + h_i) \cos \phi_i \sin \lambda_i \dots \text{Ec. 4.5}$$

$$Z_i = (N_i (1 - e^2) + h_i) \sin \phi_i \dots \text{Ec. 4.6}$$

Se obtiene el vector  $r_{ki} = r_k - r_i$  en el sistema geodésico:

$$r_{ki} = \begin{vmatrix} X_{ki} \\ Y_{ki} \\ Z_{ki} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} X_i - X_k \\ Y_i - Y_k \\ Z_i - Z_k \end{vmatrix} \dots \text{Ec. 4.7}$$

- Al vector  $r_{ki}$  en el sistema geodésico se le aplican las rotaciones  $R_3 (\lambda - 180^\circ)$  y  $R_2 (\varphi - 90^\circ)$  para obtener las coordenadas X, Y en el sistema topográfico local.

$$(r_{ki})_{GL} = \begin{vmatrix} X_{ki} \\ y_{ki} \\ Z_{ki} \end{vmatrix}_{GL} = P_2 R_2 (\varphi_{ki} - 90^\circ) R_3 \lambda_{ki} 180^\circ \begin{vmatrix} X_{ki} \\ y_{ki} \\ Z_{ki} \end{vmatrix}_G \dots \text{Ec. 4.8}$$

donde:

$\varphi, \lambda$  = Coordenadas de la estación rastreadora.

$R_2, R_3$  = Matrices de Rotación.

$$R_2(\varphi) = \begin{vmatrix} \cos(\varphi-90) & 0 & -\sin(\varphi-90) \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin(\varphi-90) & 0 & \cos(\varphi-180) \end{vmatrix} \quad \text{y} \quad R_3(\lambda) = \begin{vmatrix} \cos(\lambda-180) & \sin(\lambda-180) & 0 \\ -\sin(\lambda-180) & \cos(\lambda-180) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

$P_2$ = Matrices de Reflexión.

$$P_2 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

empleando estos resultados se calculan distancias topocentricas, Azimutes y ángulos verticales de la estación origen a la estación remota

$$r_{ki} = [(x_{ki})^2 + (y_{ki})^2 + (z_{ki})^2]^{1/2} \quad \dots \text{Ec. 4.9}$$

$$Az = \text{ang. tan. } (y_{ki} / x_{ki}) \quad \dots \text{Ec.4.10}$$

$$Av = \text{ang. tan. } (z / ((x_{ki})^2 + (y_{ki})^2)^{1/2}) \quad \dots \text{Ec.4.11}$$

## IV. 5 CÁLCULO DE COORDENADAS TOPOGRÁFICAS

El sistema de coordenadas geodésicas, aunque es muy cómodo para resolver los problemas científicos de la geodesia, en la práctica es complicado su utilización y eso se debe a tres razones fundamentales:

- La posición de los puntos se expresa mediante unidades angulares.
- El valor lineal de estas unidades varía en función de la latitud del lugar.
- La dirección de los meridianos, a partir de los cuales se registran acimutes, no son paralelos entre sí.

Es por ello que, para la resolución de los problemas prácticos, se emplean sistemas de coordenadas planas rectangulares ya que son sencillos de definir y cómodos de utilizar. No obstante, presentan un inconveniente grave, ya que la superficie del elipsoide no puede extenderse sobre un plano sin que existan distorsiones; es decir, no puede proponerse un sistema de este tipo en el que vengan representadas, sin distorsión, las posiciones de los puntos de la superficie terrestre.

En relación a los datos obtenidos en las observaciones realizadas en Ciudad Universitaria Se realiza el cálculo de uno de los puntos siendo de manera similar para los demás.

Los datos GPS para la Estación Origen FICUP (Edif. B de la Facultad de Ingeniería) son:

$$\begin{aligned}\varphi_k &= 19^\circ 19' 51.817'' \\ \lambda_k &= 99^\circ 11' 06.191'' \\ h_k &= 2294.037\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}N &= 2' 137,469.589 \\ E &= 480,561.995 \\ h &= 2294.995\end{aligned}$$

y Los datos GPS para la Estación Móvil (Medicina) son:

$$\begin{aligned}\varphi_i &= 19^\circ 19' 57.989'' \\ \lambda_i &= 99^\circ 10' 43.778'' \\ h_i &= 2259.933\end{aligned}$$

- Para obtener la posición del vector  $r_k$  se hace uso de las formulas mencionadas anteriormente, obteniendo lo siguiente:

$$r_k = \begin{aligned} X_k &= -961398.2047 \quad \dots \text{de Ec. 4.1} \\ Y_k &= -5945695.825 \quad \dots \text{de Ec. 4.2} \\ Z_k &= 2098723.551 \quad \dots \text{de Ec. 4.3} \end{aligned}$$

- Para obtener la posición del vector  $r_i$

$$r_i = \begin{matrix} X_{i=} & -960742.8838 & \dots \text{de Ec. 4.4} \\ Y_{i=} & -5945740.643 & \dots \text{de Ec. 4.5} \\ Z_{i=} & 2098901.235 & \dots \text{de Ec. 4.6} \end{matrix}$$

- Se obtiene el vector  $r_{ki}$  de acuerdo a la Ec. 4.7

$$r_{ki} = \begin{matrix} X_{ki=} & 660.739638 \\ Y_{ki=} & -11.28255081 \\ Z_{ki=} & 165.7663856 \end{matrix}$$

- Las coordenadas en el Geodésico Local se obtienen con la Ec. 4.8, siendo el resultado sig.:

En un sistema cambiar las coordenadas y por E

$$(r_{ki})_{GL} = \begin{matrix} X_{ki=} & 654.0722876 \\ Y_{ki=} & 187.6479908 \\ Z_{ki=} & -34.14028759 \end{matrix}$$

Para obtener las coordenadas topográficas del punto posicionado se suman las coordenadas obtenidas en el Geodésico Local, a las coordenadas conocidas de la estación Origen,

$$\text{FICUP} \begin{matrix} X_{=} & 480,561.995 \\ Y_{=} & 2'137,469.590 \\ Z_{=} & 2294.037 \end{matrix}$$

Por lo tanto:

$$\text{MEDI} \begin{matrix} X_{=} & 481,216.064 \\ Y_{=} & 2'137,657.237 \\ Z_{=} & 2259.897 \end{matrix}$$

Con los resultados obtenidos, se calcula la distancia Topográfica, Azimut Topográfico y Ángulo Vertical, de la estación Origen a la Móvil, utilizando las ecuaciones arriba mencionadas.

De la Ec. 4.9, para la Dist. Topográfica se obtiene lo siguiente;

$$r_{ki} = 681.309 \text{ m.}$$

de la Ec. 4.10, para la Azimut Topográfico se obtiene lo siguiente;

$$Az = 73^{\circ}59'32.09''$$

y de la Ec. 4.11, para la Ángulo Vertical se obtiene:

$$Av = -02^{\circ}52'20.21''.$$

## CAPITULO V

### CATÁLOGO DE PUNTOS DE LA RED GEODÉSICA

De acuerdo a la información obtenida a partir de los trabajos realizados y descritos anteriormente para el establecimiento de la red Geodésica en Ciudad Universitaria (C.U), surge la necesidad de generar un catálogo en el cual se presenten de manera clara los resultados obtenidos.

¿Qué es un Catálogo?

Un catálogo es un inventario, memoria o lista de cosas o sucesos puestos en orden. Los catálogos surgen con la idea de tener información a la mano de una manera clara, ordenada y confiable, para darle un determinado uso y así sea de utilidad para los diferentes fines que requiera la sociedad.

En este proyecto se determinó que la información proveniente del trabajo efectuado en campo es, sin duda, un valioso conocimiento que se puede poner al servicio de los alumnos, profesores y sociedad en general.

Este catálogo cuenta con la información de 46 vértices, tres de ellos son puntos establecidos con Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

La información contenida para cada vértice que integra este catálogo es la siguiente:

- ◆ Número de vértice
- ◆ Coordenadas Geodésicas
- ◆ Coordenadas UTM
- ◆ Coordenadas Topográficas
- ◆ Fotografía del Vértice (alejamiento)
- ◆ Fotografía del Vértice (acercamiento)
- ◆ Cuadro de Construcción (coordenadas, punto atrás y punto adelante)
- ◆ Croquis de Localización
- ◆ Origen de coordenadas Topográficas (Estación de Referencia)
- ◆ Descripción del Vértice

Los 46 Vértices que componen este catálogo se encuentran posicionados dentro del Campus de Ciudad Universitaria, y cada hoja del catálogo nos señala claramente la ubicación así como una breve descripción que hace que su localización en campo sea más sencilla.

El origen de las coordenadas topográficas es la estación FI-B (Facultad de Ingeniería), que son las coordenadas UTM, (E, N)

Las coordenadas Geodésicas fueron obtenidas de la transformación de las coordenadas topográficas a topocéntricas y luego a geodésicas. Este catalogo se presenta en *Word, PDF, Access y Cristal Report* para su futuro desarrollo y mantenimiento.

## **V.1 JUSTIFICACION**

El motivo por el cual es necesario tener un catálogo de información geodésica dentro de la carrera de Ingeniería Topográfica, se debe principalmente a las constantes actividades que son parte de la formación de los alumnos, profesores e investigadores de la carrera, siendo importante contar con las herramientas necesarias para el desarrollo de las prácticas y proyectos académicos que se efectúan en la Facultad de Ingeniería.

Con anterioridad el Departamento de Geodesia y Cartografía estableció Redes de Poligonal y puntos geodésicos diversos. La intención del catálogo es que nos ayude para en un futuro densificar este control terrestre tanto horizontal, como verticalmente, contando con un sistema Integral Geodésico del Campus universitario.

Toda la información generada se debe clasificar y organizar de tal manera que cualquier usuario pueda apoyar sus proyectos en esta información y a su vez integrarla para enriquecer las redes de control existentes.

El catálogo de Información Geodésica se formará con lo realizado y se difundirá para que se conozca y sea de utilidad a proyectos internos en el área de Ciudad Universitaria, o como herramienta en las prácticas de la carrera o de otras carreras.

## **V.2 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA**

Para el desarrollo del presente trabajo se realizó un estudio de campo donde se obtuvieron 46 vértices de poligonal diferentes, cada uno de los cuales contaba con 16 campos diferentes, como se describe a continuación:

- 1) Identificación del Vértice.
- 2) Coordenadas Geodésicas (Latitud).
- 3) Coordenadas Geodésicas (Longitud).
- 4) Coordenadas Geodésicas (Altitud).
- 5) Coordenadas UTM (x).
- 6) Coordenadas UTM (y).
- 7) Coordenadas UTM (z).
- 8) Coordenadas Topográficas (x).
- 9) Coordenadas Topográficas (y).

- 10) Coordenadas Topográficas (z).
- 11) Foto Panorámica del Vértice.
- 12) Foto de Detalle del Vértice.
- 13) Croquis de Localización del Vértice.
- 14) Croquis de Referencia del Vértice.
- 15) Cuadro Constructivo del Vértice.
- 16) Descripción de la ubicación del Vértice.

Con todo lo anterior se obtuvo una base de datos con 736 campos diferentes.

Para el manejo de esta información se pudo haber utilizado Microsoft Excel, pero debido a que las imágenes ocupan mucho espacio, la manipulación de la información se hacía muy lenta por lo que se requirió de un manejador de Bases de Datos más poderoso.

Para tal fin se utilizó el programa *Microsoft Access 2003 Profesional* en donde se armó una base de datos en una tabla llamada “INFORMACION”, del archivo DATOS2.MDB, debido a su versatilidad en el manejo de distintos tipos de información, así como la fácil captura de la misma.

Una vez almacenada la información se procedió a ajustarla en un formato claro y legible donde se explicará cada uno de los puntos descritos anteriormente para cada uno de los vértices.

En principio se comenzó a armar el formato en el programa *Microsoft Word*, pero al integrar los elementos que componen las diferentes hojas de cada vértice, se corren los espacios por lo que no se puede mantener un formato fijo en todas las hojas.

Para resolver este problema se utilizó el programa *Cristal Reports Versión 10*, en el cual se diseñó el formato fijo predeterminado (Formato1.rpt) y se vinculó a la base de Datos del programa *Access*, con lo que se logró desplegar un reporte completo para cada uno de los vértices, respetando el mismo formato para todos los vértices.

La ventaja principal de trabajar vinculando una base de datos con el programa *Cristal Reports* es que se puede hacer una actualización dinámica de la información, es decir, cuando se requiera reestructurar la información no es necesario volver a rediseñar los reportes, basta con modificar los campos en la base de datos y finalmente actualizar el reporte desde *Cristal Reports*, obteniendo como resultado final el siguiente ejemplo:



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

PROYECTO : CATALOGO DE INFORMACIÓN GEODÉSICA EN CIUDAD UNIVERSITARIA.  
 ELABORÓ : LA DIVISION DE INGENIERIA CIVIL, TOPOGRAFICA Y GEODESICA.  
 RESPONSABLE : DEPARTAMENTO DE GEODESIA.  
 FECHA : **OCTUBRE DEL 2003**

## MARCO DE REFERENCIA ITRF92

CIRCUITO DE C.U. VERTICE V - 101	COORDENADAS GEODÉSICAS :	COORDENADAS UTM	COORDENADAS TOPOGRÁFICAS :
	LATITUD : 19° 20' 01.70432"	N = 2,137,648.254	X = 479,519.053
	LONGITUD: 99° 11' 28.78576"	E = 479,520.029	Y = 2,137,647.274
	ALTITUD : 2283.76 m	ELEV. = 2295.72 m	Z = 2295.725

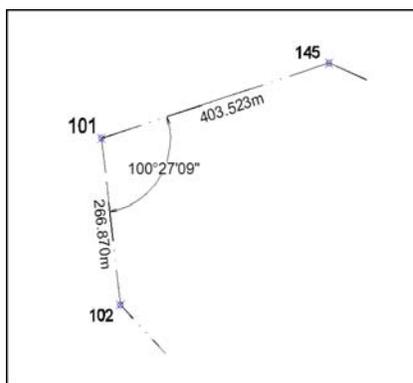


## CUADRO DE CONSTRUCCION

LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	C O O R D E N A D A S	
EST	PV				Y	X
				145	2,137,773.7350	479,902.2476
145	101	S 71°44'10.37" W	403.52	101	2,137,647.2740	479,519.0526
101	102	S 07°48'40.68" E	266.87	102	2,137,382.8800	479,555.3232



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



ESTACIÓN DE REFERENCIA

VERTICE LOCALIZADO EN EL CIRCUITO ESTADIO OLIMPICO SOBRE ORILLA DE GUARNICION A UN COSTADO DE LA PLUMA, EN LA ENTRADA AL ESTACIONAMIENTO DEL ESTADIO DE CU.

DESCRIPCION

## CONCLUSIONES

El impacto de la Geodesia se observa en campos del conocimiento y la tecnología, con efectos directos en el terreno económico-social. Posibilita una mayor y mejor información sobre el territorio, lo cual permite mejorar diversos aspectos de la producción de cartografía, la actualización catastral, el desarrollo de infraestructura, entre otros.

Los trabajos desarrollados para el establecimiento de la Red Geodésica Horizontal en Ciudad Universitaria (C. U.), fueron posibles gracias a la planeación de las diversas actividades, lo cual, nos permitió organizar, manejar y aprovechar los recursos humanos y materiales de la mejor forma posible, ya que un factor importante para la realización de este o cualquier proyecto es el tiempo que se tiene para su realización. Con lo anterior se resume que antes de iniciar cualquier proyecto del tipo que se sea, es recomendable saber y conocer con que elementos contamos para la organización de los mismos.

Dentro de las múltiples actividades desarrolladas, está la digitalización del mapa de Ciudad Universitaria (motivo por cual se desarrollaron todos los trabajos descritos y presentados en esta Tesis), la cual permitió que la red Geodésica este referenciada en el marco ITRF92.

En los trabajos que requirieron posicionamiento planimétrico en los puntos de la red geodésica, la tecnología de la estación total y el GPS lograron imponerse por la alta precisión en los resultados y la rapidez obtenidos.

Es por ello que los puntos GPS fueron utilizados como puntos de control para la poligonal desarrollada en los circuitos de CU, claro esta, sin quitar crédito propio al levantamiento del Circuito I, ya que su precisión fue de 1:142,000. Con los vértices obtenidos tanto del Levantamiento Topográfico como del GPS, fue posible la georeferenciación del mapa de CU.

Con esto podemos concluir categóricamente que para trabajos en ingeniería es preferible utilizar los métodos topográficos convencionales, ya que es mejor trabajar en estos términos que en términos de Geodesia, de ahí, la importancia de aprovechar la tecnología para efectuar los proyectos de una manera más rápida y con precisiones más exactas.

También hacemos algunas recomendaciones para futuros trabajos que puedan derivarse de la red Geodésica:

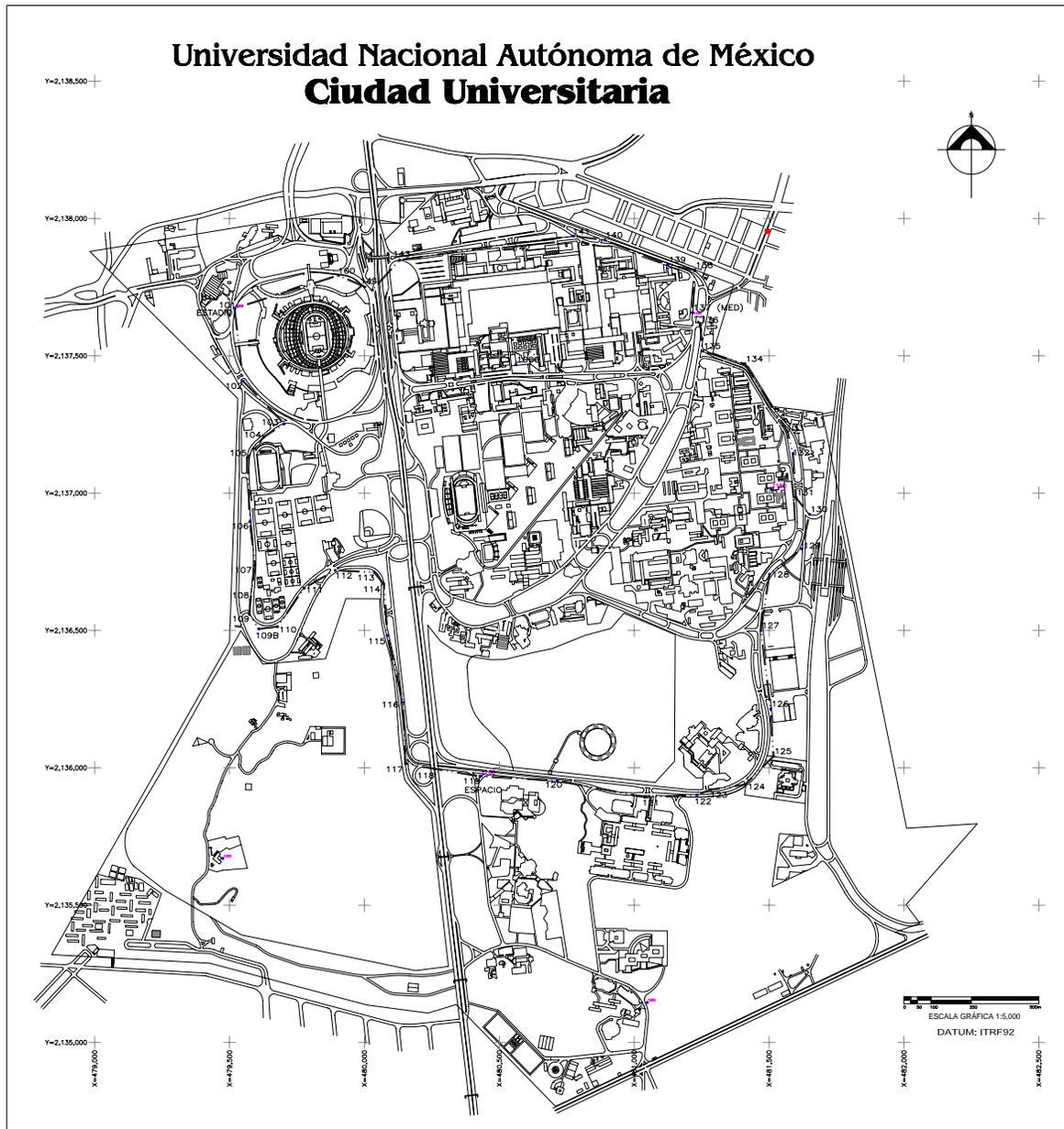
- ◆ Efectuar revisiones a cada uno de los vértices para conocer su estado y verificar que efectivamente sigue ahí, debido a las constantes obras de infraestructura que se realizan en las instalaciones del Campus Universitario.
- ◆ Darle mantenimiento a la red periódicamente ya que los puntos no se encuentran debidamente monumentados y su señalización no es la óptima debido al impedimento por parte de las autoridades de la UNAM a consecuencia de la pintura (aerosoles) con que se tienen que identificar.  
Aquí es preciso señalar que para la realización de este trabajo escrito, fue necesario el tener que replantear algunos puntos, por lo señalado anteriormente, en el capítulo 5 dentro de las descripciones de cada vértice se incluyó la fecha de dichos trabajos realizados posteriormente.
- ◆ Es conveniente ligar esta red geodésica a un banco de nivel, dado que las alturas están medidas con GPS, por lo que no están referidas correctamente.

Finalmente podemos decir que este trabajo puede ser la base para que se realicen los siguientes proyectos:

- ◆ Establecer una red de Calibración de Instrumentos Geodésicos.
- ◆ Establecimiento de un Sistema de Información Geodésica para Ciudad Universitaria.

Estos proyectos podrán mejorar la calidad y funcionamiento de la red Geodésica en Ciudad Universitaria.

# ANEXOS



## ANEXO 1

## ANEXO 2

### DATOS DE CAMPO (FLD). Archivo libreta.txt

#### ACTIVE FILES:

Job File: 010901.JOB  
Coord File: POLCIR1.CRD  
Field Data File: POLCIR1.FLD  
Plot File: 010901.PLT  
Summary File: 010901.CMD

---

---

#### FIELD DATA ENTRY AND TRAVERSE CALCULATIONS

---

---

#### Field Data File Log

#### Units of Measurement:

Angles: DDD.mmss Distances: Meters

#### Methods of Measurement:

Angles: DIRS Distances: EDM

---

Rec.	Command	HZ	VT	SD
0001	1 START	101	100	N AZ 00 00 00.0
0002	2 OCCUPY	101	1.45	
0003	3 FS TP	102		1.47 1.50
0004	BS	233 18 55.0	91 41 50.0	403.70
0005	FS	333 45 51.0	88 32 10.0	266.95
0006	BS	53 18 34.0	268 18 18.0	0.00
0007	FS	153 45 42.0	271 27 53.0	0.00
0008	BS	233 18 49.0	91 41 44.0	403.70
0009	FS	333 45 55.0	88 32 14.0	266.95

---

0010	BS	53 18 39.0	268 18 23.0	0.00
0011	FS	153 45 41.0	271 27 55.0	0.00
0012	BS	233 18 47.0	91 41 45.0	403.70
0013	FS	333 45 51.0	88 32 09.0	266.95
0014	BS	53 18 28.0	268 18 19.0	0.00
0015	FS	153 45 39.0	271 27 55.0	0.00

-----

0016	2 OCCUPY	102	1.47	101	
0017	3 FS TP	103		1.52	1.45
0018	BS	33 27 44.0	91 28 32.0	266.95	
0019	FS	175 53 51.0	90 59 47.0	217.37	
0020	BS	213 27 22.0	268 31 29.0	0.00	
0021	FS	355 53 43.0	269 00 23.0	0.00	
0022	BS	33 27 38.0	91 28 27.0	266.95	
0023	FS	175 53 52.0	90 59 43.0	217.36	
0024	BS	213 27 18.0	268 31 29.0	0.00	
0025	FS	355 53 22.0	269 00 27.0	0.00	
0026	BS	33 27 30.0	91 28 35.0	266.95	
0027	FS	175 53 49.0	90 59 49.0	217.36	
0028	BS	213 27 21.0	268 31 26.0	0.00	
0029	FS	355 53 39.0	269 00 05.0	0.00	

-----

0030	2 OCCUPY	103	1.52	102	
0031	3 FS TP	104		1.54	1.47
0032	BS	69 10 01.0	89 01 29.0	217.37	
0033	FS	351 14 58.0	86 39 39.0	89.19	
0034	BS	249 09 49.0	270 58 08.0	0.00	
0035	FS	171 14 45.0	273 20 14.0	0.00	
0036	BS	69 09 54.0	89 01 35.0	217.36	
0037	FS	351 15 02.0	86 39 47.0	89.19	
0038	BS	249 09 48.0	270 58 16.0	0.00	

0039	FS	171 14 38.0	273 20 13.0	0.00
0040	BS	69 10 05.0	89 01 37.0	217.36
0041	FS	351 15 01.0	86 39 55.0	89.19
0042	BS	249 09 54.0	270 58 25.0	0.00
0043	FS	171 14 52.0	273 20 23.0	0.00

-----

0044	2 OCCUPY	104	1.53	103	
0045	3 FS TP	105		1.45	1.52
0046	BS	40 37 22.0	93 23 15.0	89.19	
0047	FS	201 48 22.0	91 07 52.0	98.09	
0048	BS	220 37 13.0	266 36 20.0	0.00	
0049	FS	21 47 44.0	268 51 25.0	0.00	
0050	BS	40 37 12.0	93 24 15.0	89.19	
0051	FS	201 47 57.0	91 07 54.0	98.09	
0052	BS	220 36 58.0	266 35 50.0	0.00	
0053	FS	21 47 49.0	268 51 56.0	0.00	
0054	BS	40 37 06.0	93 23 33.0	89.19	
0055	FS	201 48 11.0	91 08 17.0	98.09	
0056	BS	220 37 02.0	266 36 12.0	0.00	
0057	FS	21 47 34.0	268 51 40.0	0.00	

-----

0058	2 OCCUPY	105	1.46	104	
0059	3 FS TP	106		1.41	1.53
0060	BS	53 40 27.0	88 54 22.0	98.09	
0061	FS	192 33 53.0	89 39 08.0	233.18	
0062	BS	233 40 20.0	271 05 46.0	0.00	
0063	FS	12 33 55.0	270 20 26.0	0.00	
0064	BS	53 40 29.0	88 53 57.0	98.09	
0065	FS	192 34 17.0	89 39 28.0	233.18	
0066	BS	233 40 03.0	271 05 52.0	0.00	
0067	FS	12 33 59.0	270 20 35.0	0.00	

0068	BS	53 40 28.0	88 53 59.0	98.09
0069	FS	192 34 08.0	89 39 32.0	233.18
0070	BS	233 40 22.0	271 05 35.0	0.00
0071	FS	12 33 41.0	270 20 35.0	0.00

---

0072	2 OCCUPY	106	1.52	105	
0073	3 FS TP	107		1.69	1.66
0074	BS	22 05 29.0	90 20 11.0	233.18	
0075	FS	197 18 29.0	88 02 34.0	159.01	
0076	BS	202 05 22.0	269 39 40.0	0.00	
0077	FS	17 18 32.0	271 57 25.0	0.00	
0078	BS	22 05 29.0	90 20 05.0	233.18	
0079	FS	197 18 36.0	88 02 44.0	159.01	
0080	BS	202 05 23.0	269 39 49.0	0.00	
0081	FS	17 18 33.0	271 57 22.0	0.00	
0082	BS	22 05 10.0	90 20 07.0	233.18	
0083	FS	197 18 11.0	88 02 50.0	159.01	
0084	BS	202 05 06.0	269 39 45.0	0.00	

---

0085	2 OCCUPY	107	1.62	106	
0086	3 FS TP	108		1.62	1.60
0087	BS	285 10 17.0	91 54 57.0	159.00	
0088	FS	119 57 05.0	87 17 19.0	126.96	
0089	BS	105 10 23.0	268 05 11.0	0.00	
0090	FS	299 57 11.0	272 43 34.0	0.00	
0091	BS	285 10 31.0	91 54 48.0	159.00	
0092	FS	119 57 05.0	87 17 09.0	126.96	
0093	BS	105 10 10.0	268 05 08.0	0.00	
0094	FS	299 56 54.0	272 42 49.0	0.00	
0095	BS	285 10 21.0	91 55 06.0	159.00	
0096	FS	119 57 14.0	87 17 21.0	126.96	

0097	BS	105 10 14.0	268 05 02.0	0.00
0098	FS	299 57 06.0	272 42 46.0	0.00

-----

0099	2 OCCUPY	108	1.62	107	
0100	3 FS TP	109		1.62	1.62
0101	BS	105 26 18.0	92 44 53.0	126.96	
0102	FS	283 00 20.0	89 32 31.0	52.23	
0103	BS	285 26 18.0	267 15 06.0	0.00	
0104	FS	103 00 16.0	270 27 21.0	0.00	
0105	BS	105 26 29.0	92 44 47.0	126.96	
0106	FS	283 00 39.0	89 32 21.0	52.23	
0107	BS	285 27 29.0	267 15 05.0	0.00	
0108	FS	103 00 21.0	270 27 30.0	0.00	
0109	BS	105 26 21.0	92 44 52.0	126.96	
0110	FS	283 00 40.0	89 32 24.0	52.23	
0111	BS	285 26 32.0	267 15 16.0	0.00	
0112	FS	103 00 17.0	270 27 23.0	0.00	

-----

0113	2 OCCUPY	109	1.62	108	
0114	3 FS TP	109B		1.61	1.62
0115	BS	129 32 07.0	90 32 33.0	52.22	
0116	FS	271 00 44.0	92 09 49.0	64.95	
0117	BS	309 32 04.0	269 27 27.0	0.00	
0118	FS	91 00 17.0	267 50 28.0	0.00	
0119	BS	129 32 14.0	90 32 39.0	52.22	
0120	FS	271 00 42.0	92 09 53.0	64.95	
0121	BS	309 32 07.0	269 27 27.0	0.00	
0122	FS	91 00 28.0	267 50 13.0	0.00	
0123	BS	129 32 04.0	90 32 37.0	52.22	
0124	FS	271 00 36.0	92 09 47.0	64.95	
0125	BS	309 32 00.0	269 27 28.0	0.00	

0126	FS	91 00 24.0	267 50 14.0	0.00		
-----						
0127	2 OCCUPY	109B	1.64	109		
0128	3 FS TP	110		1.55	1.70	
0129	BS	141 22 36.0	87 51 21.0	64.96		
0130	FS	257 59 10.0	93 13 34.0	70.27		
0131	BS	321 22 36.0	272 10 13.0	0.00		
0132	FS	77 59 06.0	266 48 03.0	0.00		
0133	BS	141 22 34.0	87 51 28.0	64.96		
0134	FS	257 59 11.0	93 13 36.0	70.27		
0135	BS	321 22 27.0	272 10 03.0	0.00		
0136	FS	77 58 59.0	266 48 09.0	0.00		
0137	BS	141 22 40.0	87 51 28.0	64.96		
0138	FS	257 59 15.0	93 13 22.0	70.27		
0139	BS	321 22 34.0	272 10 09.0	0.00		
0140	FS	77 59 03.0	266 48 02.0	0.00		
-----						
0141	2 OCCUPY	110	1.54	109B		
0142	3 FS TP	111		1.73	1.66	
0143	BS	2 22 42.0	86 48 58.0	70.27		
0144	FS	133 59 14.0	92 56 44.0	171.35		
0145	BS	182 22 30.0	273 12 22.0	0.00		
0146	FS	313 59 09.0	267 03 15.0	0.00		
0147	BS	2 22 42.0	86 49 13.0	70.27		
0148	FS	133 59 13.0	92 56 54.0	171.35		
0149	BS	182 22 31.0	273 12 40.0	0.00		
0150	FS	313 59 07.0	267 03 08.0	0.00		
0151	BS	2 22 33.0	86 49 07.0	70.27		
0152	FS	133 59 14.0	92 56 49.0	171.35		
0153	BS	182 22 39.0	273 12 44.0	0.00		
0154	FS	313 59 17.0	267 03 14.0	0.00		

-----

0155	2 OCCUPY	111	1.60	110	
0156	3 FS TP	112		1.47	1.57
0157	BS	75 23 43.0	87 00 57.0	171.36	
0158	FS	280 59 19.0	93 53 43.0	132.11	
0159	BS	255 23 09.0	272 59 02.0	0.00	
0160	FS	100 59 17.0	266 06 15.0	0.00	
0161	BS	75 23 36.0	87 00 55.0	171.36	
0162	FS	280 59 18.0	93 53 47.0	132.11	
0163	BS	255 23 29.0	272 59 01.0	0.00	
0164	FS	100 59 15.0	266 06 09.0	0.00	
0165	BS	75 23 36.0	87 00 57.0	171.36	
0166	FS	280 59 26.0	93 53 45.0	132.11	
0167	BS	255 23 08.0	272 59 06.0	0.00	
0168	FS	100 59 17.0	266 06 19.0	0.00	

-----

0169	2 OCCUPY	112	1.44	111	
0170	3 FS TP	113		1.53	1.64
0171	BS	241 06 41.0	86 06 49.0	132.11	
0172	FS	93 19 59.0	90 27 21.0	145.43	
0173	BS	61 06 31.0	273 52 55.0	0.00	
0174	FS	273 19 55.0	269 32 22.0	0.00	
0175	BS	241 06 46.0	86 06 56.0	132.11	
0176	FS	93 20 05.0	90 27 11.0	145.43	
0177	BS	61 06 30.0	273 52 55.0	0.00	
0178	FS	273 19 45.0	269 32 28.0	0.00	
0179	BS	241 06 40.0	86 07 10.0	132.11	
0180	FS	93 19 56.0	90 27 31.0	145.43	
0181	BS	61 06 19.0	273 52 38.0	0.00	
0182	FS	273 19 42.0	269 32 36.0	0.00	

-----

0183	2 OCCUPY	113	1.52	112	
0184	3 FS TP	114		1.54	1.45
0185	BS	229 54 06.0	89 34 14.0	145.43	
0186	FS	97 04 04.0	89 30 07.0	55.30	
0187	BS	49 53 57.0	270 25 35.0	0.00	
0188	FS	277 03 52.0	270 29 37.0	0.00	
0189	BS	229 54 03.0	89 34 14.0	145.43	
0190	FS	97 04 14.0	89 29 50.0	55.30	
0191	BS	49 54 07.0	270 25 36.0	0.00	
0192	FS	277 04 04.0	270 29 35.0	0.00	
0193	BS	229 54 06.0	89 34 12.0	145.43	
0194	FS	97 04 09.0	89 29 03.0	55.30	
0195	BS	49 53 56.0	270 25 36.0	0.00	
0196	FS	277 04 02.0	270 29 40.0	0.00	

-----

0197	2 OCCUPY	114	1.52	113	
0198	3 FS TP	115		1.50	1.59
0199	BS	243 42 57.0	90 28 08.0	55.30	
0200	FS	99 35 35.0	86 58 07.0	188.48	
0201	BS	63 42 46.0	269 31 39.0	0.00	
0202	FS	279 35 36.0	273 01 37.0	0.00	
0203	BS	243 43 00.0	90 28 09.0	55.30	
0204	FS	99 35 45.0	86 58 15.0	188.48	
0205	BS	63 42 52.0	269 31 46.0	0.00	
0206	FS	279 35 30.0	273 01 43.0	0.00	
0207	BS	243 42 47.0	90 28 07.0	55.30	
0208	FS	99 35 36.0	86 58 20.0	188.48	
0209	BS	63 42 46.0	269 31 43.0	0.00	
0210	FS	279 35 35.0	273 01 41.0	0.00	

-----

0211	2 OCCUPY	115	1.61	114	
------	----------	-----	------	-----	--

0212	3 FS TP	116		1.56	1.62
0213	BS	22 36 05.0	93 03 20.0	188.48	
0214	FS	193 34 13.0	89 02 54.0	250.90	
0215	BS	202 36 13.0	266 56 36.0	0.00	
0216	FS	13 34 05.0	270 56 55.0	0.00	
0217	BS	22 36 20.0	93 03 20.0	188.48	
0218	FS	193 34 27.0	89 02 51.0	250.90	
0219	BS	202 36 09.0	266 56 39.0	0.00	
0220	FS	13 34 10.0	270 57 02.0	0.00	
0221	BS	22 36 12.0	93 03 20.0	188.48	
0222	FS	193 34 28.0	89 02 47.0	250.90	
0223	BS	202 36 07.0	266 56 39.0	0.00	
0224	FS	13 34 15.0	270 57 04.0	0.00	

-----

0225	2 OCCUPY	116		1.51	115
0226	3 FS TP	117		1.54	1.60
0227	BS	133 40 05.0	90 57 55.0	250.90	
0228	FS	324 22 34.0	89 14 04.0	222.45	
0229	BS	313 40 07.0	269 01 56.0	0.00	
0230	FS	144 22 23.0	270 46 01.0	0.00	
0231	BS	133 40 07.0	90 57 55.0	250.90	
0232	FS	324 22 41.0	89 13 50.0	222.45	
0233	BS	313 40 00.0	269 01 57.0	0.00	
0234	FS	144 22 35.0	270 46 04.0	0.00	
0235	BS	133 40 15.0	90 58 02.0	250.90	
0236	FS	324 22 39.0	89 13 57.0	222.45	
0237	BS	313 40 02.0	269 01 58.0	0.00	
0238	FS	144 22 21.0	270 46 04.0	0.00	

-----

0239	2 OCCUPY	117		1.56	116
0240	3 FS TP	118		1.49	1.63

0241	BS	301 50 31.0	90 45 27.0	222.45
0242	FS	44 20 37.0	93 37 42.0	109.73
0243	BS	121 50 25.0	269 14 06.0	0.00
0244	FS	224 20 27.0	266 21 54.0	0.00
0245	BS	301 50 24.0	90 45 23.0	222.45
0246	FS	44 20 42.0	93 37 48.0	109.73
0247	BS	121 50 20.0	269 14 33.0	0.00
0248	FS	224 20 35.0	266 22 08.0	0.00
0249	BS	301 50 28.0	90 45 22.0	222.45
0250	FS	44 20 36.0	93 37 32.0	109.73
0251	BS	121 50 29.0	269 14 33.0	0.00
0252	FS	224 20 38.0	266 22 03.0	0.00

-----

0253	2 OCCUPY	118	1.48	117	
0254	3 FS TP	119		1.58	1.60
0255	BS	100 21 01.0	86 22 33.0	109.73	
0256	FS	279 25 35.0	88 02 35.0	171.43	
0257	BS	280 20 47.0	273 37 26.0	0.00	
0258	FS	99 25 24.0	271 57 16.0	0.00	
0259	BS	100 20 59.0	86 22 30.0	109.73	
0260	FS	279 25 34.0	88 02 37.0	171.43	
0261	BS	280 20 49.0	273 37 24.0	0.00	
0262	FS	99 25 25.0	271 57 16.0	0.00	
0263	BS	100 20 54.0	86 22 35.0	109.73	
0264	FS	279 25 35.0	88 02 36.0	171.43	
0265	BS	280 20 50.0	273 37 15.0	0.00	
0266	FS	99 25 30.0	271 57 14.0	0.00	

-----

0267	2 OCCUPY	119	1.50	N AZ 00 00 00.0
0268	3 FS TP	120		1.52 1.53
0269	BS	7 15 02.0	91 54 52.0	171.45

0270	FS	181 23 59.0	90 06 50.0	286.23
0271	BS	187 14 51.0	268 05 15.0	0.00
0272	FS	1 23 45.0	269 53 12.0	0.00
0273	BS	7 15 06.0	91 54 38.0	171.45
0274	FS	181 23 52.0	90 07 00.0	286.23
0275	BS	187 14 56.0	268 05 20.0	0.00
0276	FS	1 23 49.0	269 53 17.0	0.00
0277	BS	7 15 05.0	91 54 42.0	171.45
0278	FS	181 23 58.0	90 06 55.0	286.23
0279	BS	187 14 51.0	268 05 23.0	0.00
0280	FS	1 23 49.0	269 53 18.0	0.00

-----

0281	2 OCCUPY	120	1.52	119	
0282	3 FS TP	121		1.78	1.50
0283	BS	300 50 47.0	89 53 05.0	286.22	
0284	FS	128 04 09.0	90 42 09.0	330.81	
0285	BS	120 50 15.0	270 07 02.0	0.00	
0286	FS	308 03 36.0	269 17 49.0	0.00	
0287	BS	300 50 23.0	89 52 56.0	286.22	
0288	FS	128 04 01.0	90 42 13.0	330.81	
0289	BS	120 50 07.0	270 06 52.0	0.00	
0290	FS	308 03 46.0	269 17 57.0	0.00	
0291	BS	300 50 32.0	89 52 58.0	286.22	
0292	FS	128 03 53.0	90 42 07.0	330.81	
0293	BS	120 50 18.0	270 07 00.0	0.00	
0294	FS	308 03 50.0	269 17 49.0	0.00	

-----

0295	2 OCCUPY	121	1.70	120	
0296	3 FS TP	122		1.67	1.52
0297	BS	298 23 58.0	89 16 53.0	330.81	
0298	FS	105 32 21.0	92 16 06.0	193.10	

0299	BS	118 23 50.0	270 42 56.0	0.00
0300	FS	285 32 14.0	267 44 08.0	0.00
0301	BS	298 24 03.0	89 17 08.0	330.81
0302	FS	105 32 22.0	92 16 11.0	193.11
0303	BS	118 23 49.0	270 43 07.0	0.00
0304	FS	285 32 12.0	267 44 01.0	0.00
0305	BS	298 23 58.0	89 17 13.0	330.81
0306	FS	105 32 23.0	92 16 09.0	193.10
0307	BS	118 23 43.0	270 42 58.0	0.00
0308	FS	285 32 11.0	267 43 58.0	0.00

-----

0309	2 OCCUPY	122	1.67	121	
0310	3 FS TP	123		1.38	1.70
0311	BS	58 33 19.0	87 43 32.0	193.11	
0312	FS	219 35 10.0	92 18 08.0	52.53	
0313	BS	238 33 01.0	272 16 28.0	0.00	
0314	FS	39 34 45.0	267 41 44.0	0.00	
0315	BS	58 33 32.0	87 43 27.0	193.11	
0316	FS	219 35 14.0	92 18 14.0	52.53	
0317	BS	238 33 11.0	272 16 25.0	0.00	
0318	FS	39 34 58.0	267 41 41.0	0.00	
0319	BS	58 33 27.0	87 43 26.0	193.11	
0320	FS	219 35 13.0	92 18 11.0	52.53	
0321	BS	238 33 06.0	272 16 30.0	0.00	
0322	FS	39 34 59.0	267 41 46.0	0.00	

-----

0323	2 OCCUPY	123	1.50	N AZ	00 00 00.0
0324	3 FS TP	124		1.62	1.60
0325	BS	329 23 31.0	87 55 06.0	52.53	
0326	FS	162 35 40.0	92 42 23.0	131.21	
0327	BS	149 23 28.0	272 04 43.0	0.00	

0328	FS	342 35 50.0	267 17 02.0	0.00
0329	BS	329 23 33.0	87 54 49.0	52.53
0330	FS	162 35 44.0	92 42 23.0	131.21
0331	BS	149 23 38.0	272 03 32.0	0.00
0332	FS	342 35 40.0	267 17 38.0	0.00
0333	BS	329 23 40.0	87 56 25.0	52.53
0334	FS	162 35 44.0	92 42 27.0	131.21
0335	BS	149 23 30.0	272 03 37.0	0.00
0336	FS	342 35 43.0	267 17 42.0	0.00

-----

0337	2 OCCUPY	124	1.60	123	
0338	3 FS TP	125		1.60	1.45
0339	BS	79 43 53.0	87 20 37.0	131.22	
0340	FS	223 19 28.0	92 23 55.0	147.33	
0341	BS	259 43 37.0	272 39 24.0	0.00	
0342	FS	43 19 22.0	267 35 58.0	0.00	
0343	BS	79 43 51.0	87 20 33.0	131.22	
0344	FS	223 19 25.0	92 23 53.0	147.33	
0345	BS	259 43 37.0	272 39 23.0	0.00	
0346	FS	43 19 09.0	267 36 00.0	0.00	
0347	BS	79 43 50.0	87 20 33.0	131.22	
0348	FS	223 19 27.0	92 23 54.0	147.33	
0349	BS	259 43 38.0	272 39 31.0	0.00	
0350	FS	43 19 11.0	267 36 01.0	0.00	

-----

0351	2 OCCUPY	125	1.60	124	
0352	3 FS TP	126		1.43	1.60
0353	BS	25 49 43.0	87 38 16.0	147.33	
0354	FS	156 54 01.0	91 07 25.0	172.71	
0355	BS	205 49 36.0	272 22 04.0	0.00	
0356	FS	336 54 04.0	268 52 39.0	0.00	

0357	BS	25 49 54.0	87 37 51.0	147.33
0358	FS	156 54 08.0	91 07 26.0	172.71
0359	BS	205 49 48.0	272 22 12.0	0.00
0360	FS	336 53 55.0	268 52 40.0	0.00
0361	BS	25 50 06.0	87 37 55.0	147.33
0362	FS	156 54 20.0	91 07 30.0	172.71
0363	BS	205 49 47.0	272 22 05.0	0.00
0364	FS	336 53 59.0	268 52 36.0	0.00

-----

0365	2 OCCUPY	126	1.40	125	
0366	3 FS TP	127		1.46	1.61
0367	BS	285 25 14.0	88 53 48.0	172.71	
0368	FS	101 41 38.0	91 23 32.0	287.84	
0369	BS	105 24 59.0	271 06 21.0	0.00	
0370	FS	281 41 23.0	268 38 15.0	0.00	
0371	BS	285 25 14.0	88 53 49.0	172.71	
0372	FS	101 41 32.0	91 21 48.0	287.84	
0373	BS	105 24 56.0	271 06 21.0	0.00	
0374	FS	281 41 16.0	268 38 17.0	0.00	
0375	BS	285 25 08.0	88 53 36.0	172.71	
0376	FS	101 41 34.0	91 21 44.0	287.84	
0377	BS	105 25 03.0	271 06 28.0	0.00	
0378	FS	281 41 24.0	268 38 12.0	0.00	

-----

0379	2 OCCUPY	127	1.43	126	
0380	3 FS TP	128		1.70	1.40
0381	BS	104 53 04.0	88 38 51.0	287.84	
0382	FS	300 50 26.0	89 31 35.0	207.06	
0383	BS	284 52 52.0	271 21 28.0	0.00	
0384	FS	120 50 09.0	270 28 33.0	0.00	
0385	BS	104 53 05.0	88 38 57.0	287.84	

0386	FS	300 50 38.0	89 31 04.0	207.06
0387	BS	284 53 07.0	271 21 21.0	0.00
0388	FS	120 50 05.0	270 28 48.0	0.00
0389	BS	104 53 00.0	88 39 10.0	287.84
0390	FS	300 50 27.0	89 31 10.0	207.06
0391	BS	284 52 43.0	271 21 25.0	0.00
0392	FS	120 50 11.0	270 28 52.0	0.00

-----

0393	2 OCCUPY	128	1.66	127	
0394	3 FS TP	129		1.53	1.39
0395	BS	180 19 44.0	90 29 02.0	207.06	
0396	FS	43 57 19.0	91 02 55.0	151.17	
0397	BS	00 19 43.0	269 30 55.0	0.00	
0398	FS	223 57 07.0	268 57 30.0	0.00	
0399	BS	180 19 44.0	90 29 05.0	207.06	
0400	FS	43 57 22.0	91 02 55.0	151.17	
0401	BS	00 19 31.0	269 30 49.0	0.00	
0402	FS	223 57 09.0	268 57 01.0	0.00	
0403	BS	180 19 38.0	90 29 09.0	207.06	
0404	FS	43 57 27.0	91 02 50.0	151.17	
0405	BS	00 20 00.0	269 30 53.0	0.00	
0406	FS	223 57 06.0	268 57 07.0	0.00	

-----

0407	2 OCCUPY	129	1.50	128	
0408	3 FS TP	130		1.56	1.56
0409	BS	72 36 50.0	88 58 29.0	151.17	
0410	FS	213 11 39.0	91 49 53.0	129.44	
0411	BS	252 36 30.0	271 01 36.0	0.00	
0412	FS	33 11 17.0	268 10 30.0	0.00	
0413	BS	72 36 42.0	88 58 12.0	151.17	
0414	FS	213 11 36.0	91 49 23.0	129.44	

0415	BS	252 36 37.0	271 01 39.0	0.00
0416	FS	33 11 30.0	268 10 38.0	0.00
0417	BS	72 36 40.0	88 58 13.0	151.17
0418	FS	213 11 40.0	91 49 16.0	129.44
0419	BS	252 36 31.0	271 01 33.0	0.00
0420	FS	33 11 24.0	268 10 35.0	0.00

-----

0421	2 OCCUPY	130	1.53	129	
0422	3 FS TP	131		1.53	1.55
0423	BS	6 16 19.0	88 07 50.0	129.44	
0424	FS	133 37 55.0	90 40 04.0	78.86	
0425	BS	186 16 02.0	271 52 26.0	0.00	
0426	FS	313 37 51.0	269 21 12.0	0.00	
0427	BS	6 16 05.0	88 07 34.0	129.44	
0428	FS	133 37 53.0	90 40 11.0	78.86	
0429	BS	186 15 56.0	271 52 24.0	0.00	
0430	FS	313 37 45.0	269 19 49.0	0.00	
0431	BS	6 16 08.0	88 07 32.0	129.44	
0432	FS	133 37 57.0	90 40 16.0	78.86	
0433	BS	186 15 57.0	271 52 17.0	0.00	
0434	FS	313 37 36.0	269 19 37.0	0.00	

-----

0435	2 OCCUPY	131	1.50	130	
0436	3 FS TP	132		1.40	1.49
0437	BS	59 10 18.0	89 21 06.0	78.86	
0438	FS	275 01 39.0	90 22 27.0	161.05	
0439	BS	239 10 05.0	270 38 37.0	0.00	
0440	FS	95 01 35.0	269 37 20.0	0.00	
0441	BS	59 10 17.0	89 21 33.0	78.86	
0442	FS	275 01 48.0	90 22 24.0	161.05	
0443	BS	239 09 54.0	270 38 26.0	0.00	

0444	FS	95 01 23.0	269 37 32.0	0.00
0445	BS	59 10 33.0	89 21 25.0	78.86
0446	FS	275 01 58.0	90 22 26.0	161.04
0447	BS	239 10 17.0	270 38 19.0	0.00
0448	FS	95 01 48.0	269 37 31.0	0.00

-----

0449	2 OCCUPY	132	1.41	131	
0450	3 FS TP	133		1.44	1.40
0451	BS	178 35 41.0	89 41 28.0	161.05	
0452	FS	348 05 07.0	89 31 42.0	82.84	
0453	BS	358 35 42.0	270 18 28.0	0.00	
0454	FS	168 04 56.0	270 28 21.0	0.00	
0455	BS	178 35 31.0	89 41 15.0	161.05	
0456	FS	348 05 02.0	89 31 39.0	82.84	
0457	BS	358 35 36.0	270 18 32.0	0.00	
0458	FS	168 04 50.0	270 28 20.0	0.00	
0459	BS	178 35 34.0	89 41 33.0	161.05	
0460	FS	348 05 07.0	89 31 29.0	82.84	
0461	BS	358 35 37.0	270 18 27.0	0.00	
0462	FS	168 04 49.0	270 28 22.0	0.00	

-----

0463	2 OCCUPY	133	1.43	132	
0464	3 FS TP	134		1.52	1.36
0465	BS	191 33 50.0	90 33 55.0	82.84	
0466	FS	353 13 03.0	90 28 29.0	292.31	
0467	BS	11 33 32.0	269 26 07.0	0.00	
0468	FS	173 12 42.0	269 31 32.0	0.00	
0469	BS	191 33 45.0	90 33 39.0	82.84	
0470	FS	353 12 58.0	90 28 37.0	292.31	
0471	BS	11 33 34.0	269 26 19.0	0.00	
0472	FS	173 12 49.0	269 31 31.0	0.00	

0473	BS	191 33 43.0	90 33 39.0	82.84
0474	FS	353 12 53.0	90 28 32.0	292.31
0475	BS	11 33 26.0	269 26 10.0	0.00
0476	FS	173 12 43.0	269 26 10.0	0.00

-----

0477	2 OCCUPY	134	1.52	133	
0478	3 FS TP	135		1.58	1.48
0479	BS	51 05 48.0	89 32 03.0	292.31	
0480	FS	190 17 40.0	88 19 49.0	163.60	
0481	BS	231 05 45.0	270 27 44.0	0.00	
0482	FS	10 17 29.0	271 40 28.0	0.00	
0483	BS	51 05 48.0	89 32 27.0	292.31	
0484	FS	190 17 34.0	88 19 38.0	163.60	
0485	BS	231 05 38.0	270 27 38.0	0.00	
0486	FS	10 17 31.0	271 40 32.0	0.00	
0487	BS	51 05 52.0	89 31 59.0	292.31	
0488	FS	190 17 38.0	88 19 29.0	163.60	
0489	BS	231 05 36.0	270 27 52.0	0.00	
0490	FS	10 17 22.0	271 40 25.0	0.00	

-----

0491	2 OCCUPY	135	1.58	134	
0492	3 FS TP	136		1.65	1.49
0493	BS	181 21 43.0	91 42 45.0	163.60	
0494	FS	69 54 05.0	92 41 47.0	95.82	
0495	BS	1 21 33.0	268 17 09.0	0.00	
0496	FS	249 54 01.0	267 18 08.0	0.00	
0497	BS	181 21 46.0	91 42 55.0	163.60	
0498	FS	69 54 10.0	92 41 47.0	95.82	
0499	BS	1 21 47.0	268 17 08.0	0.00	
0500	FS	249 54 01.0	267 18 02.0	0.00	
0501	BS	181 21 50.0	91 42 55.0	163.60	

0502	FS	69 54 11.0	92 41 50.0	95.82		
0503	BS	1 21 50.0	268 17 00.0	0.00		
0504	FS	249 54 06.0	267 17 59.0	0.00		
-----						
0505	2 OCCUPY	136	1.65	135		
0506	3 FS TP	137		1.58	1.68	
0507	BS	159 31 37.0	87 17 14.0	95.82		
0508	FS	311 03 13.0	91 42 04.0	53.96		
0509	BS	339 31 29.0	272 42 43.0	0.00		
0510	FS	131 03 08.0	268 18 04.0	0.00		
0511	BS	159 31 32.0	87 17 21.0	95.82		
0512	FS	311 03 14.0	91 42 14.0	53.96		
0513	BS	339 31 35.0	272 42 46.0	0.00		
0514	FS	131 02 58.0	268 17 53.0	0.00		
0515	BS	159 31 35.0	87 17 16.0	95.82		
0516	FS	311 03 06.0	91 42 11.0	53.96		
0517	BS	339 31 20.0	272 42 33.0	0.00		
0518	FS	131 02 56.0	268 17 54.0	0.00		
-----						
0519	2 OCCUPY	137	1.57	136		
0520	3 FS TP	138		1.50	1.70	
0521	BS	326 01 37.0	88 19 29.0	53.96		
0522	FS	182 48 59.0	90 27 16.0	155.10		
0523	BS	146 01 17.0	271 40 22.0	0.00		
0524	FS	2 48 42.0	269 32 36.0	0.00		
0525	BS	326 01 40.0	88 19 34.0	53.96		
0526	FS	182 48 52.0	90 27 08.0	155.10		
0527	BS	146 01 17.0	271 40 33.0	0.00		
0528	FS	2 48 43.0	269 32 19.0	0.00		
0529	BS	326 01 32.0	88 19 42.0	53.96		
0530	FS	182 49 05.0	90 27 08.0	155.10		

0531	BS	146 01 22.0	271 40 18.0	0.00	
0532	FS	2 48 48.0	269 32 42.0	0.00	
-----					
0533	2 OCCUPY	138	1.60	137	
0534	3 FS TP	139		1.73	1.64
0535	BS	34 05 13.0	89 33 07.0	155.10	
0536	FS	131 43 00.0	89 30 43.0	101.88	
0537	BS	214 05 00.0	270 26 46.0	0.00	
0538	FS	311 42 53.0	270 29 19.0	0.00	
0539	BS	34 05 33.0	89 33 17.0	155.10	
0540	FS	131 43 06.0	89 30 31.0	101.88	
0541	BS	214 05 10.0	270 26 46.0	0.00	
0542	FS	311 42 56.0	270 29 22.0	0.00	
0543	BS	34 05 23.0	89 33 10.0	155.10	
0544	FS	131 43 02.0	89 30 38.0	101.88	
0545	BS	214 05 08.0	270 26 38.0	0.00	
0546	FS	311 42 53.0	270 29 09.0	0.00	
-----					
0547	2 OCCUPY	139	1.72	138	
0548	3 FS TP	140		1.61	1.60
0549	BS	235 29 25.0	90 31 47.0	101.88	
0550	FS	65 30 58.0	89 07 18.0	251.10	
0551	BS	55 29 15.0	269 28 18.0	0.00	
0552	FS	245 30 41.0	270 52 34.0	0.00	
0553	BS	235 29 18.0	90 31 45.0	101.88	
0554	FS	65 31 06.0	89 07 27.0	251.10	
0555	BS	55 29 10.0	269 28 07.0	0.00	
0556	FS	245 30 46.0	270 52 32.0	0.00	
0557	BS	235 29 23.0	90 31 46.0	101.88	
0558	FS	65 30 59.0	89 07 34.0	251.10	
0559	BS	55 29 06.0	269 28 18.0	0.00	

0560 FS 245 31 06.0 270 52 45.0 0.00

-----  
0561 2 OCCUPY 140 1.54 139  
0562 3 FS TP 141 1.69 1.58  
0563 BS 345 25 32.0 90 54 49.0 251.10  
0564 FS 151 36 24.0 88 59 36.0 115.28  
0565 BS 165 25 24.0 269 04 54.0 0.00  
0566 FS 331 36 31.0 271 00 26.0 0.00  
0567 BS 345 25 41.0 90 54 37.0 251.10  
0568 FS 151 36 11.0 88 59 31.0 115.28  
0569 BS 165 25 24.0 269 04 54.0 0.00  
0570 FS 331 36 18.0 271 00 29.0 0.00  
0571 BS 345 25 29.0 90 54 50.0 251.10  
0572 FS 151 36 27.0 88 59 29.0 115.28  
0573 BS 165 25 14.0 269 05 11.0 0.00  
0574 FS 331 36 35.0 271 00 20.0 0.00

-----  
0575 2 OCCUPY 141 1.68 140  
0576 3 FS TP 142 1.47 1.58  
0577 BS 237 55 26.0 91 01 20.0 115.28  
0578 FS 43 56 34.0 89 10 05.0 220.34  
0579 BS 57 55 27.0 268 59 46.0 0.00  
0580 FS 223 56 38.0 270 49 38.0 0.00  
0581 BS 237 55 27.0 91 00 14.0 115.28  
0582 FS 43 56 32.0 89 10 15.0 220.34  
0583 BS 57 55 24.0 268 59 37.0 0.00  
0584 FS 223 56 27.0 270 49 46.0 0.00  
0585 BS 237 55 26.0 91 00 08.0 115.28  
0586 FS 43 56 48.0 89 10 08.0 220.34  
0587 BS 57 55 25.0 268 59 36.0 0.00  
0588 FS 223 56 50.0 270 49 49.0 0.00

-----

0589	2 OCCUPY	142	1.59	141	
0590	3 FS TP	143		1.62	1.51
0591	BS	210 01 31.0	90 54 49.0	220.34	
0592	FS	28 37 12.0	88 27 58.0	431.23	
0593	BS	30 01 23.0	269 05 23.0	0.00	
0594	FS	208 37 06.0	271 32 15.0	0.00	
0595	BS	210 01 25.0	90 54 35.0	220.34	
0596	FS	28 37 04.0	88 28 04.0	431.23	
0597	BS	30 01 26.0	269 05 11.0	0.00	
0598	FS	208 37 25.0	271 32 07.0	0.00	
0599	BS	210 02 26.0	90 54 43.0	220.34	
0600	FS	28 37 15.0	88 27 18.0	431.23	
0601	BS	30 01 34.0	269 05 17.0	0.00	
0602	FS	208 37 19.0	271 32 28.0	0.00	

-----

0603	2 OCCUPY	143	1.61	142	
0604	3 FS TP	144		1.62	1.40
0605	BS	97 04 02.0	91 34 07.0	431.23	
0606	FS	238 12 42.0	89 31 19.0	149.11	
0607	BS	277 04 02.0	268 25 38.0	0.00	
0608	FS	58 12 32.0	270 28 35.0	0.00	
0609	BS	97 04 07.0	91 34 04.0	431.23	
0610	FS	238 12 36.0	89 32 11.0	149.11	
0611	BS	277 03 30.0	268 25 02.0	0.00	
0612	FS	58 12 05.0	270 28 39.0	0.00	
0613	BS	97 03 36.0	91 34 57.0	431.23	
0614	FS	238 12 39.0	89 31 24.0	149.11	
0615	BS	277 03 40.0	268 25 02.0	0.00	
0616	FS	58 12 20.0	270 28 30.0	0.00	

-----

0617	2 OCCUPY	144	1.62	143	
0618	3 FS TP	145		1.63	1.54
0619	BS	25 08 44.0	90 31 21.0	149.11	
0620	FS	275 18 12.0	89 10 41.0	136.39	
0621	BS	205 08 38.0	269 28 36.0	0.00	
0622	FS	95 18 12.0	270 49 28.0	0.00	
0623	BS	25 08 29.0	90 31 23.0	149.11	
0624	FS	275 18 08.0	89 10 46.0	136.39	
0625	BS	205 08 40.0	269 28 36.0	0.00	
0626	FS	95 18 03.0	270 49 21.0	0.00	
0627	BS	25 08 36.0	90 31 21.0	149.11	
0628	FS	275 18 12.0	89 10 41.0	136.39	
0629	BS	205 08 44.0	269 28 32.0	0.00	
0630	FS	95 18 11.0	270 49 20.0	0.00	

-----

0631	2 OCCUPY	145	1.66	144	
0632	41 CANG		1.61	1.49	
0633	BS	21 35 32.0	90 52 13.0	136.39	
0634	FS	161 09 03.0	88 19 52.0	403.69	
0635	BS	201 35 16.0	269 07 43.0	0.00	
0636	FS	341 08 13.0	271 40 10.0	0.00	
0637	BS	21 35 26.0	90 52 13.0	136.39	
0638	FS	161 09 04.0	88 19 45.0	403.69	
0639	BS	201 35 12.0	269 07 49.0	0.00	
0640	FS	341 08 21.0	271 40 09.0	0.00	
0641	BS	21 35 29.0	90 52 11.0	136.39	
0642	FS	161 08 45.0	88 19 42.0	403.69	
0643	BS	201 35 16.0	269 07 47.0	0.00	
0644	FS	341 08 14.0	271 39 58.0	0.00	
0645	4 CLOSE	100		N AZ 180 00 00.0	

## BIBLIOGRAFÍA

- 1.- LÓPEZ – CUERVO, SERAFÍN.  
*Topografía*, (2ª Ed.)  
Edit. Mundi-Prensa, México, 1996, 474 p.
- 2.- GARCÍA-TEJERO, F. DOMÍNGUEZ.  
*Topografía General y Aplicada*, (12ª Ed.)  
Edit. Mundi-Prensa, México, 1993, 823 p.
- 3.- ANTONIO GARCÍA MARTÍN, MANUEL F. ROSIQUE  
*Topografía Básica para Ingenieros*, (1ª Ed.)  
Edit. Universidad de Murcia, España, 1994, 260 p.
- 4.- E. J. KRAKIWSKY Y D. E. WELLS  
*Sistemas de Coordenadas en Geodesia*  
DETENAL, México, 1978, 125 p.
- 5.- V. N. BARANOV, E. G. BOIKO, I. I. KRASNORILOV  
*Geodesia Cósmica*  
Edit. Cosmos de UAS, Culiacán, Sin., 1997, 459 p.
- 6.- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA GEOGRAFÍA E INFORMATICA  
*La Nueva Red Geodésica Nacional*  
Edit. INEGI, México, 1995, 30 p.
- 7.- LEICA  
Wild T1600 -TC1600, Manual de Empleo
- 8.- LEICA  
Distomat Wild, DI 1001 - DI 1600 - DI 2002.
- 9.- Kytzia Vite  
*Manual del SoftWare Wildsoft*  
Trabajo de Tesis, UNAM. México, 2004.
- 10.- [www.inegi.gob.mx/inegi/](http://www.inegi.gob.mx/inegi/)  
Sistema Geodésico Nacional  
Versión 1.4