

## TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

# EVALUACION DE LA VARIACION DEL CÁLCULO DE AREAS POR EFECTO DEL USO DE COORDENADAS GEODESICAS Y SUS CORRESPONDIENTES COORDENADAS CARTOGRAFICAS

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Douglas Bravo.

Presentado ante la ilustre  
Universidad Central de Venezuela

Por el Br.:

***Ojeda Zambrano, Rafael Ángel.***

Para optar al título de:

Ingeniero Geodesta

Caracas, Noviembre de 2009

Ojeda Z. Rafael A.

# **EVALUACION DE LA VARIACION DEL CÁLCULO DE AREAS POR EFECTO DEL USO DE COORDENADAS GEODESICAS Y SUS CORRESPONDIENTES COORDENADAS CARTOGRAFICAS**

**Tutor: Prof. Douglas Bravo. Tesis. Caracas. U.C.V. Facultad de  
Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil. Departamento de Ingeniería  
Geodésica y Agrimensura. Año 2009, número de páginas 198.**

**Palabras Claves:** Proyección cartográfica, Calculo de Áreas, Variación  
superficial.

**Resumen.** La necesidad de conocer y cuantificar las variaciones superficiales que se presentan al proyectar y calcular áreas sobre diferentes tipos de superficies y escenarios de altura, plantea la elaboración de una metodología que implique la automatización de los procesos cartográficos para determinar las mismas, partiendo de la obtención de data de polígonos generados sobre imágenes de radar SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*).

Como resultado se cuantificaron las magnitudes de la variación relativa entre las áreas al ser proyectadas sobre el plano, sobre el elipsoide y al ser sometidas a diferentes escenarios de altura.

## ACTA

El día dos de diciembre de 2009 se reunió el jurado formado por los profesores:

Douglas R Bravo A  
Gilberto Swanston  
Rosa Benitez N.

Con el fin de examinar el Trabajo Especial de Grado titulado: **“EVALUACIÓN DE LA VARIACIÓN DEL CÁLCULO DE ÁREAS POR EFECTO DEL USO DE COORDENADAS GEODÉSICAS Y SUS CORRESPONDIENTES COORDENADAS CARTOGRÁFICAS”**.

Presentado ante la ilustre Universidad Central de Venezuela para optar por el título de **INGENIERO GEODESTA**.

Una vez oída la defensa oral que el Bachiller hizo de su Trabajo Especial de Grado, este jurado decidió la siguiente calificación:

NOMBRE	CALIFICACIÓN	
	Número	Letras
Ojeda Z, Rafael A.	20	veinte

RECOMENDACIONES: MENTIÓN HONORÍFICA

### FIRMAS DEL JURADO

Douglas R Bravo A  
Gilberto Swanston  
Rosa Benitez N.



Caracas, 02 de diciembre de 2009

## **DEDICATORIA**

*A Dios Todopoderoso.*

*A mis Padres.*

## AGRADECIMIENTOS

A la Ilustre Universidad Central de Venezuela por darme la oportunidad de estudio y las *luces* necesarias en el futuro profesional.

A todos los profesores del departamento de Ingeniería Geodésica por su valiosa contribución compartiendo sus conocimientos.

A mi tutor Douglas por toda su colaboración y asesoría en el desarrollo de este trabajo de grado.

A la profesora Maritza por estar siempre pendiente de sus *hijos*.

A mi novia Lissette por estar siempre conmigo apoyándome en todo momento y formar parte de mi vida.

A mis amigos Leonardo y Jorge por todo el apoyo y confianza que me han brindado en los últimos años para fortalecer mi crecimiento.

A todas las personas que conforman el Departamento de Ingeniería geodésica y Agrimensura de la Universidad Central de Venezuela.

A Emilio por toda la colaboración prestada en el tiempo de elaboración de este trabajo.





II.1.8.1.2. Modelo Badekas-Molodensky .....	25
<b>II.1.8.2. Modelo de cuatro parametros.....</b>	<b>27</b>
<b>II.2. PROYECCIONES CARTOGRAFICAS.....</b>	<b>28</b>
<b>II.2.1. Clasificación de las Proyecciones Cartográficas .....</b>	<b>29</b>
<b>II.2.1.1. Proyecciones Cilindricas .....</b>	<b>29</b>
II.2.1.1.1. Proyecciones cilindricas regulares .....	30
II.2.1.1.1.1. Proyeccion equirectangular .....	30
II.2.1.1.1.2. Proyeccion de mercator .....	30
II.2.1.1.1.3. Proyeccion cilindrica de Lambert.....	31
II.2.1.1.2. Proyecciones cilindricas transversas.....	31
II.2.1.1.2.1 Proyeccion transversa de mercator.....	31
II.2.1.1.2.2. Proyeccion de Cassini .....	31
II.2.1.1.3. Proyecciones cilindricas oblicuas .....	31
II.2.1.1.4. Proyecciones pseudocilindricas .....	31
<b>II.2.2.2. Proyecciones Conicas.....</b>	<b>32</b>
<b>II.2.2.3. Proyecciones azimutales o planares .....</b>	<b>32</b>
<b>II.2.2. Modulos de deformacion .....</b>	<b>33</b>
II.2.2.1. <i>Elipse de Tissot</i> .....	33
II.2.2.2. <i>Anamorfosis</i> .....	33
II.2.2.2.1 Anamorfosis lineal .....	34
II.2.2.2.2 Anamorfosis superficial.....	34
II.2.2.2.3 Anamorfosis angular .....	34
II.2.2.3. <i>Condicion de conformidad</i> .....	35
II.2.2.4. <i>Limite de la Proyeccion</i> .....	36
II.2.2.5. <i>Proyección Transversa de Mercator</i> .....	37
II.2.2.6. <i>Proyección Universal Transversal de Mercator</i> .....	37





<b>IV.2. DATOS DISPONIBLES PARA EL ESTUDIO.....</b>	<b>56</b>
<b><i>IV.2.1. Imágenes SRTM .....</i></b>	<b>56</b>
<b>IV.3. ESQUEMA METODOLÓGICO .....</b>	<b>57</b>
<b>IV.4. PROCESOS.....</b>	<b>59</b>
<b><i>IV.4.1. Cartografía automatizada.....</i></b>	<b>59</b>
<b><i>IV.4.1.1. Generar polígonos sobre imágenes SRTM.....</i></b>	<b>59</b>
<b><i>IV.4.1.2. Obtener Coordenadas Geodesicas y datos                   adicionales .....</i></b>	<b>60</b>
<b><i>IV.4.1.3. Corregir Altura .....</i></b>	<b>62</b>
<b><i>IV.4.1.4. Transformar Coordenadas .....</i></b>	<b>64</b>
<b><i>IV.4.1.4.1. Transformar coordenadas geodésicas a   UTM .....</i></b>	<b>66</b>
<b><i>IV.4.1.5. Calcular Áreas .....</i></b>	<b>68</b>
<b><i>IV.4.1.5.1. Calcular areas sobre el elipsoide .....</i></b>	<b>68</b>
<b><i>IV.4.1.5.2. Calcular areas sobre el plano (UTM).....</i></b>	<b>68</b>
<b><i>IV.4.1.5.3. Calcular areas influenciadas por la altura   .....</i></b>	<b>69</b>
<b>IV.5. RESULTADOS .....</b>	<b>70</b>
<b><i>IV.5.1. Tablas de resultados .....</i></b>	<b>71</b>
<b><i>IV.5.2. Analisis de resultados.....</i></b>	<b>73</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>74</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>75</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>76</b>
<b>REFERENCIAS ELECTRÓNICAS .....</b>	<b>78</b>
<b>ANEXO A. ARCHIVOS DE SALIDA PROGRAMA INVERSE 3D.....</b>	<b>80</b>
<b>ANEXO B. ARCHIVOS DE SALIDA PROGRAMA UTM .....</b>	<b>176</b>
<b>ANEXO C. GRAFICO DE DEFINICION DE AREAS CALCULADAS .....</b>	<b>184</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Ubicación geográfica de los polígonos de estudio.....	7
Figura 2.1. Coordenadas Geodesicas .....	9
Figura 2.2. Sistema de referencia de alturas .....	10
Figura 2.3. Parametros elipsoidales.....	12
Figura 2.4. Datum geodesico topocentrico.....	16
Figura 2.5. Linea geodesica .....	18
Figura 2.6. Arco de meridiano y paralelo esferico .....	19
Figura 2.7. Arco de meridiano y paralelo elipsoidal .....	19
Figura 2.8. Sistema de referencia origen (x) destino (u) .....	23
Figura 2.9. Clasificacion de las proyecciones cartograficas .....	29
Figura 2.10. Elipse indicatriz de tissot .....	33
Figura 2.11. Condicion de conformidad.....	36
Figura 2.12. Proyeccion mercator .....	37
Figura 2.13. Proyeccion universal transversal de mercator .....	38
Figura 2.14. Deformacion lineal proyeccion utm .....	39
Figura 2.15. Campo de proyeccion utm .....	40
Figura 2.16. Deformacion proyeccion utm.....	40
Figura 2.17. Husos proyeccion utm .....	42
Figura 2.18. Convergencia de meridianos .....	43
Figura 2.19. Reduccion de direcciones.....	44
Figura 3.1. Esquema metodológico.....	52
Figura 4.1. Ubicación geografica de las zonas de estudio.....	54
Figura 4.2. Mapa de relieve de la coordillera de los andes .....	55

<b>Figura 4.3. Mapa de relieve de la cordillera de la costa .....</b>	<b>56</b>
<b>Figura 4.4. Imagen SRTM N08W072 .....</b>	<b>56</b>
<b>Figura 4.5. Imagen SRTM N10W067 .....</b>	<b>57</b>
<b>Figura 4.6. Esquema metodológico para generar poligonos y corregir alturas .....</b>	<b>58</b>
<b>Figura 4.7. Esquema metodologico para transformar coordenadas.....</b>	<b>58</b>
<b>Figura 4.8. Esquema metodologico para calcular areas .....</b>	<b>58</b>
<b>Figura 4.9. Generacion de poligonos sobre imágenes SRTM.....</b>	<b>59</b>
<b>Figura 4.10. Generacion de poligonos sobre imágenes SRTM.....</b>	<b>60</b>
<b>Figura 4.11. Modelo digital de elevaciones de un poligono generado... </b>	<b>60</b>
<b>Figura 4.12. Calculo de la ondulacion geoidal mediante el software Deonven .....</b>	<b>63</b>
<b>Figura 4.13. Escenarios de areas influenciadas por altura .....</b>	<b>69</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Elipsoides utilizados en Venezuela.....	15
Tabla 1.2. Parametros GRS 80 .....	22
Tabla 4.1. Coordenadas geodesicas de los poligonos.....	61
Tabla 4.2. Coordenadas geodesicas de los sub-poligonos .....	62
Tabla 4.3. Calculo de la altura elipsoidal de los vertices de los poligonos .....	63
Tabla 4.4. Calculo de la altura elipsoidal de los vertices de los sub- poligonos.....	64
Tabla 4.5. Coordenadas de los vertices de los poligonos.....	65
Tabla 4.6. Transformacion de coordenadas geodesicas a utm de los vertices de los poligonos.....	66
Tabla 4.7. Transformacion de coordenadas geodesicas a utm de los vertices de los sub-poligonos .....	67
Tabla 4.8. Areas de los poligonos sobre el elipsoide .....	68
Tabla 4.9. Areas de los sub-poligonos sobre el elipsoide.....	68
Tabla 4.10. Areas de los poligonos sobre la proyeccion utm .....	69
Tabla 4.11. Areas de los sub-poligonos sobre la proyeccion utm.....	69
Tabla 4.12 Areas de los poligonos influenciados por altura elipsoidal constante.....	70
Tabla 4.13 Areas de los sub-poligonos influenciados por altura elipsoidal constante .....	70
Tabla 4.14 Areas de los poligonos y sub-poligonos influenciados por altura ortometrica .....	70

<b>Tabla 4.15 Areas de los poligonos sobre diferentes tipos de superficie .....</b>	<b>71</b>
<b>Tabla 4.16 Areas de los sub-poligonos sobre diferentes tipos de superficie .....</b>	<b>71</b>
<b>Tabla 4.17 Areas de los poligonos influenciados por altura elipsoidal .</b>	<b>71</b>
<b>Tabla 4.18 Areas de los sub-poligonos influenciados por altura elipsoidal .....</b>	<b>71</b>
<b>Tabla 4.19 Variacion relativa de las areas de los poligonos .....</b>	<b>72</b>
<b>Tabla 4.20 Variacion relativa de las areas de los sub-poligonos .....</b>	<b>72</b>
<b>Tabla 4.21 Variacion de areas de los poligonos influenciadas por la altura .....</b>	<b>72</b>
<b>Tabla 4.22 Variacion de areas de los sub-poligonos influenciadas por la altura .....</b>	<b>72</b>

## RESUMEN

La necesidad de conocer y cuantificar las variaciones superficiales que se presentan al proyectar y calcular áreas sobre diferentes tipos de superficies y escenarios de altura, plantea la elaboración de una metodología que implique la automatización de los procesos cartográficos para determinar las mismas, partiendo de la obtención de data de polígonos generados sobre imágenes de radar SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*).

Como resultado se cuantificaron las magnitudes de la variación relativa entre las áreas al ser proyectadas sobre el plano, sobre el elipsoide y al ser sometidas a diferentes escenarios de altura.

## INTRODUCCION

En el presente trabajo de investigación se cuantificaran las variaciones en el cálculo de áreas para determinados polígonos según su proyección, ubicación y altitud. Esta información se utilizara para crear un modelo comparativo y evaluativo de las diferencias considerables que se generan por efectos de proyección en una superficie.

En principio se especifica el problema planteado para la evaluación de la variación del cálculo de áreas donde la misma afecta actividades que se generan sobre el terreno y que están ligadas a valores de medida superficial. Para cumplir con los objetivos propuestos en este Trabajo Especial de Grado (TEG) se sigue una metodología que satisfaga lo planteado.

Antes de realizar el estudio específico de este tema, se presenta el marco teórico el cual está estructurado con los conceptos necesarios para comprender este trabajo. Posteriormente se indica la metodología necesaria para determinar los valores y los resultados del caso de estudio.

Para la elaboración de este trabajo se crearon seis (6) polígonos regulares sobre meridianos y paralelos de manera arbitraria en diferentes regiones del país y se establecieron sus coordenadas geodésicas, las cuales serán parte del proceso de este trabajo de investigación.

Los softwares utilizados para el desarrollo de este TEG en sus diferentes etapas son los siguientes:

- *GLOBAL MAPPER*<sup>®</sup> versión 9.03
- *SRTM FILL*<sup>®</sup>
- *DEONVEN*<sup>®</sup> versión 1.0
- *PROGRAMA PARA CONVERTIR COORDENADAS GEODESICAS A UTM*<sup>®</sup>



- *INVERSE 3D*<sup>®</sup> versión 2.0
- *MICROSOFT OFFICE EXCEL*<sup>®</sup> versión 2007.

Se obtuvieron valores, comparaciones y patrones de variación de áreas según su proyección y por influencia de altura.

Para terminar, se exponen las conclusiones y recomendaciones a que hubiera lugar.

## **CAPITULO I. – EL PROBLEMA.**

### **I.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Existen distorsiones originadas en los procesos de proyección cartográfica que pueden ser de orden angular, lineal y superficial. Estas distorsiones generan variaciones en el área real de una porción de la superficie terrestre al proyectarse sobre un plano según el tipo de proyección escogida. Por lo tanto es necesario cuantificar y comparar dichas variaciones en el instante que se requiera la aproximación más real del valor del área de un polígono cualquiera.

En nuestro país se utiliza como sistema de proyección cartográfica para la confección de planos, cartas y mapas la Universal Transversal de Mercator (UTM), la cual tiene como propiedad ser una proyección conforme (conserva los ángulos) que no conserva las distancias, lo que genera una variación de área entre la superficie real, la superficie proyectada y la superficie geodésica sobre el elipsoide.

Siendo la proyección UTM la adoptada por los entes gubernamentales en el registro de tierras para la obtención del área que será objeto de registro público y que regirá las operaciones de mercado de bienes inmuebles; es necesario establecer y cuantificar los patrones y variaciones de áreas que se generan durante el proceso de proyección, que permitan corregir las actividades que se generan del uso de la tierra que están directamente ligadas a cálculos lineales y superficiales. Así mismo se requiere evaluar la variación superficial de un polígono generada por la influencia de la altura a la cual está sometido en su entorno geográfico y establecer una relación variación-superficie-altura.

Es necesario comparar el cálculo de áreas en la superficie terrestre, elipsoidal y proyectada sobre el plano, para determinar una variación superficial que permita conocer la magnitud de un caso específico.

Cuantificar estas variaciones permite establecer un margen de error en los resultados que generen las actividades de estudio, planificación y mejoras sobre el terreno en diversos ámbitos de la vida cotidiana, como la siembra y recolección de cosechas, demarcaciones y cerramientos de linderos, grandes obras civiles, etc.

## **I.2 OBJETIVOS**

### ***I.2.1. Objetivo general***

Evaluar la variación de valores obtenidos a partir del cálculo de áreas con coordenadas geodésicas y sus correspondientes coordenadas cartográficas. (UTM, Lambert y otras)

### ***I.2.2 Objetivos específicos***

1. Recolectar aplicaciones de cálculo de conversión de coordenadas geodésicas a cartográficas (UTM, Lambert y otras) y viceversa.
2. Aplicar métodos matemáticos del cálculo de áreas en diferentes tipos de superficies.
3. Realizar un estudio técnico-comparativo de los valores obtenidos.
4. Evaluar los resultados para diferentes superficies de referencia cartográficas.

### **I.3 JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION**

La realización de este trabajo de investigación se debe a los siguientes factores:

1. La necesidad de cuantificar la variación de una superficie al proyectarse en un plano o en una superficie determinada.
2. Conocer los factores que generan estas variaciones según su proyección, ubicación geográfica y altura.
3. Establecer una metodología que permita la elaboración de los procesos para calcular áreas en diferentes tipos de superficies.
4. Calcular áreas sobre una superficie matemática definida que no genere distorsiones o ruidos por efectos de la proyección.

### **I.4. ALCANCES**

#### ***I.4.1. Alcance espacial***

La ubicación geográfica del área de estudio fue establecida de manera arbitraria en diferentes regiones del país, de manera tal que los polígonos escogidos se encontraran en diferentes escenarios de altitud y posicionamiento para determinar si son factores influyentes en la variación superficial analizada.

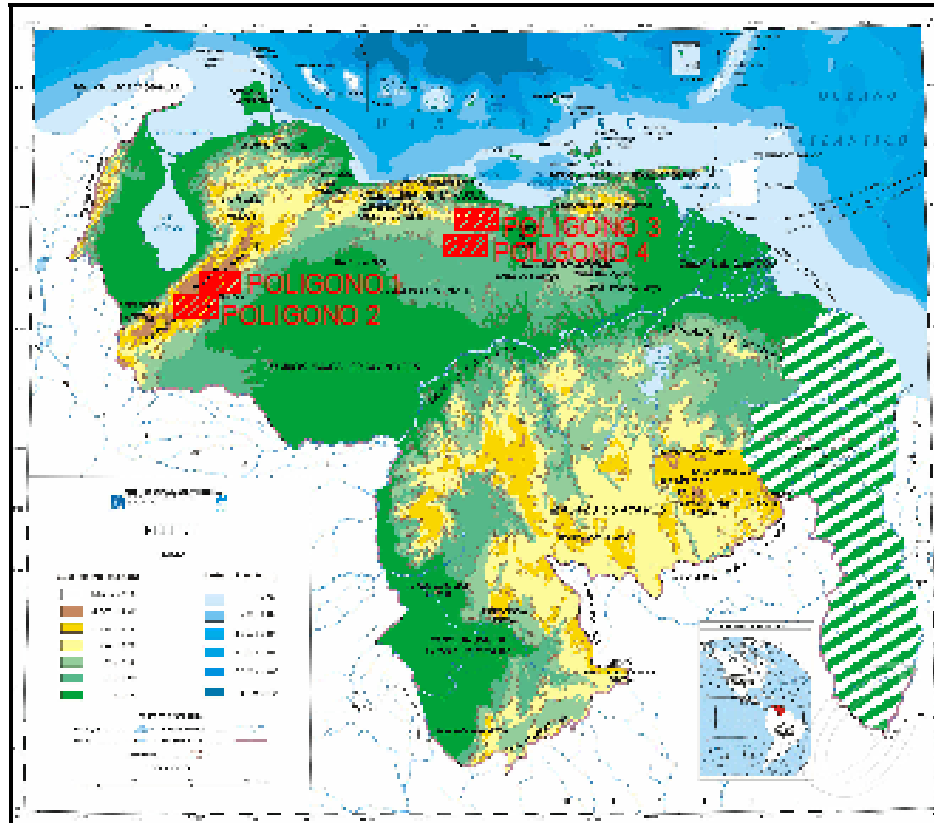


Figura 1.1. Ubicación geográfica ilustrativa de los polígonos de estudio

Fuente: Servicio Autónomo de Geografía y Cartografía Nacional, Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, 1994

#### ***1.4.2. Alcance Técnico***

Se procesarán las áreas de cuatro (4) polígonos rectangulares en diferentes ubicaciones geográficas.

- Se obtendrán las áreas de cada polígono en proyecciones planas y proyecciones elipsoidales.
- Se conocerá la magnitud de la variación de las superficies por efecto de las transformaciones matemáticas propias de una proyección.
- Se conocerá la magnitud de la variación de las superficies por influencia de alturas.

- Se determinara si es factible conservar el cálculo de áreas en proyecciones conformes cuando estas generan distorsiones en los valores superficiales de un polígono.

## CAPITULO II. MARCO TEORICO

### II.1. SISTEMAS REFERENCIALES GEODESICOS.

#### II.1.1. Coordenadas Geodésicas

Las coordenadas de un punto sobre la superficie terrestre pueden ser definidas como rectangulares geocéntricas (X, Y, Z) así como geodésicas curvilíneas las cuales se componen por latitud, longitud y la altura geodésica ( $\Phi$ ,  $\lambda$ , h).

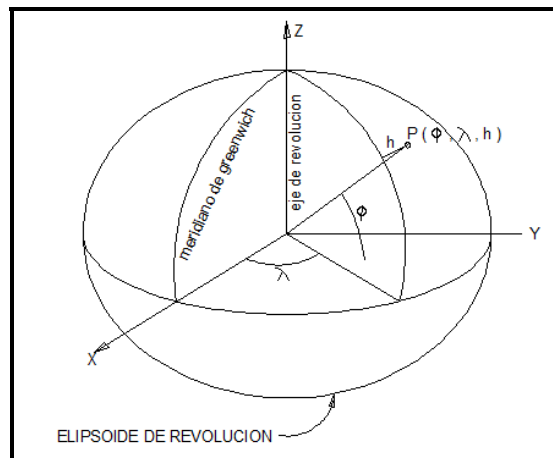
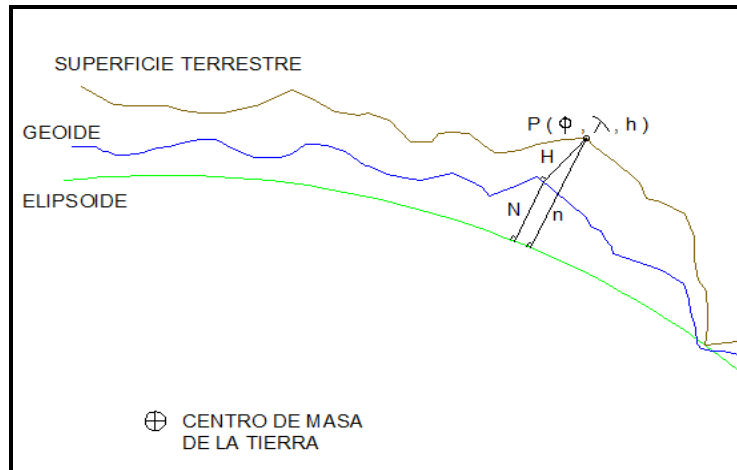


Figura 2.1. Coordenadas Geodésicas

Las coordenadas geodésicas están referidas usualmente a una superficie de referencia o elipsoide de revolución, y se obtiene por los datos o mediciones recolectadas sobre la superficie terrestre las cuales esta influenciadas notablemente por la gravedad. Estos datos deben ser transferidos de la superficie real o terrestre a la superficie matemática (elipsoide de revolución). Como la coordenada vertical observada tradicionalmente es referida al geoide (altura ortométrica H), es necesario conocer la distancia que separa la superficie matemática de la superficie equipotencial, la cual se define como: *ondulación del geoide*. (N)



**Figura 2.2. Sistema de referencia de alturas**

### ***II.1.2. Superficies de Referencia***

Para establecer la forma geométrica de la superficie terrestre se han adoptado los siguientes tipos de superficies:

#### ***II.1.2.1. Superficie natural o Real***

La superficie natural o física de la Tierra, formada por el terreno (28 % del planeta) y el fondo de los océanos, esta superficie expresa la configuración natural o real del contorno de la parte sólida y acuosa de la Tierra, para un Instante definido, como si fuese un cuerpo homogéneo, sólido y rígido pero debido a las irregularidades y marcada heterogeneidad que presenta esa superficie, se hace inconveniente y complicada para su manejo matemático.

#### ***II.1.2.2. Superficie matemática***

Superficie Matemática, abstracta, usada para expresar la configuración natural o real de la Tierra. Se han utilizado diversas superficies matemáticas:



#### II.1.2.2.1.Superficie esférica

La aplicación de una superficie esférica para la figura de la superficie Terrestre se realizó 600 años antes de Cristo, por los Griegos, y esto se mantuvo por más de 2.000 años hasta que Isaac Newton demostró lo inadecuado de la superficie esférica y demostró también que el Elipsoide tenía que tener su eje menor hacia los polos, por el aplanamiento que la Tierra tiene en esa dirección y no como sostenía su contemporáneo Cassini que sostenía que el elipsoide debía tener su eje menor hacia el Ecuador. Por supuesto, la aplicación de la superficie esférica permite hoy día simplificar los cálculos en relación a los cálculos sobre el elipsoide, y ofrece una ventaja enorme desde el punto de vista pedagógico.

#### II.1.2.2.2.Superficie elipsoidal tri-axial

La superficie natural o real de la Tierra se aproxima mediante un *elipsoide tri-axial*, es decir con tres ejes distintos: el eje menor en la dirección del eje polar inercial de la Tierra, mientras que los otros dos ejes (meridiano y grande) están en el plano del ecuador. Esta superficie se adapta mejor a la superficie equipotencial de la Tierra, y es usada más en trabajos científicos que técnicos o profesionales. Para definir este Elipsoide Tri-axial bastarían las longitudes de sus tres ejes y la orientación del eje mayor en el plano ecuatorial. En vista de que la Tierra tiene un aplanamiento mayor en los polos que en el ecuador, se usa el Elipsoide Biaxial, que tiene los dos ejes ubicados en el plano ecuatorial iguales. Esto simplifica enormemente los cálculos en relación al Elipsoide Tri-axial, pero se adapta menos al Geoide. Este Elipsoide Biaxial se define por medio de la longitud de sus ejes mayor y menor, y la orientación de uno de sus ejes en el plano ecuatorial. La mayoría de los Elipsoides utilizados en los cálculos y trabajos Geodésicos son Biaxiales.

### II.1.2.2.3. Superficie elipsoidal bi-axial

La superficie natural o real de la Tierra se aproxima mediante un elipsoide bi-axial de dos ejes distintos, donde un eje menor está en la dirección al polo y en el plano ecuatorial están el eje mayor y el otro eje menor.

Se define como elipsoide, al cuerpo geométrico generado a partir de la rotación de una elipse meridiana sobre su eje menor, adquiriendo de esta forma el factor volumen que caracteriza a un elipsoide de revolución. Dado que las determinaciones de las coordenadas de un punto sobre la superficie terrestre deben ser soportadas por algún tipo de superficie, resulta el elipsoide la figura definida que sirve de materialización al cálculo de la situación de los puntos geodésicos, determinándose como elipsoide de referencia una vez que se define su configuración de acuerdo al geoide a través de los parámetros matemáticos de una elipse.

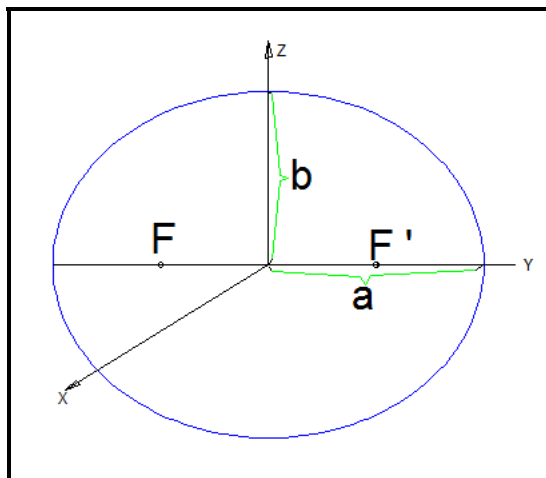


Figura 2.3. Parámetros elipsoidales.

a = semieje mayor.

b = semieje menor.

F y F' = focos de la elipse.

e = excentricidad  $(e^2) = \frac{a^2 - b^2}{a^2} = 1 - \frac{b^2}{a^2}$  ,  $(e'^2) = \frac{a^2 - b^2}{b^2} = \frac{a^2}{b^2} - 1$  (2.1)

$$f = \text{achatamiento} \quad (f) = \frac{a-b}{a} = 1 - \frac{b}{a} \quad (2.2)$$

#### II.1.2.2.4.El teluroide

El Teluroide en 1980, es una superficie matemática que no tiene significado físico es oide, introducido por Hirvonen continua y coincide con el elipsoide medio de la Tierra en los océanos y es paralela a la superficie de las masas continentales. Se usa como superficie de referencia de las alturas, donde su característica básica es que la altura de un punto en la superficie real con respecto al geode (altura optométrica) es igual a la altura de punto sobre el Teluroide con respecto al elipsoide medio geocéntrico de la Tierra.

#### II.1.2.2.5.El cuasi-geode

El cuasi odensky en 1940, es una superficie matemática que no tiene significado físico o real, que se aleja muy poco del GEOIDE, pues está por encima del geode en las masas continentales y coincide con él en los océanos. El Teluroide, Geode y Cuasi-geode se usan como superficies de referencia en la determinación de alturas sobre una base global. Estas superficies tienen una aplicación muy amplia en la Geodesia Física, estudios gravimétricos, etc. En sita curso no se utilizarán estas tres Superficies.

#### *II.1.2.3.Superficie equipotencial*

Es una superficie con significado físico, cuya aproximación es el nivel medio del mar. Esta superficie equipotencial tiene un campo de gravedad igual en toda su extensión.

##### II.1.2.3.1. El geode

Definido por J. B Listing, en 1872, luego usado por F.R. Helmert en 1880 y 1884 para designar una superficie global de referencia para las alturas y la cual se adapta o ajusta mejor al nivel medio del mar. Sí los océanos fueran homogéneos y no existieran efectos dinámicos (corrientes marinas, descargas de ríos, vientos, etc.), la superficie de los océanos formarían el nivel medio del mar y, por lo tanto coincidiría con el Geode. Esto

no es así por las variaciones de densidad del agua (salinidad, temperatura, presión, etc.) y los efectos dinámicos.

Se define para instantes específicos, por una superficie media de todas las superficies para ese instante específico, obtenida en base a registros de largos períodos de observación de altura de las mareas y esa superficie media global se prolonga a través de las masas continentales en forma continua, homogénea y no es perturbada.

El Geoide es usado principalmente, en lo siguiente:

- Para reducir las mediciones realizada en el terreno al elipsoide de referencia adoptado.
- Transformar el sistema geodésico clásico bidimensional a un sistema geodésico moderno tridimensional.
- Servir como Datum para las alturas.
- Para transformar el sistema geodésico a un Sistema Coordinado Geocéntrico, mediante parámetros de transformación estimados.

#### II.1.2.3.2. El cogeoide

Es el Geoide Compensado (Compensated Geoide), en el cual las masas exteriores al Geoide se han desplazado hacia este, mediante la reducción de los valores de la gravedad medida. El cogeoide actúa como una superficie límite de la forma de la Tierra.

### **II.1.3 Sistema de Referencia Geodésicos**

Un sistema geodésico se caracteriza por escoger un elipsoide de referencia ajustado al geoide de la zona en un determinado lugar, conocer las coordenadas del Datum y la orientación del elipsoide. En el caso particular de Venezuela, los elipsoides de referencia utilizados son:

ELIPSOIDE	SEMI EJE MAYOR	ACHATAMIENTO
Elipsoide Internacional 1924 de Hayford	6.378.388,000 m	1/297
GRS 80	6.378.137,000m	1/ 298,2572221
WGS 84	6.378.137,000 m	1/ 298,2572236

**Tabla 2.1. Elipsoides utilizados en Venezuela**

En el caso de una figura que represente completamente a la Tierra, se opta por un elipsoide ajustado al geoide en su totalidad, un elipsoide global, que debe cumplir con las condiciones de igualdad de volumen con el geoide, coincidencia de planos ecuatoriales y del centro de masa de la Tierra con el centro del elipsoide y hacer mínima la suma de los cuadrados de las alturas geoidales

El elipsoide global empleado por el sistema de posicionamiento GPS, es el WGS-84.

### **II.1.4 Datum**

Para referenciar geográficamente cualquier punto sobre la superficie de la Tierra, es necesario determinar sus tres coordenadas con respecto a un sistema coordinado tridimensional preestablecido.

Por lo tanto se requiere de un datum horizontal para definir las coordenadas geodésicas y un datum vertical para definir las alturas geodésicas.

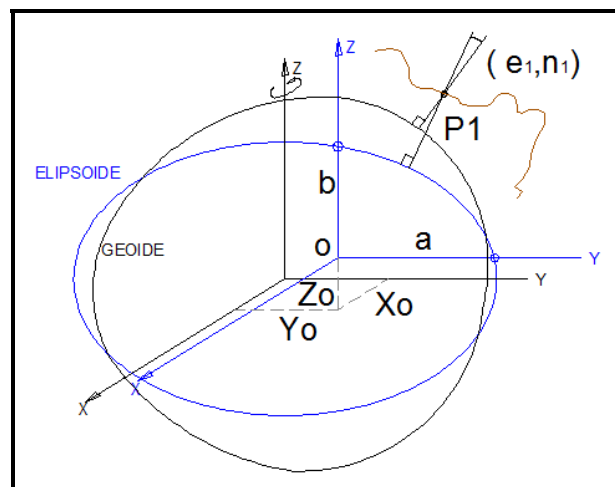
#### *II.1.4.1 Datum Horizontal*

El datum horizontal está definido por los parámetros del elipsoide seleccionado y las coordenadas del punto de origen establecido obtenidas mediante levantamientos geodésicos gravimétricos, y astro geodésicos

El elipsoide de referencia es orientado de manera tal que se aproxime lo mejor posible al geoide en un punto específico de una determinada región. Con esto se logra que la suma de las componentes de la deflexión vertical y la suma de las ondulaciones del geoide sea mínima.

##### *II.1.4.1.1 Datum Horizontal Topocentrico*

Una vez seleccionado el elipsoide de referencia y punto conveniente, se adaptan como geodésicas sus coordenadas astronómicas y se acepta el azimut astronómico observado como el azimut geodésico requerido.



**Figura 2.4. Datum geodésico topocéntrico.**

#### II.1.4.1.2. Datum Horizontal geocéntrico o Satelital

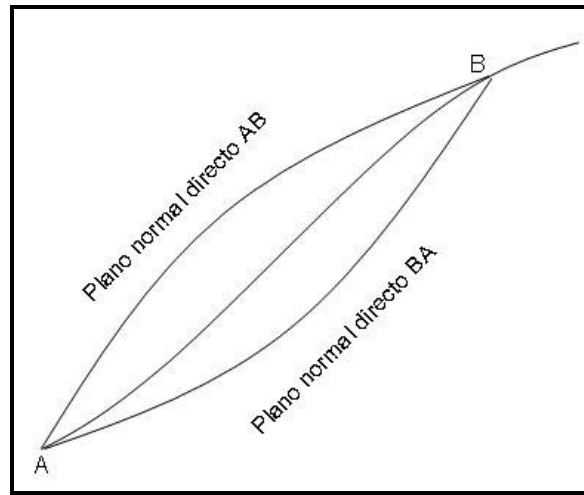
Distribuye de forma regular en toda la superficie de la tierra el error del sistema y no que dependa de la cercanía al punto de origen. El sistema GPS requiere de un sistema bien definido globalmente y geocéntrico que implique considerar toda la superficie terrestre y cuyo origen sea el centro de masa de la misma, para esto se tomaron una serie de datos satelitales, gravimétricos y astronómicos que dieron origen al sistema geodésico mundial de 1984 (WGS 84) el cual es compatible con el Sistema de referencia terrestre internacional (ITRF) en la selección del centro de masa terrestre como origen y en los parámetros de orientación.

#### *II.1.4.2. Datum Vertical*

Se define Altura como la distancia que hay entre un punto sobre la superficie terrestre y el datum vertical, Entonces podemos decir que la altura queda determinada por la vertical normal a la superficie equipotencial de gravedad igual al nivel medio de los mares no perturbados, en función de la densidad y distribución de masas en el interior de la tierra. Esta altura se denomina Altura ortométrica (H).

#### **II.1.5. Línea geodésica**

Se define como aquella curva trazada sobre una superficie la cual se considera como la distancia más corta entre los dos puntos. En el elipsoide de revolución, es aquella curva alabeada (doble curvatura), en las cuales su normal principal es coincidente con la normal al elipsoide en cada uno de los puntos de dicha curva



**Figura 2.5. Línea geodésica**

Se caracteriza porque a lo largo de la geodésica el producto del radio del paralelo por el seno del acimut es una cantidad constante. Ello implica que mientras el recorrido de la línea geodésica aumenta en latitud, la línea geodésica debe aumentar su acimut hasta que éste alcance los  $90^\circ$  y el radio de paralelo alcance su mínimo valor para descender nuevamente hacia el Ecuador, donde el acimut irá disminuyendo hasta ser  $0$  en la latitud  $0^\circ$ .

### ***II.1.6. Superficies Elipsoidales***

Corresponde al desarrollo analítico de aquellas expresiones que permiten obtener la distancia el área de una superficie esferoidal.

#### ***II.1.6.1. Formulas Esféricas***

Para un área con incrementos infinitesimales pequeños tanto en latitud como longitud sobre una esfera de radio  $R$  (ver figura 2.6), se tiene:



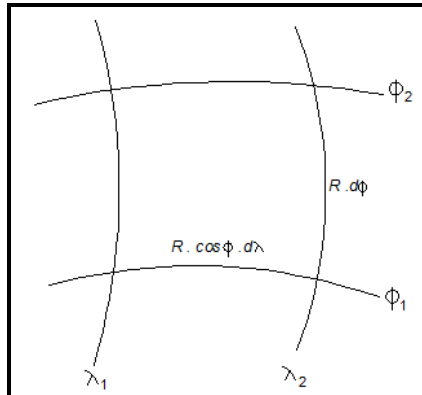


Figura 2.6. Arco de meridiano y paralelo esférico.

Longitud de Arco paralelo:  $R \cdot \cos \phi \cdot d\lambda$  (2.3)

Longitud de Arco meridiano:  $R \cdot d\phi$  (2.4)

$$A = R^2 \cdot (\text{sen} \phi_2 - \text{sen} \phi_1) \cdot [(\lambda_2 - \lambda_1)] \quad (2.5)$$

### II.1.6.2. Formulas Elipsoidales

Considerando que sobre el elipsoide los puntos no conservan los mismos radios dado la forma de su figura, se consideran los radios de curvatura de las secciones normales principales (Primer vertical y meridiano respectivamente) (ver figura 2.7).

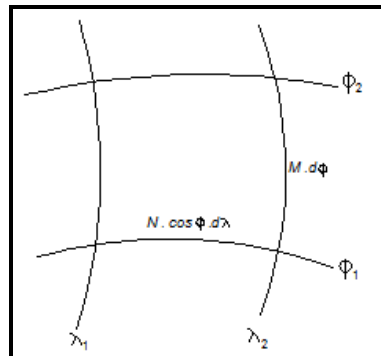


Figura 2.7. Arco de meridiano y paralelo elipsoidal

Longitud de Arco paralelo:  $N \cdot \cos\phi \cdot d\lambda$  (2.6)

Longitud de Arco meridiano:  $M \cdot d\phi$  (2.7)

$$A - (\lambda_2 - \lambda_1) \cdot b^2 \left[ \frac{\text{sen}\phi}{2(1 - e^2 \cdot \text{sen}^2\phi)} \cdot \frac{1}{4e} \cdot \ln \left( \frac{1 + e \cdot \text{sen}\phi}{1 - e \cdot \text{sen}\phi} \right) \right]$$
 (2.8)

Elemento Lineal:  $dl = \sqrt{M^2 \cdot d\phi^2 + N^2 \cdot d\lambda^2}$  (2.9)

### **II.1.7. Sistemas de referencias geodésicos en Venezuela.**

#### *II.1.7.1. El datum suramericano provisional de 1956 (PSAD-56)*

##### II.1.7.1.1. Características del PSAD-56

- Adoptado en 1956 como Datum provisional para Sudamérica hasta 1969, vigente en Venezuela hasta el 31 de Marzo de 1999.
- Datum convencional de posición geodésica horizontal.
- Datum topocéntrico con punto fundamental en La Canoa, al sur del Estado Anzoátegui.
- Datum Astrogravimétrico.
- Sistema de referencia para la red geodésica de triangulación de 1º orden que materializa el control geodésico horizontal convencional del país.
- Elipsoide asociado: Internacional de Hayford (1924).

#### *II.1.7.2. SIRGAS - REGVEN*

##### II.1.7.2.1. SIRGAS – Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas

SIRGAS, es el sistema de referencia para el continente americano, que coincide con el definido por el IERS (*International Earth Rotation Service*) *Terrestrial Reference Frame* (ITRF) y cuyo marco de referencia fue

materializado mediante la medición de una red GPS de alta precisión, medida en cada país simultáneamente.

La primera campaña de mediciones fue realizada del 26 de mayo al 04 de junio del año 1995, ocupándose un total de 58 estaciones en el subcontinente Suramericano. Las coordenadas finales de esta campaña estuvieron referidas al marco de referencia ITRF 94, en la época 1995,4 y como elipsoide asociado GRS80.

Del 10 al 19 de mayo del año 2000 se realiza la segunda campaña SIRGAS remidiéndose los puntos de la primera campaña a fin de obtener la información necesaria para la determinación de velocidades e incorporándose estaciones hasta un total de 184 abarcando todo el continente americano. Muchas de las nuevas estaciones fueron establecidas sobre marcas de mareógrafos con la finalidad de coleccionar los datos necesarios para satisfacer el objetivo del proyecto consistente en la definición del datum vertical. Los resultados finales de esta campaña fueron presentados en febrero de 2003 conociéndose a esta realización como SIRGAS 2000. Desde el año 2001, el proyecto, manteniendo su acrónimo, pasó a denominarse "Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas". SIRGAS 2000 utiliza como marco ITRF 2000, época de referencia 2000,4.

Particularmente en Venezuela el número de estaciones se elevó de 5 para la primera campaña a 11 en la segunda campaña.

#### II.1.7.2.2. REGVEN – Red Geocéntrica Venezolana

El Servicio Autónomo de Geografía y Cartografía (SAGECAN), hoy el Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB), adscrito al Ministerio del Ambiente, comunicó que según Gaceta Oficial N° 36.653 del 03 de marzo de 1999, a partir del 01 de abril de 1999 se adoptó como marco de referencia para Venezuela, la Red Geocéntrica Venezolana (REGVEN), la

cual materializa en Venezuela la densificación de la red SIRGAS. La Ley de Geografía, Cartografía y Catastro Nacional (LGCCN) publicada en la gaceta oficial N° 37.002 de fecha 28/07/2000, establece en el Artículo 29: "... Los planos de mensura estarán referidos al Sistema Geodésico Nacional y serán elaborados por profesionales o técnicos en la materia".

La primera campaña de REGVEN fue medida del 20 de mayo al 16 junio de 1995, constó de 67 estaciones GPS distribuidas por todo el territorio nacional, exceptuando la región del Amazonas, conectados a la red SIRGAS en las estaciones Maracaibo (3), Junquito (34), Agua Linda (49), Canoa (59) y Kama (71), con exactitudes finales inferiores a 2cm.

Cuando se realizó la segunda campaña del proyecto SIRGAS, en dicha campaña se ejecutó la remediación de REGVEN, del 01 al 31 de mayo de 2000; durante la cual se logró extender a la región del Amazonas. En esta oportunidad se establecieron 89 vértices con una exactitud final de  $\pm 2$ cm.

#### II.1.7.2.3 Geodetic Reference System 1980 (GRS 80)

PARAMETRO	SIMBOLO	VALOR
Constantes que lo definen		
Radio Ecuatorial de la Tierra	$a$	6.378.137 m
Constante Gravitacional Geocéntrica (Incluyendo la atmósfera)	$GM$	$3.986.005 \times 10^8 \text{ m}^3\text{s}^{-2}$
Factor de Forma dinámica (excluyendo las mareas permanentes)	$J_2$	$108.263 \times 10^{-8}$
Velocidad Angular de la Tierra	$\omega$	$7.292.115 \times 10^{-11} \text{ rad/s}$
Parámetros geométricos derivados		
Semieje menor (radio polar)	$b$	6.356.752,3141 m
Primera excentricidad	$e^2$	0,00669438002290
Achatamiento	$f$	1/298,257222101
Radio medio	$R_1$	6.371.008,7714 m
Radio de la esfera con igual superficie	$R_2$	6.371.007,1810 m
Radio de la esfera con igual volumen	$R_3$	6.371.000,7900 m
Parámetros Físicos derivados		
Potencial normal en el Elipsoide	$U_0$	$62.636.860,850 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$

Gravedad Normal en el Ecuador	$g_e$	9,7803267715 m s <sup>-2</sup>
Gravedad Normal en los polos	$g_p$	9,8321863685 m s <sup>-2</sup>

**Tabla 2.2. Parámetros GRS 1980**

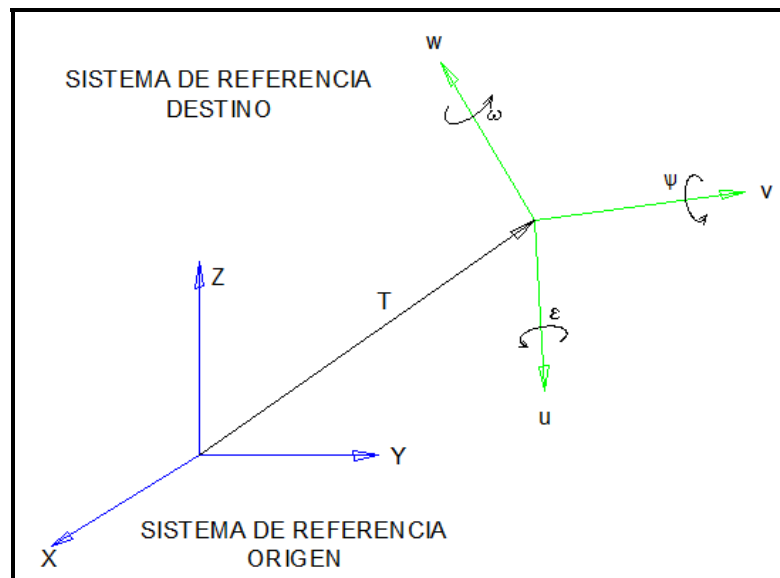
### **II.1.8. Transformación de Coordenadas**

Existen distintos métodos de transformación entre sistemas de referencia, los más comunes son aquellos que utilizan modelos de siete (7) parámetros y modelos de cuatro (4) parámetros

#### *II.1.8.1. Modelo de siete parámetros*

##### II.1.8.1.1 Modelo Bursa-Wolf

Sea  $X$  ( $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ) un sistema cartesiano asociado al sistema de referencia geodésico global. Sea  $U$  ( $u$ ,  $v$ ,  $w$ ) el sistema cartesiano asociado al sistema de referencia geodésico local, cuyo centro está trasladado respecto al sistema global y cuyos ejes presentan unos giros diferenciales  $\omega$  (respecto al eje  $w$ ),  $\varepsilon$  (respecto al eje  $u$ ),  $\psi$  (respecto al eje  $v$ ). Ver figura 2.8



**Figura 2.8. Sistemas de referencia origen ( $X$ ) y destino ( $U$ )**

La transformación entre ambos sistemas puede escribirse como

$$X = T + (1 + \Delta)R * U \quad (2.10)$$

Donde:

X: vector de punto en el sistema origen

T: vector de translaciones

$\Delta$ : Factor de escala

R: matriz de rotación

$$R = \begin{bmatrix} \cos \omega \cos \psi & \cos \omega \sin \psi \sin \varepsilon + \sin \omega \cos \varepsilon & -\cos \omega \sin \psi \cos \varepsilon + \sin \omega \sin \varepsilon \\ -\sin \omega \cos \psi & -\sin \omega \sin \psi \sin \varepsilon + \cos \omega \cos \varepsilon & -\sin \omega \sin \psi \cos \varepsilon + \cos \omega \sin \varepsilon \\ \sin \psi & -\cos \psi \sin \varepsilon & \cos \psi \cos \varepsilon \end{bmatrix}$$

Al ser las rotaciones entre sistemas de referencia muy pequeñas, podemos aproximar el seno por el arco, el coseno por la unidad y despreciar los productos entre ángulos por ser de un segundo orden de pequeñez. La matriz R quedaría:

$$R = \begin{bmatrix} 1 & \omega & -\psi \\ -\omega & 1 & \varepsilon \\ \psi & -\varepsilon & 1 \end{bmatrix}$$

Que puede descomponerse en suma de dos matrices

$$R = I + Q = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & \omega & -\psi \\ -\omega & 0 & \varepsilon \\ \psi & -\varepsilon & 0 \end{bmatrix}$$

Expresión lineal que puede escribirse de la siguiente forma:

$$T + \Delta * U + Q * U + (U - X) = 0 \quad (2.11)$$

Cada punto de coordenadas conocidas en ambos sistemas permite plantear tres ecuaciones. El sistema matricial anterior, escrito para un punto en forma de sistema de ecuaciones lineales quedaría:

$$\begin{bmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \end{bmatrix} + \Delta \begin{bmatrix} u_1 \\ v_1 \\ w_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & \omega & -\psi \\ -\omega & 0 & \varepsilon \\ \psi & -\varepsilon & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ v_1 \\ w_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} u_1 - X_1 \\ v_1 - Y_1 \\ w_1 - Z_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \end{bmatrix} \quad (2.12)$$

Tres puntos permiten formar un sistema de nueve (9) ecuaciones que puede ser resuelto aplicando el algoritmo de cuadrados mínimos.

El principal inconveniente de éste modelo es que si los puntos empleados en la transformación no están bien distribuidos geoméricamente o están próximos entre sí con relación a las dimensiones de la Tierra, al ser el centro de giro el geocentro, se pueden producir transformaciones de baja precisión. Este caso se da habitualmente cuando se efectúan transformaciones de carácter local.

#### II.1.8.1.2 Modelo Badekas-Molodensky

En el modelo Badekas-Molodensky las rotaciones se determinan a partir del baricentro de la zona definida por las coordenadas en el sistema geodésico local de los puntos. De ésta forma se consigue mejorar la precisión en transformaciones que empleen puntos próximos entre sí. El modelo de transformación se escribe como sigue:

$$T + \Delta(U - U_0) + Q(U - U_0) - (X - U) = 0 \quad (2.13)$$

Cada punto de coordenadas conocidas en ambos sistemas permite plantear tres ecuaciones. El sistema matricial anterior, escrito para un punto en forma de sistema de ecuaciones lineales quedaría:

$$\begin{bmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \end{bmatrix} + \Delta \begin{bmatrix} u_1 - u_0 \\ v_1 - v_0 \\ w_1 - w_0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & \omega & -\psi \\ -\omega & 0 & \varepsilon \\ \psi & -\varepsilon & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 - u_0 \\ v_1 - v_0 \\ w_1 - w_0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} u_1 - X_1 \\ v_1 - Y_1 \\ w_1 - Z_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \end{bmatrix} \quad (2.14)$$

Tres puntos permiten formar un sistema de nueve (9) ecuaciones que puede ser resuelto aplicando el algoritmo de cuadrados mínimos.

Las transformaciones de Bursa-Wolf y de Badekas-Molodensky producen los mismos giros y el mismo factor de escala, pero no las mismas traslaciones. A continuación se deduce la relación entre ambas traslaciones.

Del modelo Bursa-Wolf se puede escribir

$$T_{B-W} = X - (1 + \Delta)R * U \quad (2.15)$$

y del modelo Badekas-Molodensky

$$T_{B-M} = X - U_0 - (1 + \Delta)R(U - U_0) = X - U_0 - (1 + \Delta)R * U + (1 + \Delta)R * U_0 \quad (2.16)$$

sustituyendo la ecuación 2.15 en 2.16 se obtiene:

$$T_{B-M} = T_{B-W} - U_0 + (1 + \Delta)R * U_0 \quad (2.17)$$

expresión que relaciona ambas traslaciones.

Otro modelo alternativo introducido por Veis es similar al Badekas-Molodensky con la salvedad de que las rotaciones están referidas al sistema topocéntrico local del baricentro. De esta forma, en vez de la matriz rotación  $R$ , cuyos giros ( $\omega$ ,  $\psi$ ,  $\varepsilon$ ) vienen dados en torno a los ejes del sistema de referencia cartesiano, se emplea una matriz de rotación  $M$ , cuyos giros son un diferencial de acimut  $\alpha$ , un diferencial de desviación de la vertical en la componente del meridiano  $\xi$  y un diferencial de la vertical en la componente del paralelo  $\eta$ . La ventaja de éste modelo respecto al Badekas-Molodensky es que la interpretación de los giros es mucho más sencilla e intuitiva. Es decir, directamente es posible evaluar el giro en acimut entre ambos elipsoides, así como la inclinación existente entre ambas superficies.



Por tanto, la matriz Q empleada en los modelos anteriores se sustituye por la suma de matrices  $\alpha M_\alpha + \xi M_\xi + \eta M_\eta$ . Convenientemente desarrollado y agrupado el modelo queda:

$$A \begin{bmatrix} T_X \\ T_Y \\ T_Z \\ \Delta \\ \alpha \\ \xi \\ \eta \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} X_1 - u_1 \\ Y_1 - v_1 \\ Z_1 - w_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \end{bmatrix} \quad (2.18)$$

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & (u_1 - u_0) & (v_1 - v_0)\text{sen}\varphi_0 - (w_1 - w_0)\text{cos}\varphi_0\text{sen}\lambda_0 & -(w_1 - w_0)\text{cos}\lambda_0 & -(v_1 - v_0)\text{cos}\varphi_0 - (w_1 - w_0)\text{sen}\varphi_0\text{sen}\lambda_0 \\ 0 & 1 & 0 & (v_1 - v_0) & -(u_1 - u_0)\text{sen}\varphi_0 + (w_1 - w_0)\text{cos}\varphi_0\text{cos}\lambda_0 & -(w_1 - w_0)\text{sen}\lambda_0 & (u_1 - u_0)\text{cos}\varphi_0 + (w_1 - w_0)\text{cos}\varphi_0\text{cos}\lambda_0 \\ 0 & 0 & 1 & (w_1 - w_0) & (u_1 - u_0)\text{cos}\varphi_0\text{sen}\lambda_0 - (v_1 - v_0)\text{cos}\varphi_0\text{cos}\lambda_0 & (u_1 - u_0)\text{cos}\lambda_0 + (v_1 - v_0)\text{sen}\lambda_0 & (u_1 - u_0)\text{sen}\varphi_0 - (v_1 - v_0)\text{sen}\varphi_0\text{cos}\lambda_0 \end{bmatrix}$$

### II.1.8.2. Modelo de cuatro parámetros

El producto de las observaciones GPS es un incremento de coordenadas cartesianas geocéntricas. Por esta razón, siempre han de estar asociadas a algún punto de coordenadas conocidas en un sistema de referencia geodésico, generalmente local. Es posible, por tanto, prescindir de las translaciones que aparecían en los modelos de transformación de siete (7) parámetros.

De ésta forma, se pueden emplear modelos de cuatro (4) parámetros: tres giros y un factor de escala. Estos valores, una vez obtenidos y aplicados a todos los vectores observados, permiten disponer de vectores definidos por incrementos de coordenadas cartesianas geocéntricas en el sistema geodésico local.

Éste tipo de transformación es el que se suele aplicar en los trabajos habituales con GPS.

Para la deducción de las expresiones de transformación se parte del modelo Bursa-Wolf (ecuación [2.19]):

$$X = T + (1 + \Delta)R * U$$

que particularizado para el punto i resulta:

$$T - (1 + \Delta)R * U_i - X_i = 0 \quad (2.19)$$

y para un punto j

$$T - (1 + \Delta)R * U_j - X_j = 0 \quad (2.20)$$

restando la ecuación 2.19 de la 2.20 se obtiene:

$$(1 + \Delta)R(U_j - U_i) - (X_j - X_i) = 0 \quad (2.21)$$

Al ser los giros de pequeña magnitud, se puede hacer  $R = I + Q$ , como se indicó anteriormente. Despreciando términos de segundo orden queda:

$$\Delta(U_j - U_i) + Q(U_j - U_i) - [(X_j - X_i) - (U_j - U_i)] = 0 \quad (2.22)$$

que escrito de forma explícita para un vector dado en ambos sistemas por sus incrementos de coordenadas cartesianas geocéntricas

$$\Delta \begin{bmatrix} u_j - u_i \\ v_j - v_i \\ w_j - w_i \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & \omega & -\psi \\ -\omega & 0 & \varepsilon \\ \psi & -\varepsilon & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_j - u_i \\ v_j - v_i \\ w_j - w_i \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} (X_j - X_i) - (u_j - u_i) \\ (Y_j - Y_i) - (v_j - v_i) \\ (Z_j - Z_i) - (w_j - w_i) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \end{bmatrix} \quad (2.23)$$

este sistema es fácilmente ampliable a n vectores.

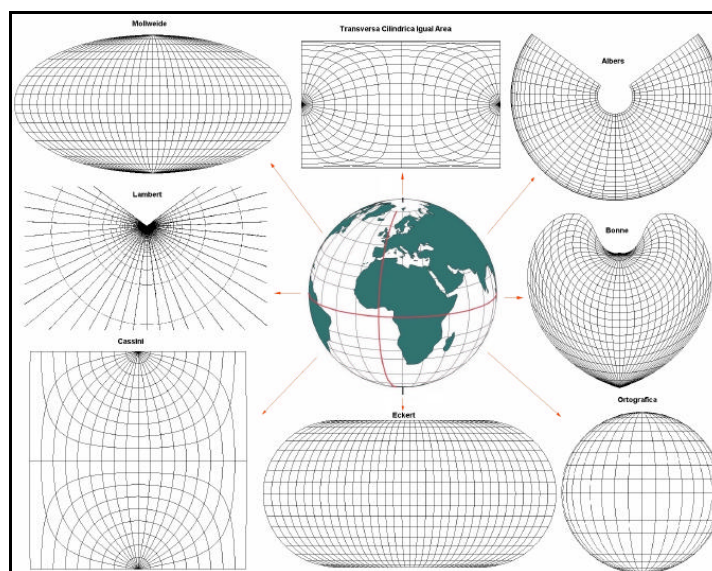
## II.2. PROYECCIONES CARTOGRAFICAS

Las proyecciones cartográficas pueden definirse de manera simple, como la correspondencia matemática entre un punto sobre una superficie elipsoidal o esférica y su transformado sobre el plano. Estas transformaciones conllevan a un conjunto de deformaciones que pueden ser lineales, angulares o superficiales, según el tipo de proyección escogida, lo cual define el término “anamorfosis”.

El proceso para representar una porción de la superficie terrestre, parte de la captura o levantamiento de la información Topográfica y topológica la cual debe ser objeto de correcciones matemáticas que permitan relacionarla con el Geoide y a su vez con la superficie de referencia elipsoidal adoptada, para a su vez aplicar una serie de relaciones matemáticas propias de la proyección y elaborar una representación sobre el plano.

### ***II.2.1. Clasificación de las Proyecciones Cartográficas***

Las proyecciones cartográficas se clasifican según la superficie de proyección y su posición con respecto al elipsoide, por ende podemos clasificarlas de la siguiente manera:



## **Figura 2.9.- Clasificación de las Proyecciones cartográficas**

### *II.2.1.1 Proyecciones cilíndricas*

Una proyección cilíndrica puede definirse como el desarrollo de un cilindro tangente al globo terrestre donde los puntos originales han sido proyectados sobre este. Según la posición del cilindro se obtienen diversas variantes de la proyección.

#### II.2.1.1.1 Proyecciones cilíndricas regulares

En esta proyección los cilindros pueden ser tangentes o secantes al ecuador donde los meridianos y paralelos son líneas perpendiculares entre sí, siendo la zona ecuatorial de escala real. Estas proyecciones pueden adaptarse convenientemente para ser equidistantes, equiareales o conformes.

##### II.2.1.1.1.1 Proyección equirectangular

Se conoce como el sistema más antiguo de proyección, donde según registros data del año 100 a.c, la misma fue utilizada hasta el siglo XVIII.

##### II.2.1.1.1.2 Proyección de Mercator

Esta proyección se define conforme (conserva los ángulos) y fue creada en 1569 por Gerardus Mercator, fue la única utilizada entre los siglos XVII y XVIII para las cartas marítimas. La proyección mercator se basa en un cilindro tangente al elipsoide en el ecuador, donde su desarrollo permite obtener una cuadrícula donde una línea oblicua entre dos paralelos forme un ángulo constante con los meridianos, esto se logró alterando la separación entre paralelos a medida que la latitud aumentaba, por lo cual esta proyección se vuelve inutilizable a partir de los 70° de latitud Norte o Sur.

#### II.2.1.1.1.3. Proyección cilíndrica de Lambert

Esta proyección se define como equiarea de manera que conserva las áreas posterior a la transformación, en ella los meridianos se encuentran espaciados uniformemente, mientras que los paralelos convergen en función del aumento de la latitud.

#### II.2.1.1.2. Proyecciones cilíndricas transversas

Las proyecciones cilíndricas transversas se desarrollan sobre un cilindro tangente al meridiano central

##### II.2.1.1.2.1. Proyección transversa de Mercator

Fue introducida por Lambert en el año 1772 y sufrió modificaciones por Gauss (1822) y Kruger (1912) respectivamente, dando origen a la actual Universal Transversal de Mercator (UTM)

##### II.2.1.1.2.2. Proyección de Cassini

Es una proyección equirectangular donde la ubicación del cilindro es transversa con respecto al elipsoide. Fue utilizada en Francia para mapas topográficos hasta 1803, sufrió modificaciones por Soldner en 1810 donde se utilizó en Alemania y Reino Unido, dejó de utilizarse en el siglo XX.

#### II.2.1.1.3 Proyecciones cilíndricas oblicuas

En esta proyección el cilindro a desarrollar tiene una rotación de  $45^\circ$  con respecto al ecuador, entre ellas podemos mencionar la proyección oblicua de Mercator, introducida por Charles Pierce en 1894, la cual se utilizó en Asia y América central (Atlas de Debes).

#### II.2.1.1.4. Proyecciones Pseudocilíndricas

Entre ellas podemos citar la proyección de Mollweide, Robinson, Esker y la proyección sinusoidal.

#### II.2.1.2. Proyecciones cónicas

Las proyecciones cónicas se desarrollan sobre un cono tangente o secante a lo largo de un paralelo situado a una latitud media, donde coincide el eje de la tierra con el eje del cono, los planos meridianos cortaran al cono según sus generatrices que se convierten en las imágenes de los meridianos en la proyección, los paralelos son secciones normales del cono con radios variables en función de la latitud. Una vez desarrollado el cono, se obtiene una representación formada por rectas convergentes y una serie de circunferencias concéntricas con radio dependiente de la latitud.

Estas proyecciones son utilizadas en zonas donde predomine la dimensión este-oeste sobre la norte-sur y de manera poco frecuente, ya que el área de precisión de las mismas es relativamente pequeña, razón por la cual se toma el cono secante a lo largo de dos paralelos.

Entre las proyecciones cónicas más comunes pueden mencionarse las siguientes: Proyección cónica equidistante, Proyección cónica conforme de Lambert, proyección cónica equiareal de Albers, proyección cónica equiareal de Lambert y la proyección policonica.

#### II.2.1.3. *Proyecciones Azimutales o Planares*

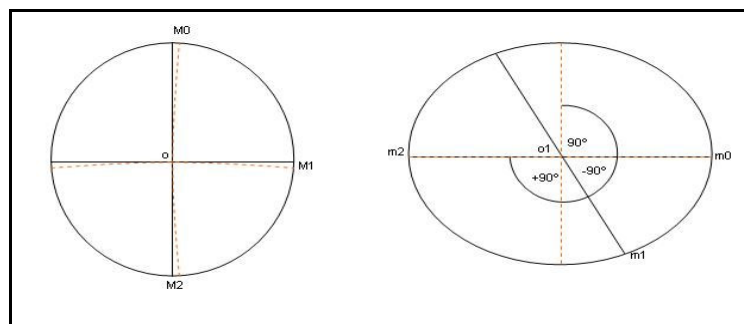
Esta proyección se caracteriza por desarrollarse sobre un plano tangente al elipsoide o superficie de referencia, donde desde un punto variable de origen se trazan haces al punto de cruce entre paralelos y meridianos el cual

determina un punto sobre el plano tangente. Según la ubicación del punto de origen estas proyecciones pueden ser gnomónicas (punto de origen en el interior del elipsoide), estereográficas (el punto de origen esta diametralmente opuesto) y ortográficas (el punto de origen de los haces está ubicado en el infinito).

## **II.2.2. Módulos de deformación**

### **II.2.2.1. Elipse de Tissot**

También conocida como indicatriz de Tissot o elipse de distorsión. Este postulado fue introducido por Nicolás A. Tissot, para cuantificar y graficar distorsiones en las proyecciones cartográficas, esta indica que para cada círculo infinitesimal con unidad de radio definido sobre el elipsoide, le corresponde en el plano de proyección una elipse. En esta elipse los ejes indican las direcciones principales de la proyección para un determinado punto. Cuando la elipse indicatriz se reduce a un círculo, significa que en ese punto, la escala es independiente de la dirección.



**Figura 2.10. Elipse indicatriz de Tissot**

### **II.2.2.2. Anamorfosis**

Se define como cualquier alteración o deformación de la superficie representada por las relaciones matemáticas aplicadas que se utilizan durante las transformaciones propias de una proyección específica.

#### *II.2.2.2.1 Anamorfosis Lineal (Módulo de deformación lineal)*

Una distorsión lineal ocurre cuando el cociente entre las correspondientes longitudes (distancias) en la superficie de proyección y en el modelo de la Tierra es diferente a la escala principal del mapa. En la elipse de distorsión esto se expresa por una longitud de radio diferente a la unidad, en la dirección considerada.

$$M = L / L'$$

Donde:

L= longitud medida sobre el terreno.

L'= longitud proyectada.

#### *II.2.2.2.2 Anamorfosis superficial (Módulo de deformación superficial)*

Una distorsión superficial ocurre cuando las áreas medidas sobre el elipsoide no se corresponden en la proyección. Como consecuencia, las correspondientes elipses de distorsión tienen áreas diferentes a la unidad.

$$s = S / S'$$

Donde:

S= superficie en el terreno

S'= superficie proyectada

#### *II.2.2.2.3. Anamorfosis Angular (Módulo de deformación angular)*



Una distorsión angular ocurre cuando, en una ubicación particular, los ángulos medidos en el modelo de la tierra no se mantienen en la proyección. Esto se expresa por una elipse de distorsión que no es un círculo.

$$\alpha = \alpha - \alpha'$$

Donde:

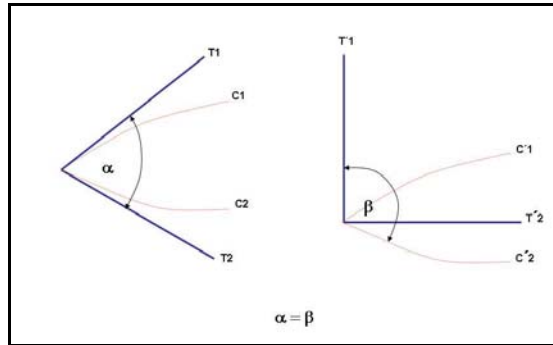
$\alpha$  = Angulo medido sobre el terreno

$\alpha'$  = Angulo medido sobre la proyección

### *II.2.2.3. Condición de Conformidad*

Para determinar la conformidad de una proyección es necesario verificar que los incrementos diferenciales de arcos paralelos y meridianos sean iguales, donde la elipse de Tissot se transforma en un círculo de semiejes  $A=B$ , por lo tanto la escala de cada punto será igual en cada una de las direcciones en  $360^\circ$ , pero variable de un punto a otro. La similitud de las aéreas proyectadas será indicativo de la inexistencia de alteraciones angulares en la proyección determinando así la conformidad de la misma.

Al considerarse dos curvas ( $C_1$  y  $C_2$ ) del elipsoide, que admiten en  $P_2$  las tangentes ( $T_1$  y  $T_2$ ), forman un ángulo  $a$ , su imagen en el plano proyectado serán dos curvas ( $C'_1$  y  $C'_2$ ) que tendrán en el punto  $P'_2$ , las tangentes ( $T'_1$  y  $T'_2$ ) que forman un ángulo  $b$ , tal que cualquiera fuesen las curvas consideradas, se tendrá que  $a = b$ . Para cumplir la condición de conformidad se utilizan coordenadas intermedias conocidas como isométricas.



**Fig.2.11. Condición de conformidad**

Fuente: Manual de Carreteras, Ministerio de Obras Publicas, Chile.

#### *II.2.2.4.- Límite de la proyección*

El desarrollo de una proyección está determinado por su punto de origen, conocer este antecedente permitirá definir el dominio sobre el que puede aplicarse sin que la anamorfosis supere un valor determinado, considerando que las deformaciones se presentan a medida que se alejan del origen.

En una proyección conforme, resulta indispensable conocer la extensión de representación, con el fin, que las deformaciones lineales no excedan el valor límite de anamorfosis lineal, así por ejemplo, si la denominada alteración se fija en  $K=1/2500$ , ese valor define el campo de proyección. Al relacionarlos con la escala del mapa, se obtiene:

$$\frac{1}{E} (K' + 1) = \frac{1}{E} K$$

$$\text{Donde } k_1 = 1.005 \approx \frac{1}{2000} \rightarrow k'1 = k_1 - 1 = \frac{1}{2000}$$

Este factor se encuentra determinado por la latitud media del hemisferio sur, para la proyección UTM correspondiente a 40°S y el borde del huso de ésta, en consecuencia, si el factor de escala lineal, es mayor a 1, 00497, no es aplicable para estudios de mayor detalle.

#### *II.2.2.5. Proyección Transversa de Mercator*

La Proyección Transversa de Mercator (TM), se origina de la proyección cilíndrica creada por G. Mercator, la cual fue desarrollada matemáticamente por E. Wright y a su vez corregida por J. Lambert en el año 1772 donde obtuvo la solución al problema de pérdida de escala al colocar el cilindro de manera perpendicular al eje de la tierra.

Se origina el meridiano central donde el cilindro de proyección es tangente a la superficie terrestre, el cual será representado como una línea recta mientras que los restantes paralelos y meridianos se representaran curvos con respecto al origen.

Se considera una proyección conforme, donde no existe anamorfosis angular, conservando de esta manera la forma en áreas pequeñas, se requieren como parámetros necesarios para definirla la longitud del meridiano central y la latitud de referencia.

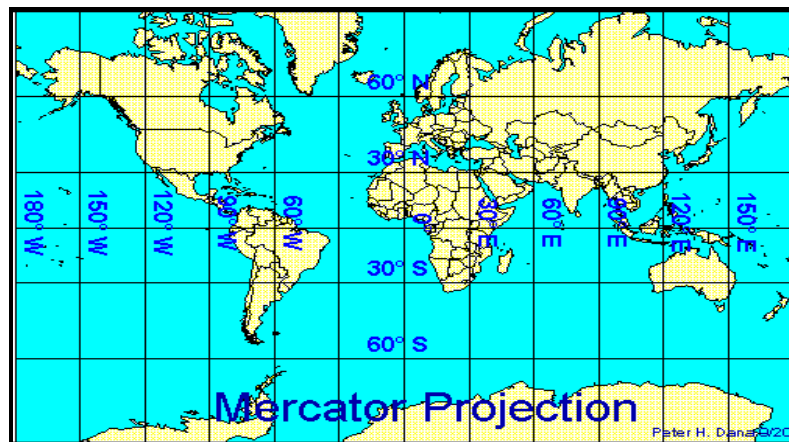


Figura 2.12. Proyección Mercator

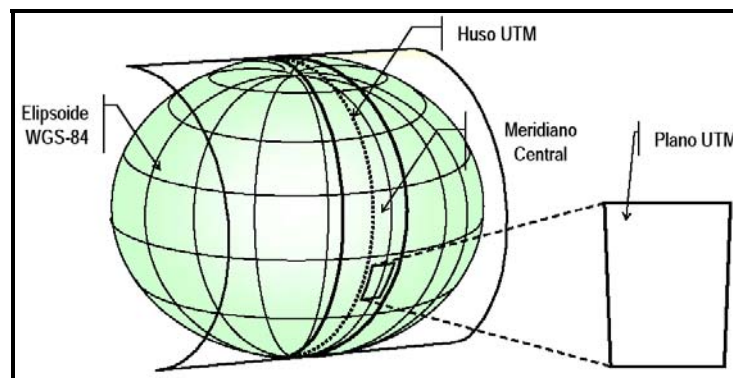
*Parámetros Transversal de Mercator*

- Latitud de origen: Normalmente  $0^{\circ}$  (Ecuador)
- Factor de escala (K0): Normalmente 1.0 (Meridiano central)
- Ancho de Huso:  $3^{\circ}$  a  $6^{\circ}$
- Este Falso (F E): 500.000 m

- Norte Falso (F N): varios

### II.2.2.6 Proyección Universal Transversal de Mercator

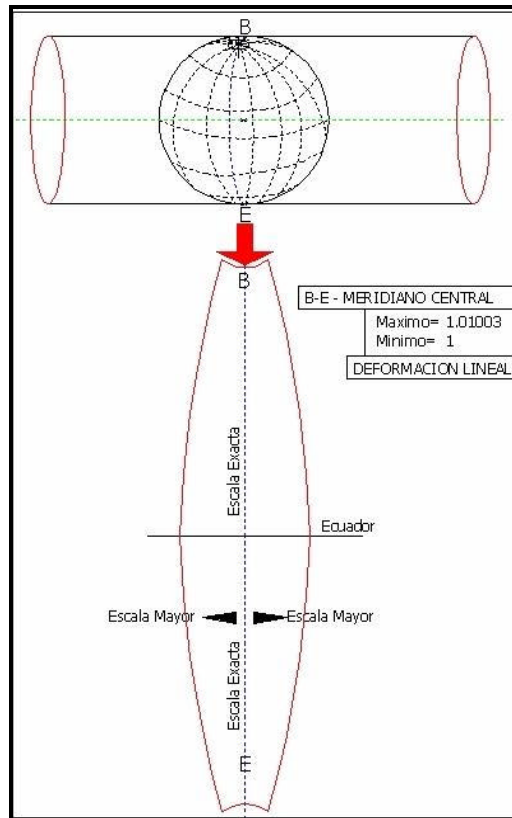
Es una proyección cilíndrica donde el cilindro de proyección se adopta en posición transversal a la tierra por lo tanto este sistema de proyección genera una cuadrícula regular rectangular de meridianos y paralelos conservando así de esta manera los ángulos, mas no es el caso de las áreas y las distancias.



**Fig.2.13.- Proyección Universal Transversal de Mercator**  
Fuente: Manual de Carreteras, Ministerio de Obras Publicas, Chile.

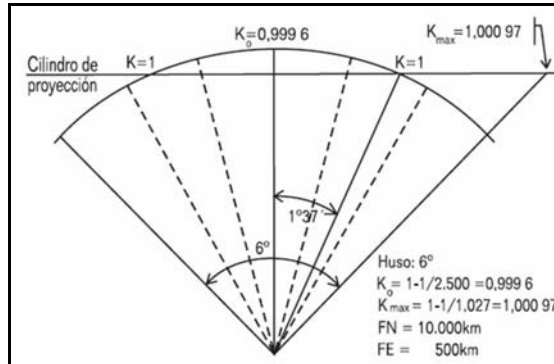
En esta proyección se definen los husos, los cuales comprenden todo los puntos de localización entre dos meridianos y poseen  $6^\circ$  de longitud, quedando así de esta manera la superficie terrestre dividida en 60 Husos iguales a partir del Meridiano de Greenwich, donde cada uno tiene un cilindro particular de proyección tangente en el meridiano central, denominados con numero y zona especifica. Cada huso genera un meridiano central equidistante de  $3^\circ$  de longitud a partir de cada uno de los meridianos.

Sobre los meridianos centrales el modulo de anamorfosis lineal es igual a la unidad (1) y aumenta conforme a la separación lineal desde este. Esto genera un margen de distorsión lineal desde 0% hasta 1.003%.



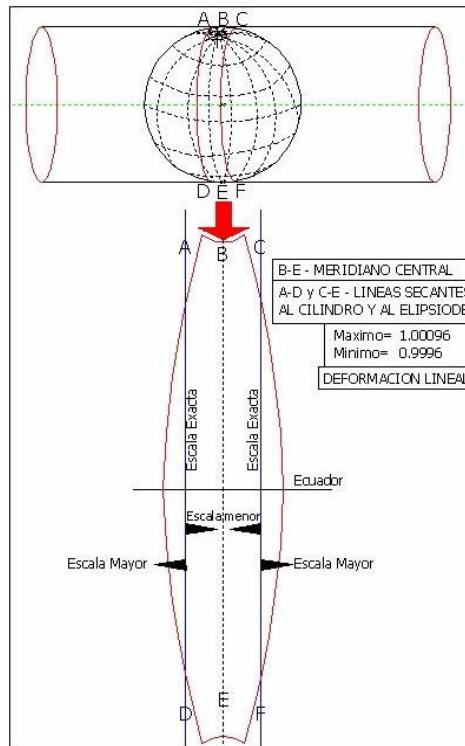
**Fig.2.14. Deformación lineal proyección Universal Transversal de Mercator**

Para corregir la distorsión lineal generada al alejarse del meridiano central, recurrimos al artificio denominado Factor de Escala  $K_c=0.9996$  el cual se aplica sobre el meridiano central, reduciendo de esta manera la distorsiones lineales máximas a la mitad sin alterar la conformidad ni la naturaleza de la proyección. Esto genera que el cilindro de proyección se transforme de tangente a secante al este y al oeste del meridiano central aproximadamente a 180 kilómetros en ambas direcciones para reducir las deformaciones en los extremos.



**Fig.2.15.- Campo de Proyección Universal Transversal de Mercator**

Fuente: Manual de Carreteras, Ministerio de Obras Publicas, Chile.



**Fig.2.16.- Deformación proyección Universal Transversal de Mercator**

Fuente: Manual de Carreteras, Ministerio de Obras Publicas, Chile.

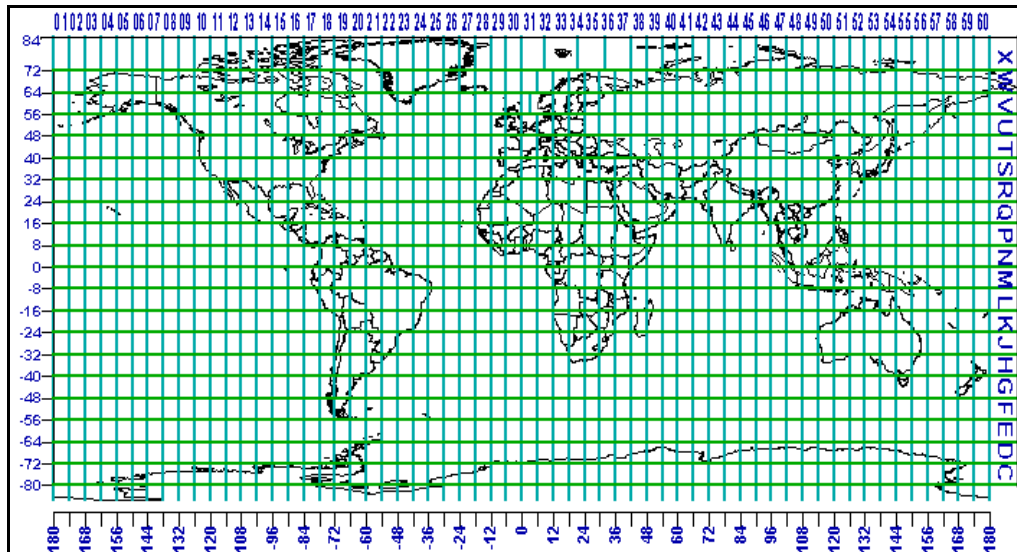
El sistema UTM es comúnmente utilizado desde los  $0^{\circ}$  hasta los  $84^{\circ}$  de latitud Norte y desde los  $0^{\circ}$  hasta los  $80^{\circ}$  de latitud sur, ya que a latitudes mayores las distorsiones lineales aumentan, por lo cual en las zonas de los casquetes polares se emplea la denominada Proyección Universal Polar estereográfica, la cual es plana y posee un área de solapamiento de  $30'$  con la proyección UTM. Al representar las superficies polares los paralelos se transforman en circunferencias concéntricas y los meridianos en rectas concurrentes al origen de la proyección o polos.

#### II.2.2.6.1 Parámetros UTM

Para identificar perfectamente un punto en la superficie terrestre es necesario definir las unidades de medición, el hemisferio donde se encuentra, la longitud con respecto al meridiano de Greenwich (huso) y el origen del sistema de coordenadas o datum.

##### II.2.2.6.1.1 Husos y zonas UTM

Los husos y zonas UTM se generan con el objetivo de reducir las deformaciones generadas al proyectar los puntos de la superficie de referencia en el plano. De esta manera se divide la superficie terrestre en 60 husos cartográficos de  $6^{\circ}$  de longitud cada uno y en zonas de  $8^{\circ}$  de latitud a las cuales se le asignaron letras, siendo la A y B correspondientes al polo sur partiendo entonces desde la letra C hasta el polo norte al cual le corresponden las letras Y y Z, suprimiendo las letras I, Ñ, O (ver figura 2.17)



**Fig.2.17.- Husos Proyección Universal Transversal de Mercator**

Dada la ubicación y distribución geográfica de Venezuela le corresponden los usos 18, 19, 20 y 21, con meridianos centrales  $75^{\circ}$ ,  $69^{\circ}$ ,  $63^{\circ}$  y  $57^{\circ}$  respectivamente. La zona UTM correspondiente es la N y P, dividiendo entonces el territorio nacional en las zonas 18 N, 18 P, 19 N, 19 P, 20 N, 20 P, 21 N y 21 P.

#### II.2.2.6.1.2 Este Falso (Ef) y Norte Falso (Nf)

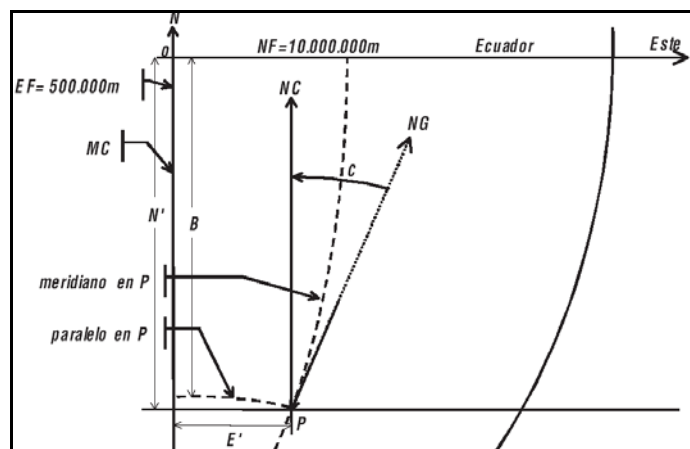
Con el objeto de que todas las coordenadas de cada punto en cualquier cuadrante sean positivas, y aumenten en las direcciones este y norte, se adopto un valor numérico de 500.000 m.E en el meridiano central de cada uso. Esto debido a que  $1^{\circ}$  de latitud en el ecuador equivale a 111,30 Km o 111.300m aproximadamente, donde  $3^{\circ}$  correspondientes a medio uso son 333.900m aproximadamente por lo cual esto restado a 500.000m siempre será un valor positivo, de igual manera se adopta un valor de 10.000.000m en la dirección norte de manera tal que sea superior a la máxima distancia posible norte-sur para la proyección.



Para Venezuela los "nortes" aumentan de abajo hacia arriba y los "estes" de izquierda a derecha inversamente a las coordenadas Geodésicas de Longitud.

### II.2.2.6.1.3 Convergencia de meridianos ( $\varphi$ )

Se refiere a la diferencia angular que se origina por la proyección cóncava de los meridianos (a excepción del central) entre el Norte geodésico y en Norte Cartográfico, cuya convergencia meridiana varía en función de la distancia al meridiano central, pudiendo alcanzar diferencias al borde del huso de  $2^{\circ}30'$  aproximadamente.



**Fig.-2.18. Convergencia de Meridianos**

Fuente: Manual de Carreteras, Ministerio de Obras Publicas, Chile

Donde:

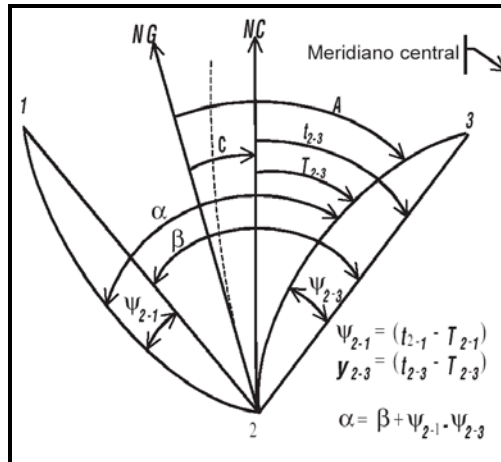
$$\varphi = \lambda \sin \theta \left[ 1 + \frac{\lambda^2 \cos^2 \theta}{3} \cdot (1 + 3\eta^2 + 2\eta^4) + \frac{\lambda^6 \cos^6 \theta}{315} \cdot (17 - 26t^2 + 2t^4) \right]$$

#### II.2.2.6.1.4 Reducción de la Cuerda

La diferencia angular generada entre el azimut del plano ( $t$ ) y el azimut geodésico proyectado ( $T$ ), con esto se puede reducir las direcciones observadas a direcciones de cuadrículas (ver figura 2.19).

La reducción de la cuerda se define:

- $t$  = Azimut plano
- $T$  = Azimut geodésico  $\pm$  convergencia meridiana + 180



**Figura 2.19. Reducciones de direcciones**

Fuente: Manual de Carreteras, Ministerio de Obras Publicas, Chile

Se tiene que:

$$(T - t)_A^2 = \frac{(Y_B - Y_A) \cdot (2X_A - X_B)}{6Nm \cdot Rm} \cdot (1 + \eta_m^2)$$

#### II.2.2.6.1.5 Factor de Escala

El factor de escala se denomina a la magnitud que altera la escala. Representa la relación entre la escala de un punto cualquiera sobre la superficie de referencia y el mismo proyectado en el plano.

En principio, la proyección TM en un huso coincide con la proyección Gauss Kruger con un desarrollo cilíndrico transverso conforme. De acuerdo a la tangencia del cilindro con la superficie del elipsoide de revolución en un meridiano (central del huso), este deberá ser automecoico y con distorsión nula, el factor de escala de este punto será igual a uno y su variación dependerá de la distancia que se encuentre de dicho meridiano. Para reducir las deformaciones en los extremos, se aplica el artificio de Tissot que implica que el cilindro deja de ser tangente para pasar a ser secante, de manera que el meridiano central continúa siendo una línea automecoica pero con un factor diferente de la unidad.

#### II.2.2.6.1.6 Formulas proyección Universal Transversal de Mercator

$$\frac{X}{N} = \Delta\lambda \cdot \cos\phi + \frac{\Delta\lambda^3 \cdot \cos^3\phi}{6} \cdot (1 - t^2 + \eta^2)$$

$$\frac{Y}{N} = \frac{S\phi}{N} + \frac{(\Delta\lambda)^2}{2} \cdot \text{SEN}\phi \cdot \cos\phi + \frac{(\Delta\lambda)^4}{24} \cdot \text{SEN}\phi \cdot \cos^3\phi (5 - t^2 + 9\eta^2 + 4\eta^4)$$

$$t = \tan \phi$$

$$\eta^2 = \frac{e^2}{1 - e^2} \cdot (\cos\phi)^2$$

$$N = \frac{a}{\sqrt{(1 - e^2 \cdot \sin^2\phi)}}$$

$$N = k_0 \cdot Y + Nf$$

$$E = k_0 \cdot X + Ef$$

## **CAPITULO III. – MARCO METODOLOGICO**

### **III.1. ANTECEDENTES**

Desde mediados del siglo XX, la evolución en los procesos de captura, procesamiento y análisis de la data requerida para la confección de productos cartográficos en general, ha permitido desarrollar programas y equipos para la automatización de los mismos.

La creación del sistema de posicionamiento global (GPS) y el desarrollo en el área de teledetección remota, han permitido la obtención de una amplia variedad de data procesable según requerimientos específicos, para la confección de mapas, ortofotomapas, cartas y otros productos cartográficos. Esta data presentada mayormente en imágenes digitales de diferentes formatos según el tipo de sensor utilizado, permite generar resultados y análisis precisos según el caso, mediante los programas de procesamiento digital de imágenes. Esta data debidamente procesada y corregida sirve como base para el desarrollo de los sistemas de información geográficos (SIG).

De igual manera los programas y equipos tecnológicos creados para la *geomática* y cuyo origen se basa en el diseño asistido por computadora (CAD) han permitido el procesamiento de data geográfica aplicando de manera automatizada los métodos matemáticos y correcciones necesarias, de esta manera se obtienen mayores rendimientos en la elaboración de productos y/o análisis cartográficos reduciendo costos y periodos de ejecución.

En términos generales podemos decir que la evolución tecnológica ha permitido alcanzar mayores precisiones en la recolección de los datos,

agilizar su captura y acelerar los procesos de ajuste y tratamiento de la información.

Actualmente esta evolución ha sido favorecida por la facilidad de acceso a la data geográfica digital almacenada en servidores alrededor del mundo (metadata) a través de *internet*, de manera que la misma pueda ser compartida, distribuida y comercializada para la elaboración de estudios y productos cartográficos.

### **III.2. DATOS PARA EL ESTUDIO**

Los avances en el área de sensores remotos activos o sistemas de radar han dado origen a una serie de productos cartográficos digitales de alta resolución como el empleado en este trabajo de grado que se denomina *Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM)*.

Esta misión internacional realizada en conjunto entre la Agencia de Inteligencia Geoespacial Nacional (NGA) y la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA) tuvo como objetivo generar modelos digitales de elevaciones desde la latitud 56° Sur hasta la 60° N de la superficie terrestre, para lo cual se utilizó un sistema de radar especialmente adaptado sobre la nave Shuttle Endeavor en la misión STS-99 de febrero del 2000. Para lograr estas imágenes se adaptó un “Brazo” de sesenta metros de longitud con un reflector-antena en cada extremo y se utilizaron técnicas de software interferométrico y Radars de apertura sintética ( SAR ).

La resolución de estas imágenes es de píxeles de un (1°) grado de latitud por un (1°) grado de longitud lo que representan aproximadamente treinta (30) metros en el ecuador, cada pixel se identifica de acuerdo a la esquina inferior izquierda o esquina suroeste del mismo. Estos modelos digitales de elevación se encuentran entre los más precisos en la actualidad

con un error de altitud medio de 6,2m con 90% de grado de confianza y un error de posicionamiento de 9,0m para Suramérica ( Rodríguez, 2006).

En 2003 la NASA publico los Modelos digitales de elevación (MED) en la página web del Earth Resources Observation and Science (EROS) y determino que los modelos que no pertenecieran al territorio de Estados Unidos de América se reduciría la resolución igual a, o mayor a tres(3) arco-segundos ( aproximadamente 90m sobre el ecuador ). En vista de las múltiples aplicaciones que se le ha dado a los modelos digitales de elevación SRTM en la cartografía y los Sistemas de Información Geográficos (GIS) y otras aplicaciones de geomatica, el Servicio Geológico de Los Estados Unidos (USGS) y la Agencia de Inteligencia Geoespacial Nacional celebraron un acuerdo para mejorar el modelaje de la superficie terrestre que permitiera procesar el resto de los MED a la resolución máxima de un (1) arco-segundo para su posterior publicación y acceso de la comunidad científica y geoespacial.

### ***III.2.1.1. Calidad de los datos SRTM***

Para generar los MED se recogen dos imágenes de una misma ubicación desde dos posiciones diferentes, para lo cual se emplazo una cámara en la bóveda de carga del transbordador y la otra se ubico sobre un mástil a 60m de esta, que se considera como la línea base, estas al ser comparadas generan diferencias a partir de las cuales se determinan las elevaciones del terreno. Las imágenes se captan en las bandas de radar de apertura sintética denominadas: banda C (SIR-X) y banda X ( X-SAR) (Farr, 2007).

La antena principal emite un haz de ondas ( principio de sensores activos) las cuales inciden sobre la superficie terrestre y se reflejan hacia las antenas principal y secundarias sobre la plataforma del radar donde se

recogían y calculaban las distancias al objetivo, con esta información y la distancia constante entre las dos antenas se determina la altura de la superficie terrestre.

El SRTM fue diseñado con umbrales de precisión cartográfica para ayudar a asegurar un conjunto de datos topográficos globales exactos y consistentes. El requisito de precisión horizontal de la misión fue menor de 20 m, considerándose un error de altura absoluta de 90 por ciento inferior a 16 m (Hofton, 2006). Posteriormente la NASA y la NGA realizaron procedimientos de validación global de los datos y determinaron los resultados de precisión horizontal y vertical habían superado los lineamientos requeridos.

Existen otros parámetros que deben considerarse en el manejo de data SRTM como lo son:

- *Vacio de datos*: en algunas zonas en las cuales aparecieron errores excesivos o simplemente no hubo recepción de la señal emitida. Se estima que para el caso de Suramérica existen al menos 500 mosaicos que se consideran como vacios. Para corregir estos vacios se aplica el algoritmo de relleno de superficies deltaicas ( Delta Surface Fill/ DSF), que considera la mejor aproximación que se adapte al vacio. Este ajuste se determina creando una diferencia o “Superficie Deltaica” entre el SRTM y la fuente de relleno. El algoritmo DSF utiliza la Superficie Deltaica para interpolar valores diferenciales en las áreas de vacío (Grohman, 2006). Una vez interpolados los píxel de vacío de datos se aplica la Superficie Deltaica a los vacíos de datos SRTM originales sumando la superficie deltaica a la fuente de relleno (Grohman, 2006).

- *Ruido de fase*: causado principalmente por el ruido térmico y de cuantización de los receptores del radar y es en gran parte dependiente de las propiedades de retrodispersión de la superficie (Walker, 2006). En términos más simples, el ruido de fase es una variación de altura mínima dada de píxel a píxel colindante, y esta variación fue influida por el tipo de superficie de la cual se reflejaba la transmisión del radar. Por ejemplo, un área con cobertura de bosque va a tener menos ruido que las tierras agrícolas por el modo en que la señal del radar rebota en la superficie (Walker, 2006). Este error ya se había anticipado antes de la misión y se establecieron controles para minimizar el error vertical a 8 metros aproximadamente (Farr, 2006)
- *Sesgo de Follaje*: (o dosel vegetal). Debido a la corta longitud de onda de la Banda C (5,6cm) , la mayoría de las ondas del radar recibidas sobre áreas de vegetación densa, se reflejan de vuelta en el follaje, bastante por encima de la superficie de la tierra desnuda (Kellndorfer, 2004). Por esta razón muchos geólogos e hidrólogos encuentran que el conjunto de datos MED SRTM son menos que deseables para uso a gran escala, mientras que los ecólogos encuentran que la herramienta es invaluable para ayudar en el estimado de la altura del dosel y de la biomasa (Kellndorfer, 2004; Simard, 2006).
- *Slope*: (Pendiente) es un producto derivado valioso de cualquier MED y forma parte de muchos modelos de procesos superficiales terrestres, tales como el modelaje de deslizamientos de tierra. Varios estudios han dejado constancia de que la pendiente se subestima en áreas de topografía pronunciada y sobreestimada en áreas de poco relieve (Guth, 2006; Jarvis, 2004; Farr, 2006). Tanto la subestimación de pendiente en áreas escarpadas como su sobreestimación en áreas



más planas es una influencia combinada del algoritmo de error y del error de ruido de fase (Farr, 2006).

### ***III.2.1.2. Aplicaciones de las imágenes SRTM***

Como se menciona anteriormente los Modelos Digitales de Elevación tienen un papel clave en el modelaje de los procesos de la superficie terrestre. Por esta razón un MED exacto y consistente es componente esencial de las estructuras de datos geospaciales nacionales que se están construyendo en Sudamérica. Algunas aplicaciones fundamentales de un MED, que podemos mencionar se encuentran: modelaje hidrológico, planificación de infraestructura, rectificación de ortoimágenes, y manejo y mitigación de desastres.

### **III.3. ESQUEMA METODOLOGICO**

En la figura 3.1. se desarrolla un esquema metodológico donde se explica de manera breve, los procesos que deberán realizarse para evaluar las variaciones de superficie que son objeto de estudio.

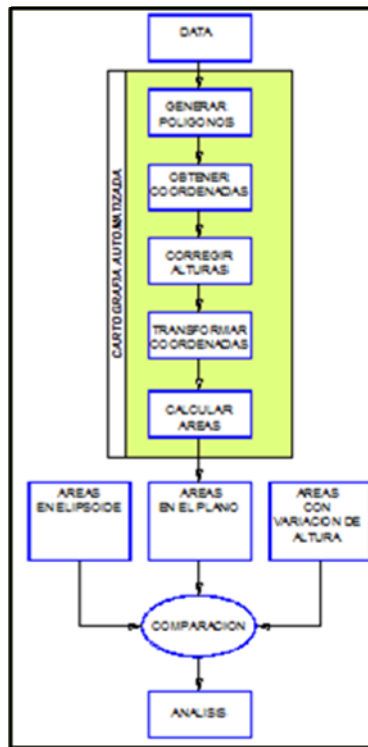


Figura3.1.- Esquema Metodológico

### III.4. PROCESOS

A continuación se hará una breve descripción de cada uno de los procesos mencionados en el esquema metodológico de la figura 3.1.

#### III.4.1 Cartografía Automatizada

Como datos de entrada de este proceso se tienen imágenes generadas por sistemas de radar y como producto final se obtendrán valores superficiales sobre diferentes sistemas de referencia.

##### III.4.1.1. Generar polígonos

Sobre las imágenes SRTM se generan vectores para definir los polígonos regulares.

#### *III.4.1.2. Obtener Coordenadas*

Se extraen las coordenadas referidas a la superficie de referencia de los vértices de los polígonos y su altura elipsoidal.

#### *III.4.1.3. Corregir Altura*

Una vez obtenida la altura ortométrica de los vértices de los polígonos se aplican correcciones para obtener las alturas elipsoidales

#### *III.4.1.4. Transformar Coordenadas*

Se aplican métodos de transformación entre sistemas de referencia, para obtener valores superficiales referidos a los mismos.

#### *III.4.1.5. Calcular Áreas*

Se aplican métodos del cálculo de áreas sobre superficies planas y elipsoidales.

#### ***III.4.2. Comparación entre Áreas sobre el elipsoide, el plano y por variación de alturas.***

Con el fin de identificar las variaciones existentes entre las Áreas generadas, se realizarán comparaciones entre ellas para su posterior análisis.

#### ***III.4.3. Análisis***

Para finalizar se realizará un análisis de las variaciones obtenidas entre las áreas generadas.

# CAPITULO IV. CASO DE ESTUDIO: EVALUACION DE LAS VARIACIONES DEL CALCULO DE AREAS CON COORDENADAS GEODESICAS Y COORDENADAS CARTOGRAFICAS.

## IV.1 CARACTERISTICAS DEL AREA DE ESTUDIO

### I.V.1.1. Ubicación geográfica

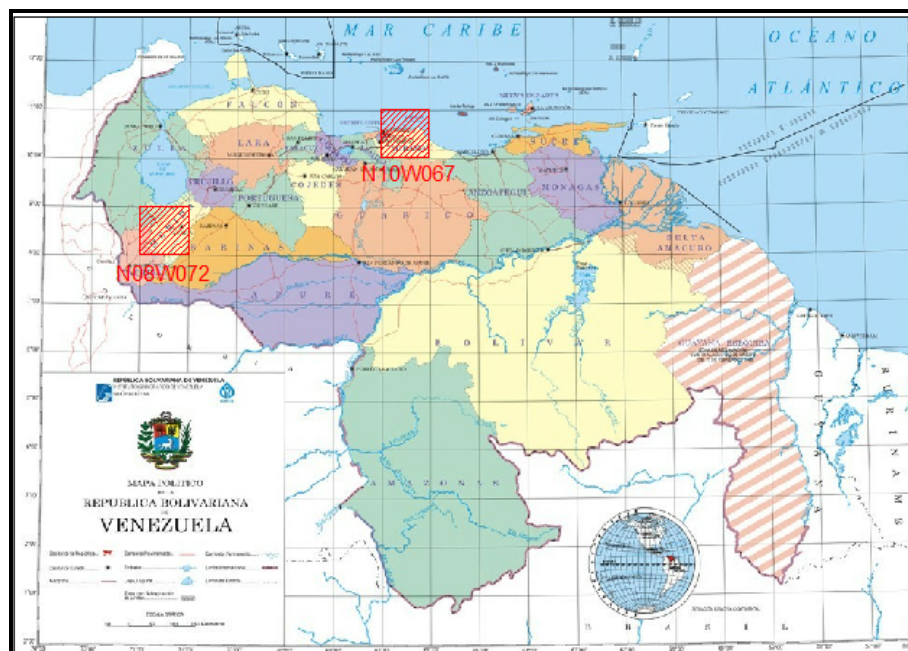


Figura 4.1. Ubicación Geográfica de las zonas de estudio.

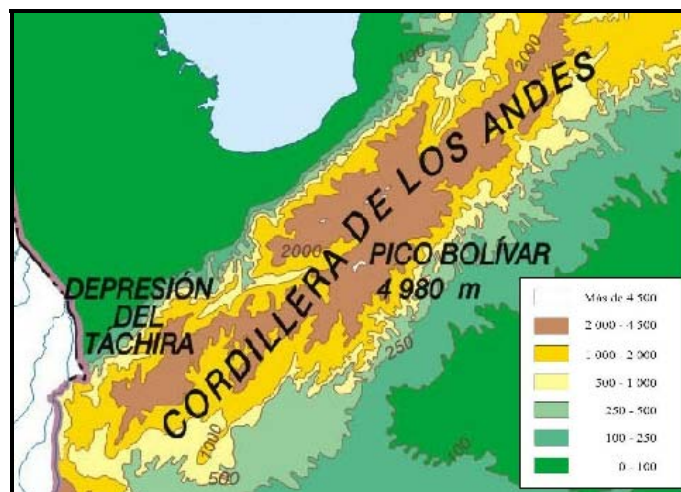
Fuente: Servicio Autónomo de Geografía y Cartografía Nacional, Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, 1994

Las imágenes SRTM seleccionadas para este trabajo N08W072.hgt y N10W067.hgt se encuentran ubicadas en la región Oeste y Centro-Norte de Venezuela respectivamente. La imagen N08W072.hgt se ubica en su mayoría sobre el Estado Mérida alcanzando la región norte del estado Táchira y la región sur del Estado Zulia y la imagen N10W067fill.hgt abarca

una gran extensión de la zona nor-este del Estado Miranda y parte del estado Vargas.

### ***I.V.1.2. Características Morfológicas***

Las regiones de los Estados Táchira y Mérida se caracterizan por presentar relieves irregulares con fuertes pendientes por encontrarse sobre la cordillera de los andes, estos dan origen a diferentes ríos de montaña que son afluentes de la cuenca del lago de Maracaibo y de la Cuenca del Rio Orinoco. En ella se encuentran las máximas altitudes del país, alcanzando un valor en el pico Bolívar de 4.980m aproximadamente sobre el nivel medio del mar.



**Figura 4.2. Mapa de relieve de la Cordillera de los Andes**

Fuente: Servicio Autónomo de Geografía y Cartografía Nacional, Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, 1994

El estado Miranda se encuentra de igual manera ubicado en gran parte sobre la cordillera de la costa, con altitud máxima de 2.765m.s.n.m.m aproximadamente en el pico Naguayá, teniendo un fuerte contraste en la zona oriental por la depresión o llanura de la zona de Barlovento donde las alturas oscilan entre los 0-100m sobre el nivel medio del mar.



Figura 4.3. Mapa de relieve de la Cordillera de la Costa

#### IV.2 DATOS DISPONIBLES PARA EL ESTUDIO

Ya que las imágenes SRTM se caracterizan por proporcionar modelos de elevación digital precisos, se utilizaron para generar los polígonos de las imágenes SRTM corregidas previamente, con curvas de nivel a cada veinte metros (20m).

Estas imágenes están identificadas con valores de latitud, longitud por la esquina inferior izquierda, en nuestro caso N08W072fill.hgt y N10W067fill.hgt. Cuentan con una cobertura de aproximadamente de 12.200 km<sup>2</sup> y tienen píxeles de 90m de resolución, en la figura 4.4 y 4.5 se muestran las imágenes utilizadas desplegadas en pantalla bajo el programa *GLOBAL MAPPER*<sup>®</sup>.

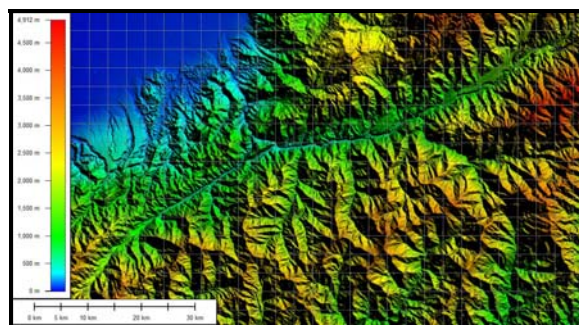
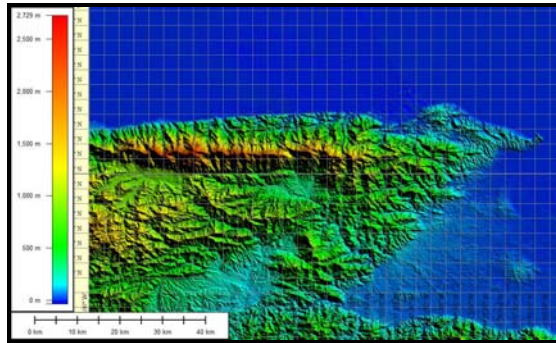


Fig.4.4.- Imagen SRTM N08W072



**Fig.4.5.- Imagen SRTM N10W067**

### **IV.3. ESQUEMA METODOLOGICO**

La metodología a seguir en el proceso aplicado, se estableció con el fin de obtener valores superficiales o áreas en diferentes tipos de proyecciones para determinar y cuantificar las variaciones superficiales entre ellas.

Se utilizaron al mínimo los recursos de hardware y software, lográndose valores de fácil interpretación y aplicación.

A continuación se muestran los esquemas metodológicos de los procesos a seguir para la obtención de valores de áreas en diferentes tipos de superficies a partir de las imágenes SRTM (ver figuras 4.6, 4.7 y 4.8 )

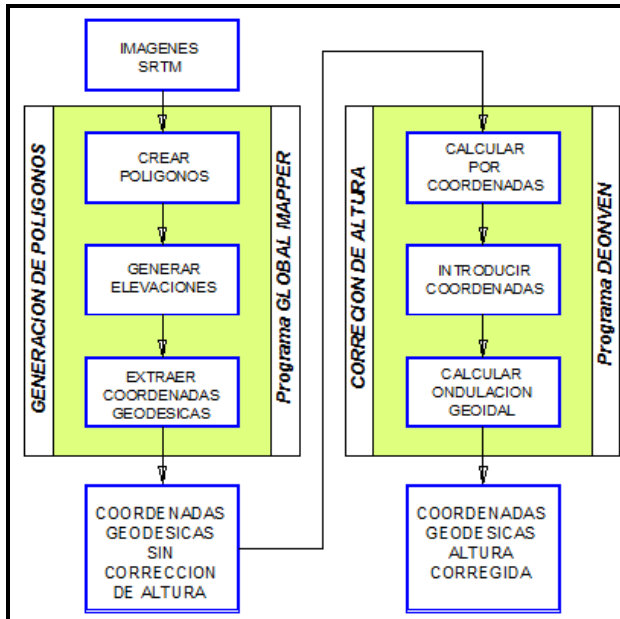


Figura 4.6. Esquema metodológico para generar polígonos y corregir altura

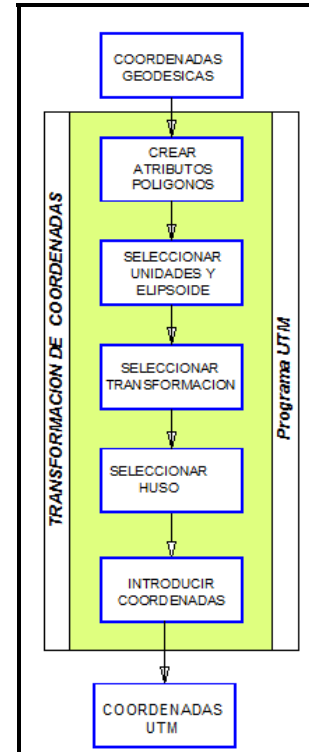


Figura 4.7. Esquema metodológico para transformación de coordenadas

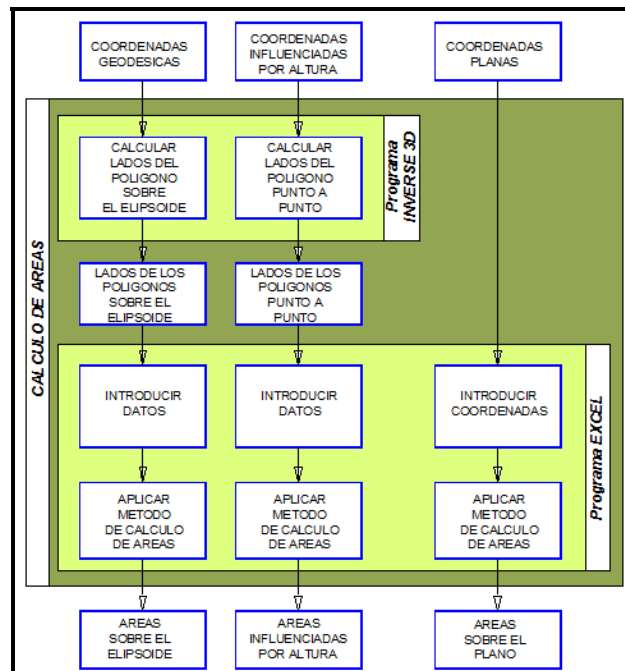


Fig.4.8. Esquema metodológico para el cálculo de áreas



## IV.4 PROCESOS

### IV.4.1 Cartografía Automatizada

Como datos de entrada de este proceso se tienen imágenes generadas por sistemas de radar y como producto final se obtendrán valores superficiales sobre diferentes sistemas de referencia.

#### IV.4.1.1. Generar polígonos sobre imágenes SRTM.

Las imágenes SRTM seleccionadas fueron sometidas al algoritmo de llenado para superficies deltaicas mediante el programa *SRTMfill*<sup>®</sup> para corregir los vacios en la imagen, generados en el proceso de captura.

Para generar los polígonos sobre las imágenes SRTM .hgt se utilizo el programa *GLOBAL MAPPER*<sup>®</sup> donde se definieron los linderos de los mismos mediante la herramienta “*tools*” y luego “*measure*”, de manera tal que sus lados coincidieran con meridianos y paralelos y fuesen lo mas rectangulares posibles, esto para facilitar los efectos de cálculo de áreas posteriores en el desarrollo de este trabajo. El programa despliega en pantalla datos como: escala de valores de relieve, curvas de nivel, proyección, vectores del polígono y escala grafica.

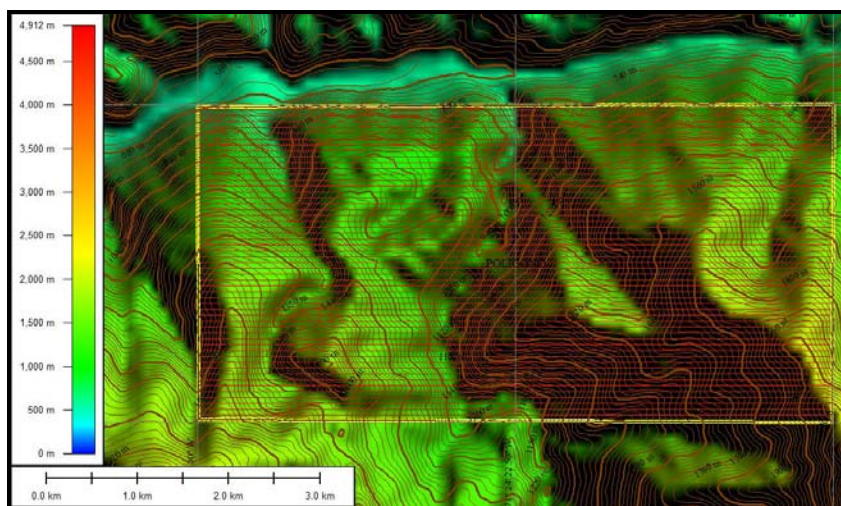
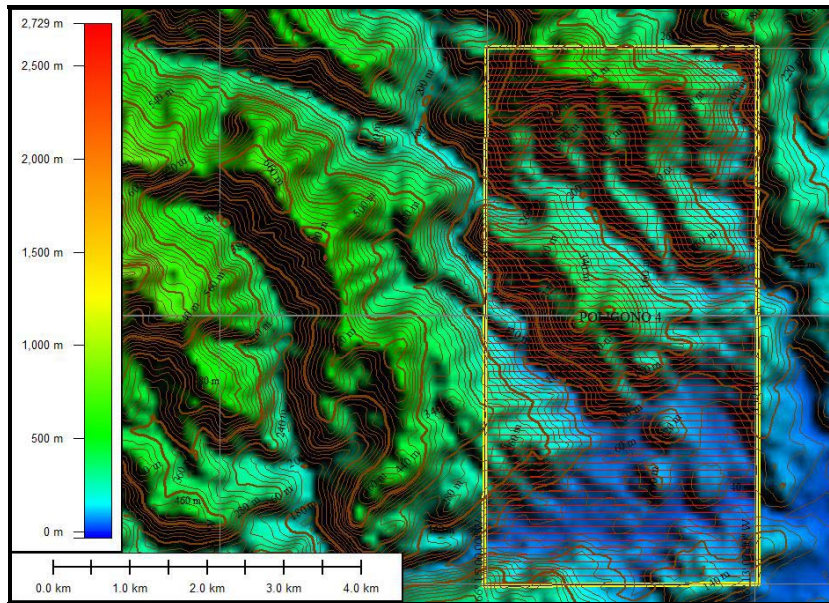
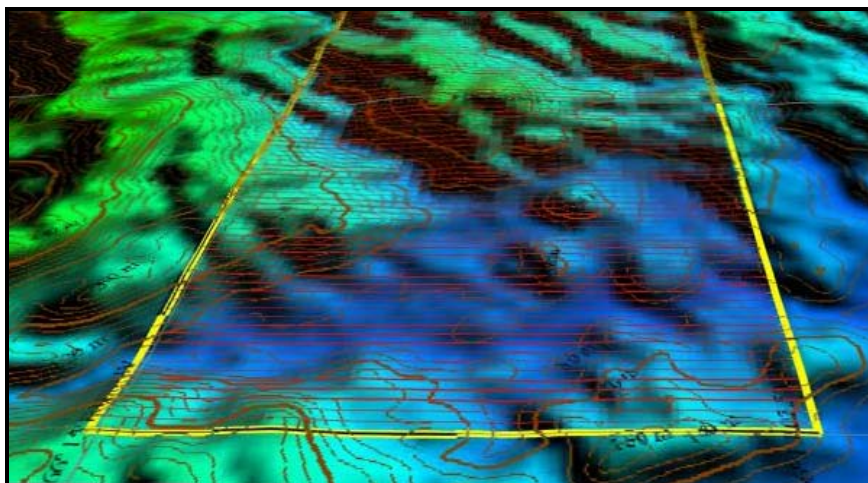


Fig.4.9. Generación de polígonos sobre imágenes SRTM.



**Fig.4.10. Generación de polígonos sobre imágenes SRTM.**

De igual manera es posible visualizar en el programa *GLOBAL MAPPER*<sup>®</sup> un Modelo Digital de Elevación 3D de cada uno de los polígonos generados.



**Fig.4.11. Modelo Digital de Elevaciones de un polígono generado.**

#### *IV.4.1.2. Obtener Coordenadas Geodésicas y datos adicionales.*

Una vez definidos los polígonos en el programa. *GLOBAL MAPPER*<sup>®</sup> se procedió a través de la herramienta “*feature info*” a seleccionar los polígonos generados donde se obtuvo valores de área y perímetro de cada

uno de los polígonos. Luego seleccionando el icono “vértices” se obtuvieron las coordenadas geodésicas ( $\Phi, \lambda, H$ ), las cuales fueron importadas a una hoja de cálculo del programa *EXCEL*<sup>®</sup> para su ordenamiento y almacenaje de manera digital como se muestra en la Tabla 4.1.

<b>POLIGONO 1</b>							
VERTICE	$\Phi$			$\lambda$			H(m )
	°	'	''	°	'	''	
A	8	28	7,000	71	26	15,000	579,902
B	8	28	7,000	71	22	30,000	1106,919
C	8	26	15,000	71	22	30,000	2097,079
D	8	26	15,000	71	26	15,000	1696,161
<b>POLIGONO 2</b>							
VERTICE	$\Phi$			$\lambda$			H(m )
	°	'	''	°	'	''	
A	8	28	7,000	71	31	52,000	417,100
B	8	24	23,000	71	31	52,000	1820,648
C	8	24	23,000	71	30	1,000	1460,252
D	8	28	7,000	71	30	1,000	559,852
<b>POLIGONO 3</b>							
VERTICE	$\Phi$			$\lambda$			H(m )
	°	'	''	°	'	''	
A	10	26	14,000	66	22	30,000	520,815
B	10	26	14,000	66	18	45,000	378,571
C	10	24	23,000	66	18	45,000	221,148
D	10	24	23,000	66	22	30,000	520,855
<b>POLIGONO 4</b>							
VERTICE	$\Phi$			$\lambda$			H(m )
	°	'	''	°	'	''	
A	10	31	52,000	66	15	1,000	316,714
B	10	31	52,000	66	13	6,000	366,694
C	10	28	7,000	66	13	6,000	80,062
D	10	28	7,000	66	15	1,000	279,436

**Tabla.4.1. Coordenadas geodésicas de los polígonos.**

Luego se seleccionó el polígono 3 y se dividió matemáticamente en 4 sub-polígonos para posteriormente analizar y comparar el comportamiento de la variación de área en superficies más pequeñas. Los sub-polígonos se denominaron : polígono 3-I, 3-II,3-III,3-IV. Sus coordenadas geodésicas se presentan a continuación en la siguientes tabla.

<b>POLIGONO 3-I</b>							
VERTICE	$\Phi$			$\lambda$			H(m )
	°	'	"	°	'	"	
A	10	26	14,000	66	22	30,000	520,815
A'	10	26	14,000	66	20	37,500	449,693
A''	10	25	18,500	66	20	37,500	410,347
D'	10	25	18,500	66	22	30,000	520,835
<b>POLIGONO 3-II</b>							
VERTICE	$\Phi$			$\lambda$			H(m )
	°	'	"	°	'	"	
A'	10	26	14,000	66	20	37,500	449,693
B	10	26	14,000	66	18	45,000	378,571
B'	10	25	18,500	66	18	45,000	299,859
A''	10	25	18,500	66	20	37,500	410,347
<b>POLIGONO 3-III</b>							
VERTICE	$\Phi$			$\lambda$			H(m )
	°	'	"	°	'	"	
A''	10	25	18,500	66	22	37,500	410,347
B'	10	25	18,500	66	20	45,000	299,859
C	10	24	23,000	66	20	45,000	221,148
C'	10	24	23,000	66	22	37,500	371,001
<b>POLIGONO 3-IV</b>							
VERTICE	$\Phi$			$\lambda$			H(m )
	°	'	"	°	'	"	
D'	10	25	18,500	66	22	30,000	520,835
A''	10	25	18,500	66	20	37,500	410,347
C'	10	24	23,000	66	20	37,500	371,001
D	10	24	23,000	66	22	30,000	520,855

**Tabla.4.2. Coordenadas geodésicas de los sub-polígonos.**

#### IV.4.1.3. Corregir Altura

Una vez obtenidas las coordenadas geodésicas se procedió a utilizar el programa *DEONVEN* para calcular las ondulaciones geoidales correspondientes a cada vértice y poder determinar la altura elipsoidal.

A través de la herramienta “*calculo por coordenadas*” se introdujeron los datos de latitud, longitud y altura elipsoidal de cada uno de los vértices de los polígonos y obtuvieron los valores de ondulación geoidal.



Fig.4.12. Calculo de la ondulación geoidal mediante el software *DEONVEN*<sup>®</sup>

Luego de obtener la ondulación geoidal calculamos la altura elipsoidal de cada uno de los vértices de los polígonos y obtuvimos las siguientes alturas corregidas

<b>POLIGONO 1</b>			
VERTICE	ALTURA ORTOMETRICA	ONDULACION GEOIDAL	ALTURA ELIPSOIDAL h(m)
A	579,902	5,145	574,757
B	1106,919	5,145	1101,774
C	2097,079	5,145	2091,934
D	1696,161	5,145	1691,016
<b>POLIGONO 2</b>			
VERTICE	ALTURA ORTOMETRICA	ONDULACION GEOIDAL	ALTURA ELIPSOIDAL h(m)
A	417,100	2,06	415,04
B	1820,648	2,06	1818,588
C	1460,252	2,06	1458,192
D	559,852	2,06	557,792
<b>POLIGONO 3</b>			
VERTICE	ALTURA ORTOMETRICA	ONDULACION GEOIDAL	ALTURA ELIPSOIDAL h(m)
A	520,815	22,521	498,294
B	378,571	22,521	356,050
C	221,148	22,521	198,627
D	520,855	22,521	498,334

<b>POLIGONO 4</b>			
VERTICE	ALTURA ORTOMETRICA	ONDULACION GEOIDAL	ALTURA ELIPSOIDAL h(m)
A	316,714	22,521	294,193
B	366,694	22,521	344,173
C	80,062	22,521	57,541
D	279,436	22,521	256,915

**Tabla.4.3. Calculo de la altura elipsoidal de los vértices de los polígonos**

<b>POLIGONO 3-I</b>			
VERTICE	ALTURA ORTOMETRICA	ONDULACION GEOIDAL	ALTURA ELIPSOIDAL h(m)
A	520,815	22,521	498,294
A'	449,693	22,521	427,172
A''	410,347	22,521	387,826
D'	520,835	22,521	498,314
<b>POLIGONO 3-II</b>			
VERTICE	ALTURA ORTOMETRICA	ONDULACION GEOIDAL	ALTURA ELIPSOIDAL h(m)
A'	449,693	22,521	427,172
B	378,571	22,521	356,05
B'	299,859	22,521	277,338
A''	410,347	22,521	387,826
<b>POLIGONO 3-III</b>			
VERTICE	ALTURA ORTOMETRICA	ONDULACION GEOIDAL	ALTURA ELIPSOIDAL h(m)
A''	410,347	22,521	387,826
B'	299,859	22,521	277,338
C	221,148	22,521	198,627
C'	371,001	22,521	348,480
<b>POLIGONO 3-IV</b>			
VERTICE	ALTURA ORTOMETRICA	ONDULACION GEOIDAL	ALTURA ELIPSOIDAL h(m)
D'	520,835	22,521	498,314
A''	410,347	22,521	387,826
C'	371,001	22,521	348,48
D	520,855	22,521	498,334

**Tabla.4.4. Calculo de la altura elipsoidal de los vértices de los sub-polígonos**

#### IV.4.1.4. Transformar Coordenadas

Se obtuvieron las coordenadas de los vértices de los polígonos con corrección de altura como se muestran en la tabla.4.5.

<b>POLIGONO 1</b>							
VERTICE	$\Phi$			$\lambda$			h (m )
	°	'	"	°	'	"	
A	8	28	7,000	71	26	15,000	574,757
B	8	28	7,000	71	22	30,000	1101,774
C	8	26	15,000	71	22	30,000	2091,934
D	8	26	15,000	71	26	15,000	1691,016
<b>POLIGONO 2</b>							
VERTICE	$\Phi$			$\lambda$			h (m )
	°	'	"	°	'	"	
A	8	28	7,000	71	31	52,000	415,04
B	8	24	23,000	71	31	52,000	1818,588
C	8	24	23,000	71	30	1,000	1458,192
D	8	28	7,000	71	30	1,000	557,792
<b>POLIGONO 3</b>							
VERTICE	$\Phi$			$\lambda$			h (m )
	°	'	"	°	'	"	
A	10	26	14,000	66	22	30,000	498,294
B	10	26	14,000	66	18	45,000	356,050
C	10	24	23,000	66	18	45,000	198,627
D	10	24	23,000	66	22	30,000	498,334
<b>POLIGONO 4</b>							
VERTICE	$\Phi$			$\lambda$			h (m )
	°	'	"	°	'	"	
A	10	31	52,000	66	15	1,000	294,193
B	10	31	52,000	66	13	6,000	344,173
C	10	28	7,000	66	13	6,000	57,541
D	10	28	7,000	66	15	1,000	256,915

**Tabla.4.5. Coordenadas de los vértices de los polígonos.**

Para la transformación de coordenadas se empleo el programa UTM<sup>®</sup> Para realizar la conversión de coordenadas geodésicas a coordenadas planas y viceversa , sobre la proyección Universal Transversal de Mercator (UTM).

Se seleccionó en el programa, el elipsoide de referencia deseado en este caso el WGS 84 y se procedió a introducir las coordenadas geodésicas de cada uno de los vértices de los polígonos con corrección de altura, al procesar, el programa genera un archivo de extensión .txt o archivo de texto, donde se despliegan los parámetros del elipsoide de referencia

seleccionado, las unidades métricas, atributos de vértices, latitud, longitud, huso, este falso (Ef) norte falso (Nf) ,la convergencia de meridianos para el huso y el factor de escala correspondiente producto de la transformación.

#### IV.4.1.4.1 Transformar coordenadas geodésicas a UTM

Se tomaron las coordenadas de los vértices y se proyectaron sobre el plano, para obtener coordenadas en el sistema UTM. Las Coordenadas geodésicas y sus correspondientes coordenadas UTM se muestran a continuación en la tabla 4.6.

<b>POLIGONO 1</b>									
VERTICE	<b>COORDENADAS GEODESICAS</b>						<b>COORDENADAS U.T.M</b>		
	$\phi$			$\lambda$			N	E	HUSO
	°	'	"	°	'	"			
A	8	28	7,000	71	26	15,000	936.945,210	231.627,160	19
B	8	28	7,000	71	22	30,000	936.902,600	238.512,360	
C	8	26	15,000	71	22	30,000	933.460,290	238.491,380	
D	8	26	15,000	71	26	15,000	933.502,750	231.605,620	
<b>POLIGONO 2</b>									
VERTICE	<b>COORDENADAS GEODESICAS</b>						<b>COORDENADAS U.T.M</b>		
	$\phi$			$\lambda$			N	E	HUSO
	°	'	"	°	'	"			
A	8	28	7,000	71	31	52,000	937.011,100000	221.314,0800	19
B	8	24	23,000	71	31	52,000	930.125,720000	221.269,4200	
C	8	24	23,000	71	30	1,000	930.103,900000	224.666,9300	
D	8	28	7,000	71	30	1,000	936.989,120000	224.711,0500	
<b>POLIGONO 3</b>									
VERTICE	<b>COORDENADAS GEODESICAS</b>						<b>COORDENADAS U.T.M</b>		
	$\phi$			$\lambda$			N	E	HUSO
	°	'	"	°	'	"			
A	10	26	14,000	66	22	30,000	1.154.947,210	787.389,8900	19
B	10	26	14,000	66	18	45,000	1.155.004,7600	794.237,1700	
C	10	24	23,000	66	18	45,000	1.151.592,1000	794.266,1500	
D	10	24	23,000	66	22	30,000	1.151.534,7200	787.418,1900	
<b>POLIGONO 4</b>									
VERTICE	<b>COORDENADAS GEODESICAS</b>						<b>COORDENADAS U.T.M</b>		
	$\phi$			$\lambda$			N	E	HUSO
	°	'	"	°	'	"			
A	10	31	52,000	66	15	1,000	1.165.455,650	800.963,5300	19
B	10	31	52,000	66	13	6,000	1.165.486,5400	804.462,4900	



C	10	28	7,000	66	13	6,000	1.158.568,4500	804.523,7500	
D	10	28	7,000	66	15	1,000	1.158.537,7300	801.024,0800	

**Tabla 4.6. Transformación de coordenadas geodésicas a UTM de los vértices de los polígonos**

De igual manera se transformaron las coordenadas de los vértices de los sub-polígonos como se muestra a continuación. En la tabla 4.7.

<b>POLIGONO 3-I</b>									
VERTICE	COORDENADAS GEODESICAS						COORDENADAS U.T.M		
	$\phi$			$\lambda$			N	E	HUSO
	°	'	"	°	'	"			
A	10	26	14,000	66	22	30,000	1.154.947,210	787.389,890	19
A'	10	26	14,000	66	20	37,500	1.154.975,820	790.813,490	
A''	10	25	18,500	66	20	37,500	1.153.269,530	790.827,820	
D'	10	25	18,500	66	22	30,000	1.153.240,960	787.404,050	
<b>POLIGONO 3-II</b>									
VERTICE	COORDENADAS GEODESICAS						COORDENADAS U.T.M		
	$\phi$			$\lambda$			N	E	HUSO
	°	'	"	°	'	"			
A'	10	26	14,000	66	20	37,500	1.154.975,820000	790.813,4900	19
B	10	26	14,000	66	18	45,000	1.155.004,760000	794.237,1700	
B'	10	25	18,500	66	18	45,000	1.153.298,430000	794.251,6700	
A''	10	25	18,500	66	20	37,500	1.153.269,530000	790.827,8200	
<b>POLIGONO 3-III</b>									
VERTICE	COORDENADAS GEODESICAS						COORDENADAS U.T.M		
	$\phi$			$\lambda$			N	E	HUSO
	°	'	"	°	'	"			
A''	10	25	18,500	66	20	37,500	1.153.269,530	790.827,8200	19
B'	10	25	18,500	66	18	45,000	1.153.298,4300	794.251,6700	
C	10	24	23,000	66	18	45,000	1.151.592,1000	794.266,1500	
C'	10	24	23,000	66	20	37,500	1.151.563,2400	790.842,1300	
<b>POLIGONO 3-IV</b>									
VERTICE	COORDENADAS GEODESICAS						COORDENADAS U.T.M		
	$\phi$			$\lambda$			N	E	HUSO
	°	'	"	°	'	"			
D'	10	25	18,500	66	22	30,000	1.153.240,960	787.404,0500	19
A''	10	25	18,500	66	20	37,500	1.153.269,5300	790.827,8200	
C'	10	24	23,000	66	20	37,500	1.151.563,2400	790.842,1300	
D	10	24	23,000	66	22	30,000	1.151.534,7200	787.418,1900	

**Tabla 4.7.- Transformación de coordenadas geodésicas a UTM de los vértices de los sub-polígonos**

#### IV.4.1.5. Calcular Áreas

En este trabajo se efectuaron cálculos para obtener valores de área de un mismo polígono proyectadas sobre el elipsoide, el plano de proyección e influenciadas por la altura.

##### IV.4.1.5.1. Calcular áreas sobre el elipsoide

Se calcularon los lados de los polígonos, sobre el elipsoide de referencia utilizando el programa *INVERSE 3D<sup>®</sup> V 2.0*, donde se obtuvieron valores como distancias sobre el elipsoide de los lados de los polígonos, distancia punto a punto y azimutes con lo cual posteriormente se calculó el área sobre el elipsoide de referencia. En la tabla 4.8. se muestran los valores obtenidos.

AREAS SOBRE EL ELIPSOIDE h=0m				
	<i>POLIGONO 1</i>	<i>POLIGONO 2</i>	<i>POLIGONO 3</i>	<i>POLIGONO 4</i>
AREA (Ha)	2.368,210	2.336,444	2.334,065	2.417,707

**Tabla 4.8. Aéreas de los polígonos sobre el elipsoide.**

De manera aleatoria se selecciono el polígono 3 y se subdividió en cuatro partes similares, a los cuales se les calculo de igual manera el área sobre el elipsoide.

AREAS SOBRE EL ELIPSOIDE h=0m				
	<i>POLIGONO 3-I</i>	<i>POLIGONO 3-II</i>	<i>POLIGONO 3-III</i>	<i>POLIGONO 3-IV</i>
AREA (Ha)	583,459	583,459	583,487	583,487

**Tabla 4.9. Áreas de los sub-polígonos sobre el elipsoide.**

##### IV.4.1.5.2 Calcular áreas sobre el plano en proyección UTM

Se calcularon las áreas sobre la proyección UTM y se empleo el método de los trapecios, el cual se programo sobre una hoja de cálculo de *EXCEL<sup>®</sup>*, luego se introdujeron las coordenadas UTM de cada uno de los vértices de los polígonos y se obtuvo el valor del área del polígono sobre el plano. En la tabla 4.10. se muestran los valores obtenidos.

AREAS SOBRE LA PROYECCION UTM				
	POLIGONO 1	POLIGONO 2	POLIGONO 3	POLIGONO 4
AREA (Ha)	2.370,341	2.339,199	2.336,966	2.421,015

**Tabla 4.10. Áreas de los polígonos sobre la proyección UTM.**

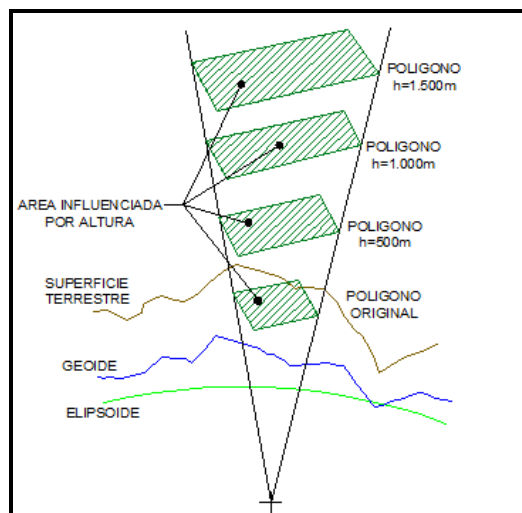
De igual manera se calcularon las áreas sobre la proyección UTM de los sub-polígonos generados del polígono N°3.

AREAS SUB-POLIGONOS SOBRE LA PROYECCION UTM				
	POLIGONO 3-I	POLIGONO 3-II	POLIGONO 3-III	POLIGONO 3-IV
AREA (Ha)	584,214	584,242	584,271	584,241

**Tabla 4.11. Áreas de los sub-polígonos sobre la proyección UTM.**

#### IV.4.1.5.3 Calcular áreas influenciadas por la altura

Se tomaron los polígonos y se sometieron a diferentes escenarios de altura al colocar todos los vértices constantes a alturas de 500, 1000, 1500m sobre el elipsoide (ver figura 4.12), para posteriormente calcular la variación por influencia de alturas de las áreas. Se calcularon nuevamente con el programa *INVERSE 3D*<sup>®</sup> V 2.0 los lados de los polígonos, considerando los vértices de cada uno a alturas constantes y se obtuvieron los valores de áreas que se muestran en la tabla 4.12.



**Figura 4.13. Escenarios de áreas influenciadas por alturas.**

	<i>POLIGONO 1</i>	<i>POLIGONO 2</i>	<i>POLIGONO 3</i>	<i>POLIGONO 4</i>
AREA h= 500m (Ha)	2.368,582	2.336,812	2.334,432	2.418,087
AREA h=1.000m (Ha)	2.368,955	2.337,180	2.334,799	2.418,467
AREA h=1.500m (Ha)	2.369,327	2.337,547	2.335,167	2.418,848

**Tabla 4.12. Áreas de los polígonos influenciados por altura elipsoidal constante.**

A los sub-polígonos generados a partir del polígono N°3 se les calculo de igual manera el área influenciada por la altura.

	<i>POLIGONO 3-I</i>	<i>POLIGONO 3-II</i>	<i>POLIGONO 3-III</i>	<i>POLIGONO 3-IV</i>
AREA h= 500m (Ha)	583,551	583,551	583,579	583,579
AREA h=1.000m (Ha)	583,643	583,643	583,671	583,671
AREA h=1.500m (Ha)	583,735	583,735	583,763	583,763

**Tabla 4.13. Áreas de los sub-polígonos influenciados por altura elipsoidal constante.**

Se calcularon adicionalmente las áreas de los polígonos y sub-polígonos influenciadas por la altura ortométrica.

	<i>POLIGONO 1</i>	<i>POLIGONO 2</i>	<i>POLIGONO 3</i>	<i>POLIGONO 4</i>
AREA (Ha)	2.483,665	2.379,091	2.336,849	2.420,789

	<i>POLIGONO 3-I</i>	<i>POLIGONO 3-II</i>	<i>POLIGONO 3-III</i>	<i>POLIGONO 3-IV</i>
AREA (Ha)	583,849	584,144	584,144	584,091

**Tabla 4.14. Áreas de los polígonos y sub-polígonos influenciados por altura ortométrica.**

## IV.5 RESULTADOS

### IV.5.1. Tablas de resultados

Se obtuvo a través de los procesos indicados anteriormente tres (3) conjuntos de Áreas sobre diferentes tipos de superficies los cuales serán sometidos a comparación para cuantificar las magnitudes de las variaciones producto de los procesos de transformación. Se tienen como premisas que las áreas sean diferentes entre sí. Estos datos se muestran en las siguientes tablas.

	POLIGONO 1	POLIGONO 2	POLIGONO 3	POLIGONO 4
AREA SOBRE EL PLANO(ha)	2.370,341	2.339,199	2.336,966	2.421,015
AREA SOBRE EL ELIPSOIDE (ha)	2.368,210	2.336,444	2.334,065	2.417,707
AREA INFLUENCIADA POR ALTURA H (ha)	2.483,665	2.379,091	2.336,849	2.420,789

**Tabla 4.15. Áreas de los polígonos sobre diferentes tipos de superficies**

	POLIGONO 3-I	POLIGONO 3-II	POLIGONO 3-III	POLIGONO 3-IV
AREA SOBRE EL PLANO(ha)	584,214	584,242	584,271	584,241
AREA SOBRE EL ELIPSOIDE (ha)	583,459	583,459	583,487	583,487
AREA INF.POR ALTURA H (ha)	583,849	584,144	584,378	584,091

**Tabla 4.16. Áreas de los sub-polígonos sobre diferentes tipos de superficies**

	POLIGONO 1	POLIGONO 2	POLIGONO 3	POLIGONO 4
AREA INF. POR ALTURA 0m (ha)	2.368,210	2.336,444	2.334,065	2.417,707
AREA INF. POR ALTURA 500m (ha)	2.368,582	2.336,812	2.334,432	2.418,087
AREA INF. POR ALTURA 1.000m (ha)	2.368,955	2.337,180	2.334,799	2.418,467
AREA INF. POR ALTURA 1.500m (ha)	2.369,327	2.337,547	2.335,167	2.418,848

**Tabla 4.17. Áreas de los polígonos influenciados por altura elipsoidal**

	POLIGONO 3-I	POLIGONO 3-II	POLIGONO 3-III	POLIGONO 3-IV
AREA INF. POR ALTURA 0m (ha)	583,459	583,459	583,487	583,487
AREA INF. POR ALTURA 500m (ha)	583,551	583,551	583,579	583,579
AREA INF. POR ALTURA 1.000m (ha)	583,643	583,643	583,671	583,671
AREA INF. POR ALTURA 1.500m (ha)	583,735	583,735	583,763	583,763

**Tabla 4.18. Áreas de los sub-polígonos influenciados por altura elipsoidal**

#### IV.5.2. Tablas de variaciones relativas

VARIACION DE AREA (m2/ha)	POLIGONO 1	POLIGONO 2	POLIGONO 3	POLIGONO 4
PLANO - ELIPSOIDE	9,000	11,789	12,430	13,685
ALTURA H - PLANO	478,091	170,536	-0,500	-0,934
ELIPSOIDE - ALTURA H	487,522	182,526	11,929	12,749

**Tabla 4.19. Variación relativa de áreas de los polígonos**

VARIACION DE AREA (m2/ha)	POLIGONO 3-I	POLIGONO 3-II	POLIGONO 3-III	POLIGONO 3-IV
PLANO - ELIPSOIDE	12,933	13,419	6,292	6,514
ALTURA H - PLANO	6,237	1,687	-1,825	2,574
ELIPSOIDE - ALTURA H	6,688	11,729	15,258	10,339

**Tabla 4.20. Variación relativa de áreas de los sub-polígonos**

#### IV.5.3. Tablas de variaciones por cada metro vertical

VARIACION DE AREA (m2/h)	POLIGONO 1	POLIGONO 2	POLIGONO 3	POLIGONO 4
0 - 500m (m2 x m )	1,835	1,835	1,836	1,836
500 - 1000m (m2 x m )	1,835	1,835	1,835	1,835
1000 - 1500m (m2 x m )	1,836	1,836	1,835	1,835

**Tabla 4.21. Variación de áreas de los polígonos influenciada por altura**

VARIACION DE AREA	POLIGONO 3-I	POLIGONO 3-II	POLIGONO 3-III	POLIGONO 3-IV
0 - 500m (m2 x m )	7,450	7,351	7,343	7,602
500 - 1000m (m2 x m )	7,451	7,350	7,343	7,607
1000 - 1500m (m2 x m )	7,451	7,351	7,344	7,607

**Tabla 4.22. Variación de áreas de los sub-polígonos influenciada por altura**

#### **IV.5.1. Análisis de resultados**

Una vez establecidos los diferentes tipos de variaciones según la superficie, se ha determinado que las áreas calculadas sobre el plano (en este caso en proyección UTM) son mayores que las calculadas sobre el elipsoide de referencia y a su vez son mayores que las áreas donde influye la altura, de igual manera las áreas calculadas con influencia de altura son mayores que las calculadas sobre el elipsoide.

Se determino que para los polígonos que se encuentran a una altura promedio mayor a 1000m sobre el nivel medio del mar las variaciones de áreas aumentan considerablemente respecto de su correspondiente sobre el plano y sobre el elipsoide.

Para los polígonos establecidos a alturas constantes sobre el elipsoide de 500,1000 y 1500m, se determinó que la variación por influencia de altura es constante para cada metro lineal en sentido vertical.

Las Variación máxima determinada fue en el polígono 1 ,con un valor de 487,522 m<sup>2</sup>/ha y una altura promedio de 1338,495 m, la mínima se observo en el polígono 3 con un valor de 0,500 m<sup>2</sup>/ha y una altura promedio de 371,001m

## CONCLUSIONES

Una vez logrados los objetivos de este Trabajo Especial de Grado, se establecen las conclusiones más significativas en los siguientes puntos:

- Se corroboraron las premisas anteriormente señaladas de la diferencia existente entre los diferentes tipos de áreas de un mismo polígono.
- Existe la necesidad de calcular los diferentes tipos de áreas para que los usuarios conozcan las magnitudes de las variaciones según la proyección y/o altura.
- Considerar que las áreas proyectadas cartográficamente no toman en cuenta las alturas, lo cual genera un desconocimiento de las variaciones superficiales que puedan existir.
- La altura afecta de manera directa la magnitud del área de un polígono determinado, generando variaciones entre el área real y las diferentes áreas proyectadas, de manera tal que a mayor altura mayor será la variación.
- Es conveniente trabajar con las coordenadas originales de las imágenes SRTM las cuales están referidas al elipsoide WGS-84, ya que de esta manera se evitan los posibles ruidos y distorsiones generadas por la influencia de los modelos matemáticos utilizados durante la transformación.



## RECOMENDACIONES

- De acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo se recomienda que al realizar cálculos de áreas de un polígono se presenten los diferentes resultados de los escenarios planteados, para tener una visión más amplia o una mejor aproximación al valor real de la superficie.
- Se recomienda elaborar un algoritmo o aplicación para el cálculo de área de polígonos irregulares más complejos, que consideren las alturas y optimice el proceso para la obtención de los resultados.
- Considerar el cálculo de áreas sobre una superficie matemática definida como el caso del elipsoide de referencia.
- Se recomienda considerar el cálculo de áreas con coordenadas geodésicas ( $\Phi$ ,  $\lambda$ ,  $h$ ) y sus correspondientes coordenadas cartesianas espaciales ( $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ).

## BIBLIOGRAFÍA

Arias, Fidas G. (2004). *El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica* (4ª ed.). Caracas: Episteme, C. A.

Bujana, Daniel y Guevara, Víctor. (2001). *Metodología para la determinación de ondulaciones del geoide con datos geodésicos heterogéneos para Venezuela*. Trabajo especial de grado no publicado, Universidad Central de Venezuela, Caracas.

Bolívar, Lucy. (2007). *Generación de cartografía digital de un sector del delta del Orinoco a partir de imágenes satelitales*. Trabajo especial de grado publicado, Universidad central de Venezuela, Caracas.

Maldonado, Félix y Santoyo, Karina. (2008). *Programa DEONVEN, Determinación de las ondulaciones del geoide para Venezuela*. Trabajo especial de grado publicado, Universidad central de Venezuela, Caracas.

Bravo, Douglas. (2006). *Apuntes de Geodesia Matemática (Primera Parte)*. Universidad Politécnica Experimental de las Fuerzas Armadas., Caracas.

Tapia, Marjorie y Ramírez, Juan (2008). *Evaluación de la alteración superficial por influencia de la altura en una proyección Universal Transversal de Mercator*. Trabajo especial de grado. Universidad Tecnológica Metropolitana. Santiago, Chile.

Fischer, I. (1970). *El geoide Sudamericano referido a varios sistemas de referencia*. Buenos Aires: Instituto Panamericano de Geografía e Historia.

Fischer, I. y Slutsky, M. (1966). *Un estudio del geoide en sud América*. Buenos Aires: Instituto Panamericano de Geografía e Historia.

Ley de Geografía, Cartografía y Catastro Nacional. (2000). *Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela*, 37.002, Julio 28, 2000.

Martín Asín, F. (1990) *Geodesia y Cartografía Matemática*. (2ª ed.). Madrid.

Franco Rey, Jorge. (1990) *Nociones de Topografía, Geodesia y Cartografía*, Universidad de Extremadura, España 1990.

Fernández Coppal, Ignacio Alonso. *La Proyección Universal transversal de Mercator*. Universidad de Valladolid, España.

Lauf, G.B., (1983) *Geodesy and map projections*, (2ª ed.). Collingwood, Victoria, Australia, TAFE Publications.

Robinson, A.H., Sale, R.D., Morrison, J.L., y Muehrcke, P.C., (1984) *Elements of cartography* (5ª ed.). New York, John Wiley and Sons.

Jackson, J.E. (1980) *Sphere, spheroid and projections*. Granada, London.

Richardus, P., Adler, R.K., (1972) *Map projections for geodists, cartographers and geographers*. North-Holland. Amsterdam.

## REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

- <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>. Consultada el 22 de Enero de 2009.
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Misi%C3%B3n\\_topogr%C3%A1fica\\_Radar\\_Shuttle](http://es.wikipedia.org/wiki/Misi%C3%B3n_topogr%C3%A1fica_Radar_Shuttle). Consultada el 27 de enero de 2009.
- [http://gisweb.ciat.cgiar.org/sig/esp/90m\\_datos\\_tropico.htm](http://gisweb.ciat.cgiar.org/sig/esp/90m_datos_tropico.htm). Consultada el 15 de Septiembre de 2009.
- <http://geomaticblog.net/2009/04/15/manejando-srtm-con-gdal/>. Consultada el 22 de Agosto de 2009.
- [http://www.cartografia.cl/index.php?option=com\\_content&task=view&id=50&Itemid=9](http://www.cartografia.cl/index.php?option=com_content&task=view&id=50&Itemid=9). Consultada el 25 de Septiembre de 2009.
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Indicatriz\\_de\\_Tissot](http://es.wikipedia.org/wiki/Indicatriz_de_Tissot). Consultada el 27 de Septiembre de 2009.
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Proyecci%C3%B3n\\_cartogr%C3%A1fica](http://es.wikipedia.org/wiki/Proyecci%C3%B3n_cartogr%C3%A1fica). Consultada el 28 de Agosto de 2009.
- [http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id\\_articulo=1301](http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=1301). Consultada el 01 de Septiembre de 2009.
- <http://www.cartesia.org/data/apuntes/cartografia/cartografia-utm.pdf>. Consultada el 15 de Mayo de 2009.
- <http://www.topografiaglobal.com.ar/archivos/teoria/g.html>. Consultada el 17 de Mayo de 2009.
- <http://www.orbemapa.com/2007/08/gps-y-esferas-esferoides-y-elipsoides.html>. Consultada el 23 de Mayo de 2009.
- <http://nacc.upc.es/tierra/node10.html>. Consultada el 07 de Junio de 2009.
- [http://www.ineter.gob.ni/Direcciones/Geodesia/Seccion\\_Temas\\_de\\_Cartografia/AlturaOrtometrica.html](http://www.ineter.gob.ni/Direcciones/Geodesia/Seccion_Temas_de_Cartografia/AlturaOrtometrica.html). Consultada el 05 de Noviembre de 2009.

- <http://www.cartesia.org/foro/viewtopic.php?t=11570>. Consultada el 22 de Agosto de 2009.
- [http://www.ign.gob.pe/web\\_espanol/IGN/glosario\\_web/a4.htm](http://www.ign.gob.pe/web_espanol/IGN/glosario_web/a4.htm). Consultada el 19 de Octubre de 2009.
- <http://www.danotario.com/manuales/Medicion%20alturas%20con%20GPS.pdf>. Consultada el 22 de agosto de 2009.
- [http://foro.gabrielortiz.com/index.asp?Topic\\_ID=21866](http://foro.gabrielortiz.com/index.asp?Topic_ID=21866)
- [http://www.andesargentinos.com.ar/Geoide\\_y\\_elipsoide.htm](http://www.andesargentinos.com.ar/Geoide_y_elipsoide.htm). Consultada el 12 de Agosto de 2009.
- <http://www.fcagr.unr.edu.ar/mdt/GTS/Zonaedu/GPS2.htm>. Consultada el 2 de Abril de 2009.
- <http://www.cartografia.cl/>. Consultada el 15 de marzo de 2009.
- [http://www.cartografia.cl/index.php?option=com\\_content&task=view&id=377&Itemid=9](http://www.cartografia.cl/index.php?option=com_content&task=view&id=377&Itemid=9). Consultada el 20 de Abril de 2009.
- <http://eros.usgs.gov/products/elevation/>. Consultada el 7 de Marzo de 2009.

## ANEXO A – ARCHIVOS DE SALIDA PROGRAMA INVERSE 3D

### POLIGONO 1. - LADO AB 3D

First Station: A

-----

X = 2008597.8900 m LAT = 8 28 7.00000 North  
Y = -5981375.0836 m LON = 71 26 15.00000 West  
Z = 933157.1160 m EHT = 574.7570 Meters

Second Station : B

-----

X = 2015287.8414 m LAT = 8 28 7.00000 North  
Y = -5979674.4563 m LON = 71 22 30.00000 West  
Z = 933234.7285 m EHT = 1101.7740 Meters  
Forward azimuth FAZ = 89 59 43.4324 From North  
Back azimuth BAZ = 270 0 16.5676 From North  
Ellipsoidal distance S = 6882.1084 m  
Delta height dh = 527.0170 m  
Mark-to-mark distance D = 6903.1592 m  
DX = 6689.9515 m DN = 0.5529 m  
DY = 1700.6273 m DE = 6883.2957 m  
DZ = 77.6125 m DU = 523.3037 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 85 39 8.79

Apparent zenith distance = 85 38 52.90

## POLIGONO 1.- LADO AD 3D

First Station : A

-----

X = 2008597.8900 m LAT = 8 28 7.00000 North  
Y = -5981375.0836 m LON = 71 26 15.00000 West  
Z = 933157.1160 m EHT = 574.7570 Meters

Second Station : D

-----

X = 2009110.4228 m LAT = 8 26 15.00000 North  
Y = -5982901.3478 m LON = 71 26 15.00000 West  
Z = 929917.1404 m EHT = 1691.0160 Meters

Forward azimuth FAZ = 180 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 0 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 3440.8352 m

Delta height dh = 1116.2590 m

Mark-to-mark distance D = 3617.9572 m

DX = 512.5328 m DN = -3441.7532 m

DY = -1526.2642 m DE = 0.0000 m

DZ = -3239.9756 m DU = 1115.3246 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 72 2 40.97

Apparent zenith distance = 72 2 32.97

## POLIGONO 1.- LADO CB 3D

First Station : C

-----

X = 2015762.2156 m LAT = 8 26 15.00000 North  
Y = -5981081.9987 m LON = 71 22 30.00000 West  
Z = 929975.9673 m EHT = 2091.9340 Meters

Second Station : B

-----

X = 2015287.8414 m LAT = 8 28 7.00000 North  
Y = -5979674.4563 m LON = 71 22 30.00000 West  
Z = 933234.7285 m EHT = 1101.7740 Meters

Forward azimuth FAZ = 0 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 180 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 3440.8352 m

Delta height dh = -990.1600 m

Mark-to-mark distance D = 3581.3029 m

DX = -474.3741 m DN = 3441.4333 m

DY = 1407.5424 m DE = 0.0000 m

DZ = 3258.7612 m DU = -991.0943 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 106 3 56.91

Apparent zenith distance = 106 3 48.91



## POLIGONO 1.- LADO CD 3D

First Station : C

-----

X = 2015762.2156 m LAT = 8 26 15.00000 North  
Y = -5981081.9987 m LON = 71 22 30.00000 West  
Z = 929975.9673 m EHT = 2091.9340 Meters

Second Station : D

-----

X = 2009110.4228 m LAT = 8 26 15.00000 North  
Y = -5982901.3478 m LON = 71 26 15.00000 West  
Z = 929917.1404 m EHT = 1691.0160 Meters

Forward azimuth FAZ = 270 0 16.5072 From North

Back azimuth BAZ = 89 59 43.4928 From North

Ellipsoidal distance S = 6882.6601 m

Delta height dh = -400.9180 m

Mark-to-mark distance D = 6896.3642 m

DX = -6651.7928 m DN = 0.5510 m

DY = -1819.3491 m DE = -6884.4834 m

DZ = -58.8269 m DU = -404.6323 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 93 21 49.19

Apparent zenith distance = 93 21 33.29

## POLIGONO 1.- LADO AD - 0M

First Station : A

-----

X = 2008416.9174 m LAT = 8 28 7.00000 North  
Y = -5980836.1679 m LON = 71 26 15.00000 West  
Z = 933072.4729 m EHT = 0.0000 Meters

Second Station : D

-----

X = 2008577.9330 m LAT = 8 26 15.00000 North  
Y = -5981315.6541 m LON = 71 26 15.00000 West  
Z = 929669.0168 m EHT = 0.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 180 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 0 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 3440.8352 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 3440.8351 m

DX = 161.0156 m DN = -3440.8350 m

DY = -479.4862 m DE = 0.0000 m

DZ = -3403.4561 m DU = -0.9342 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 56.00

Apparent zenith distance = 90 0 48.00

## POLIGONO 1.- LADO AD - 500M

First Station : A

-----

X = 2008574.3514 m LAT = 8 28 7.00000 North  
Y = -5981304.9884 m LON = 71 26 15.00000 West  
Z = 933146.1067 m EHT = 500.0000 Meters

Second Station : D

-----

X = 2008735.3797 m LAT = 8 26 15.00000 North  
Y = -5981784.5124 m LON = 71 26 15.00000 West  
Z = 929742.3821 m EHT = 500.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 180 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 0 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 3440.8352 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 3441.1066 m

DX = 161.0283 m DN = -3441.1065 m

DY = -479.5240 m DE = 0.0000 m

DZ = -3403.7246 m DU = -0.9342 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 56.00

Apparent zenith distance = 90 0 48.00

## POLIGONO 1.- LADO AD - 1000M

First Station : A

-----

X = 2008731.7854 m LAT = 8 28 7.00000 North  
Y = -5981773.8088 m LON = 71 26 15.00000 West  
Z = 933219.7405 m EHT = 1000.0000 Meters

Second Station : D

-----

X = 2008892.8264 m LAT = 8 26 15.00000 North  
Y = -5982253.3707 m LON = 71 26 15.00000 West  
Z = 929815.7473 m EHT = 1000.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 180 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 0 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 3440.8352 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 3441.3781 m

DX = 161.0411 m DN = -3441.3780 m

DY = -479.5619 m DE = 0.0000 m

DZ = -3403.9932 m DU = -0.9343 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 56.00

Apparent zenith distance = 90 0 48.00

## POLIGONO 1.- LADO AD - 1500M

First Station : A

-----

X = 2008889.2194 m LAT = 8 28 7.00000 North  
Y = -5982242.6293 m LON = 71 26 15.00000 West  
Z = 933293.3743 m EHT = 1500.0000 Meters

Second Station : D

-----

X = 2009050.2731 m LAT = 8 26 15.00000 North  
Y = -5982722.2290 m LON = 71 26 15.00000 West  
Z = 929889.1125 m EHT = 1500.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 180 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 0 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 3440.8352 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 3441.6496 m

DX = 161.0538 m DN = -3441.6495 m

DY = -479.5997 m DE = 0.0000 m

DZ = -3404.2617 m DU = -0.9344 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 56.00

Apparent zenith distance = 90 0 48.00

## POLIGONO 1.- LADO CD - 0M

First Station : C

-----

X = 2015101.3400 m LAT = 8 26 15.00000 North  
Y = -5979121.0773 m LON = 71 22 30.00000 West  
Z = 929669.0168 m EHT = 0.0000 Meters

Second Station : D

-----

X = 2008577.9330 m LAT = 8 26 15.00000 North  
Y = -5981315.6541 m LON = 71 26 15.00000 West  
Z = 929669.0168 m EHT = 0.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 270 0 16.5072 From North

Back azimuth BAZ = 89 59 43.4928 From North

Ellipsoidal distance S = 6882.6601 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 6882.6598 m

DX = -6523.4069 m DN = 0.5508 m

DY = -2194.5768 m DE = -6882.6587 m

DZ = 0.0000 m DU = -3.7133 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 1 51.28

Apparent zenith distance = 90 1 35.38

## POLIGONO 1.- LADO CD - 500M

First Station : C

-----

X = 2015259.2980 m LAT = 8 26 15.00000 North  
Y = -5979589.7636 m LON = 71 22 30.00000 West  
Z = 929742.3821 m EHT = 500.0000 Meters

Second Station : D

-----

X = 2008735.3797 m LAT = 8 26 15.00000 North  
Y = -5981784.5124 m LON = 71 26 15.00000 West  
Z = 929742.3821 m EHT = 500.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 270 0 16.5072 From North

Back azimuth BAZ = 89 59 43.4928 From North

Ellipsoidal distance S = 6882.6601 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 6883.1993 m

DX = -6523.9183 m DN = 0.5509 m

DY = -2194.7488 m DE = -6883.1982 m

DZ = 0.0000 m DU = -3.7136 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 1 51.28

Apparent zenith distance = 90 1 35.38

## POLIGONO 1.- LADO CD - 1000M

First Station : C

-----

X = 2015417.2561 m LAT = 8 26 15.00000 North  
Y = -5980058.4498 m LON = 71 22 30.00000 West  
Z = 929815.7473 m EHT = 1000.0000 Meters

Second Station : D

-----

X = 2008892.8264 m LAT = 8 26 15.00000 North  
Y = -5982253.3707 m LON = 71 26 15.00000 West  
Z = 929815.7473 m EHT = 1000.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 270 0 16.5072 From North

Back azimuth BAZ = 89 59 43.4928 From North

Ellipsoidal distance S = 6882.6601 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 6883.7388 m

DX = -6524.4296 m DN = 0.5509 m

DY = -2194.9209 m DE = -6883.7378 m

DZ = 0.0000 m DU = -3.7139 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 1 51.28

Apparent zenith distance = 90 1 35.38



## POLIGONO 1.- LADO CD - 1500M

First Station : C

-----

X = 2015575.2141 m LAT = 8 26 15.00000 North  
Y = -5980527.1360 m LON = 71 22 30.00000 West  
Z = 929889.1125 m EHT = 1500.0000 Meters

Second Station : D

-----

X = 2009050.2731 m LAT = 8 26 15.00000 North  
Y = -5982722.2290 m LON = 71 26 15.00000 West  
Z = 929889.1125 m EHT = 1500.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 270 0 16.5072 From North

Back azimuth BAZ = 89 59 43.4928 From North

Ellipsoidal distance S = 6882.6601 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 6884.2783 m

DX = -6524.9410 m DN = 0.5509 m

DY = -2195.0929 m DE = -6884.2773 m

DZ = 0.0000 m DU = -3.7142 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 1 51.28

Apparent zenith distance = 90 1 35.38

## POLIGONO 2.- LADO AB – 3D

First Station : A

-----

X = 1998772.6656 m LAT = 8 28 7.00000 North  
Y = -5984498.9514 m LON = 71 31 52.00000 West  
Z = 933133.5948 m EHT = 415.0400 Meters

Second Station : B

-----

X = 1999532.4173 m LAT = 8 24 23.00000 North  
Y = -5986773.7140 m LON = 71 31 52.00000 West  
Z = 926531.1575 m EHT = 1818.5880 Meters

Forward azimuth FAZ = 180 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 0 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 6881.6649 m

Delta height dh = 1403.5480 m

Mark-to-mark distance D = 7024.5247 m

DX = 759.7517 m DN = -6883.6385 m

DY = -2274.7627 m DE = 0.0000 m

DZ = -6602.4374 m DU = 1399.8102 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 78 30 19.62

Apparent zenith distance = 78 30 3.62

## POLIGONO 2.- LADO AD – 3D

First Station : A

-----

X = 1998772.6656 m LAT = 8 28 7.00000 North  
Y = -5984498.9514 m LON = 71 31 52.00000 West  
Z = 933133.5948 m EHT = 415.0400 Meters

Second Station : D

-----

X = 2002037.6947 m LAT = 8 28 7.00000 North  
Y = -5983556.3582 m LON = 71 30 1.00000 West  
Z = 933154.6176 m EHT = 557.7920 Meters

Forward azimuth FAZ = 89 59 51.8266 From North

Back azimuth BAZ = 270 0 8.1734 From North

Ellipsoidal distance S = 3395.1735 m

Delta height dh = 142.7520 m

Mark-to-mark distance D = 3398.4318 m

DX = 3265.0291 m DN = 0.1345 m

DY = 942.5931 m DE = 3395.4702 m

DZ = 21.0227 m DU = 141.8483 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 87 36 28.14

Apparent zenith distance = 87 36 20.30

## POLIGONO 2.- LADO BC – 3D

First Station : B

-----

X = 1999532.4173 m LAT = 8 24 23.00000 North  
Y = -5986773.7140 m LON = 71 31 52.00000 West  
Z = 926531.1575 m EHT = 1818.5880 Meters

Second Station : C

-----

X = 2002640.7441 m LAT = 8 24 23.00000 North  
Y = -5985358.7118 m LON = 71 30 1.00000 West  
Z = 926478.4700 m EHT = 1458.1920 Meters

Forward azimuth FAZ = 89 59 51.8863 From North

Back azimuth BAZ = 270 0 8.1137 From North

Ellipsoidal distance S = 3395.7168 m

Delta height dh = -360.3960 m

Mark-to-mark distance D = 3415.6555 m

DX = 3108.3267 m DN = 0.1336 m

DY = 1415.0022 m DE = 3396.4930 m

DZ = -52.6875 m DU = -361.3001 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 96 4 19.10

Apparent zenith distance = 96 4 11.26

## POLIGONO 2 - LADO CD - 3D

First Station : C

-----

X = 2002640.7441 m LAT = 8 24 23.00000 North

Y = -5985358.7118 m LON = 71 30 1.00000 West

Z = 926478.4700 m EHT = 1458.1920 Meters

Second Station : D

-----

X = 2002037.6947 m LAT = 8 28 7.00000 North

Y = -5983556.3582 m LON = 71 30 1.00000 West

Z = 933154.6176 m EHT = 557.7920 Meters

Forward azimuth FAZ = 0 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 180 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 6881.6649 m

Delta height dh = -900.4000 m

Mark-to-mark distance D = 6941.4043 m

DX = -603.0494 m DN = 6882.2693 m

DY = 1802.3536 m DE = 0.0000 m

DZ = 6676.1476 m DU = -904.1370 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 97 29 3.11

Apparent zenith distance = 97 28 47.11

POLIGONO 2 - LADO AD – 0m

First Station : A

-----

X = 1998642.6188 m LAT = 8 28 7.00000 North  
Y = -5984109.5799 m LON = 71 31 52.00000 West  
Z = 933072.4729 m EHT = 0.0000 Meters

Second Station : D

-----

X = 2001862.6370 m LAT = 8 28 7.00000 North  
Y = -5983033.1575 m LON = 71 30 1.00000 West  
Z = 933072.4729 m EHT = 0.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 89 59 51.8266 From North

Back azimuth BAZ = 270 0 8.1734 From North

Ellipsoidal distance S = 3395.1735 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 3395.1734 m

DX = 3220.0182 m DN = 0.1345 m

DY = 1076.4223 m DE = 3395.1733 m

DZ = 0.0000 m DU = -0.9036 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 54.89

Apparent zenith distance = 90 0 47.05

## POLIGONO 2 – LADO AD – 500m

First Station : A

-----

X = 1998799.2866 m LAT = 8 28 7.00000 North  
Y = -5984578.6569 m LON = 71 31 52.00000 West  
Z = 933146.1067 m EHT = 500.0000 Meters

Second Station : D

-----

X = 2002019.5572 m LAT = 8 28 7.00000 North  
Y = -5983502.1502 m LON = 71 30 1.00000 West  
Z = 933146.1067 m EHT = 500.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 89 59 51.8266 From North

Back azimuth BAZ = 270 0 8.1734 From North

Ellipsoidal distance S = 3395.1735 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 3395.4396 m

DX = 3220.2706 m DN = 0.1345 m

DY = 1076.5067 m DE = 3395.4394 m

DZ = 0.0000 m DU = -0.9037 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 54.89

Apparent zenith distance = 90 0 47.05

## POLIGONO 2 – LADO AD – 1000m

First Station : A

-----

X = 1998955.9544 m LAT = 8 28 7.00000 North  
Y = -5985047.7340 m LON = 71 31 52.00000 West  
Z = 933219.7405 m EHT = 1000.0000 Meters

Second Station : D

-----

X = 2002176.4775 m LAT = 8 28 7.00000 North  
Y = -5983971.1429 m LON = 71 30 1.00000 West  
Z = 933219.7405 m EHT = 1000.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 89 59 51.8266 From North

Back azimuth BAZ = 270 0 8.1734 From North

Ellipsoidal distance S = 3395.1735 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 3395.7057 m

DX = 3220.5231 m DN = 0.1346 m

DY = 1076.5911 m DE = 3395.7056 m

DZ = 0.0000 m DU = -0.9037 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 54.89

Apparent zenith distance = 90 0 47.05



## POLIGONO 2 – LADO AD – 1500m

First Station : A

-----

X = 1999112.6222 m LAT = 8 28 7.00000 North  
Y = -5985516.8110 m LON = 71 31 52.00000 West  
Z = 933293.3743 m EHT = 1500.0000 Meters

Second Station : D

-----

X = 2002333.3977 m LAT = 8 28 7.00000 North  
Y = -5984440.1355 m LON = 71 30 1.00000 West  
Z = 933293.3743 m EHT = 1500.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 89 59 51.8266 From North

Back azimuth BAZ = 270 0 8.1734 From North

Ellipsoidal distance S = 3395.1735 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 3395.9718 m

DX = 3220.7755 m DN = 0.1346 m

DY = 1076.6755 m DE = 3395.9717 m

DZ = 0.0000 m DU = -0.9038 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 54.89

Apparent zenith distance = 90 0 47.05

POLIGONO 2 – LADO CD –0m

First Station : C

-----

X = 2002183.0307 m LAT = 8 24 23.00000 North

Y = -5983990.7288 m LON = 71 30 1.00000 West

Z = 926265.2920 m EHT = 0.0000 Meters

Second Station : D

-----

X = 2001862.6370 m LAT = 8 28 7.00000 North

Y = -5983033.1575 m LON = 71 30 1.00000 West

Z = 933072.4729 m EHT = 0.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 0 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 180 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 6881.6649 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 6881.6645 m

DX = -320.3937 m DN = 6881.6635 m

DY = 957.5713 m DE = 0.0000 m

DZ = 6807.1809 m DU = -3.7367 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 1 52.00

Apparent zenith distance = 90 1 36.00

## POLIGONO 2 – LADO CD –500m

First Station : C

-----

X = 2002339.9762 m LAT = 8 24 23.00000 North  
Y = -5984459.7970 m LON = 71 30 1.00000 West  
Z = 926338.3887 m EHT = 500.0000 Meters

Second Station : D

-----

X = 2002019.5572 m LAT = 8 28 7.00000 North  
Y = -5983502.1502 m LON = 71 30 1.00000 West  
Z = 933146.1067 m EHT = 500.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 0 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 180 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 6881.6649 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 6882.2075 m

DX = -320.4190 m DN = 6882.2065 m

DY = 957.6468 m DE = 0.0000 m

DZ = 6807.7180 m DU = -3.7370 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 1 52.00

Apparent zenith distance = 90 1 36.00

## POLIGONO 2 – LADO CD –1000m

First Station : C

-----

X = 2002496.9217 m LAT = 8 24 23.00000 North

Y = -5984928.8652 m LON = 71 30 1.00000 West

Z = 926411.4853 m EHT = 1000.0000 Meters

Second Station : D

-----

X = 2002176.4775 m LAT = 8 28 7.00000 North

Y = -5983971.1429 m LON = 71 30 1.00000 West

Z = 933219.7405 m EHT = 1000.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 0 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 180 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 6881.6649 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 6882.7505 m

DX = -320.4443 m DN = 6882.7495 m

DY = 957.7224 m DE = 0.0000 m

DZ = 6808.2551 m DU = -3.7373 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 1 52.00

Apparent zenith distance = 90 1 36.00

## POLIGONO 2 – LADO CD –1500m

First Station : C

-----

X = 2002653.8672 m LAT = 8 24 23.00000 North

Y = -5985397.9335 m LON = 71 30 1.00000 West

Z = 926484.5820 m EHT = 1500.0000 Meters

Second Station : D

-----

X = 2002333.3977 m LAT = 8 28 7.00000 North

Y = -5984440.1355 m LON = 71 30 1.00000 West

Z = 933293.3743 m EHT = 1500.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 0 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 180 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 6881.6649 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 6883.2935 m

DX = -320.4695 m DN = 6883.2925 m

DY = 957.7979 m DE = 0.0000 m

DZ = 6808.7923 m DU = -3.7376 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 1 52.00

Apparent zenith distance = 90 1 36.00

### POLIGONO 3 – LADO AB – 3D

First Station : A

-----

X = 2514211.4073 m LAT = 10 26 14.00000 North

Y = -5747964.8665 m LON = 66 22 30.00000 West

Z = 1147932.4200 m EHT = 498.2940 Meters

Second Station : B

-----

X = 2520423.7665 m LAT = 10 26 14.00000 North

Y = -5745090.7634 m LON = 66 18 45.00000 West

Z = 1147906.6514 m EHT = 356.0500 Meters

Forward azimuth FAZ = 89 59 39.6197 From North

Back azimuth BAZ = 270 0 20.3803 From North

Ellipsoidal distance S = 6843.1016 m

Delta height dh = -142.2440 m

Mark-to-mark distance D = 6845.0376 m

DX = 6212.3592 m DN = 0.6762 m

DY = 2874.1031 m DE = 6843.4822 m

DZ = -25.7687 m DU = -145.9148 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 91 13 17.25

Apparent zenith distance = 91 13 1.45

### POLIGONO 3 – LADO AD – 3D

First Station : A

-----

X = 2514211.4073 m LAT = 10 26 14.00000 North

Y = -5747964.8665 m LON = 66 22 30.00000 West

Z = 1147932.4200 m EHT = 498.2940 Meters

Second Station : D

-----

X = 2514458.6789 m LAT = 10 24 23.00000 North

Y = -5748530.1764 m LON = 66 22 30.00000 West

Z = 1144577.9334 m EHT = 498.3340 Meters

Forward azimuth FAZ = 180 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 0 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 3410.4941 m

Delta height dh = 0.0400 m

Mark-to-mark distance D = 3410.7622 m

DX = 247.2716 m DN = -3410.7621 m

DY = -565.3099 m DE = 0.0000 m

DZ = -3354.4866 m DU = -0.8777 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 53.08

Apparent zenith distance = 90 0 45.15

### POLIGONO 3 – LADO CB – 3D

First Station : C

-----

X = 2520609.4292 m LAT = 10 24 23.00000 North

Y = -5745513.9656 m LON = 66 18 45.00000 West

Z = 1144523.7977 m EHT = 198.6270 Meters

Second Station : B

-----

X = 2520423.7665 m LAT = 10 26 14.00000 North

Y = -5745090.7634 m LON = 66 18 45.00000 West

Z = 1147906.6514 m EHT = 356.0500 Meters

Forward azimuth FAZ = 0 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 180 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 3410.4941 m

Delta height dh = 157.4230 m

Mark-to-mark distance D = 3414.2744 m

DX = -185.6627 m DN = 3410.6855 m

DY = 423.2022 m DE = 0.0000 m

DZ = 3382.8537 m DU = 156.5053 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 87 22 21.81

Apparent zenith distance = 87 22 13.88



### POLIGONO 3 – LADO CD – 3D

First Station : C

-----

X = 2520609.4292 m LAT = 10 24 23.00000 North

Y = -5745513.9656 m LON = 66 18 45.00000 West

Z = 1144523.7977 m EHT = 198.6270 Meters

Second Station : D

-----

X = 2514458.6789 m LAT = 10 24 23.00000 North

Y = -5748530.1764 m LON = 66 22 30.00000 West

Z = 1144577.9334 m EHT = 498.3340 Meters

Forward azimuth FAZ = 270 0 20.3207 From North

Back azimuth BAZ = 89 59 39.6793 From North

Ellipsoidal distance S = 6843.7745 m

Delta height dh = 299.7070 m

Mark-to-mark distance D = 6850.7071 m

DX = -6150.7503 m DN = 0.6743 m

DY = -3016.2108 m DE = -6844.3078 m

DZ = 54.1357 m DU = 296.0354 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 87 31 24.03

Apparent zenith distance = 87 31 8.22

POLIGONO 3 – LADO AD – 0m

First Station : A

-----  
X = 2514015.0206 m LAT = 10 26 14.00000 North  
Y = -5747515.8893 m LON = 66 22 30.00000 West  
Z = 1147842.1500 m EHT = 0.0000 Meters

Second Station : D

-----  
X = 2514262.2570 m LAT = 10 24 23.00000 North  
Y = -5748081.1187 m LON = 66 22 30.00000 West  
Z = 1144487.9199 m EHT = 0.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 180 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 0 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 3410.4941 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 3410.4940 m

DX = 247.2364 m DN = -3410.4939 m

DY = -565.2294 m DE = 0.0000 m

DZ = -3354.2301 m DU = -0.9177 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 55.50

Apparent zenith distance = 90 0 47.57

### POLIGONO 3 – LADO AD – 500m

First Station : A

-----

X = 2514212.0796 m LAT = 10 26 14.00000 North

Y = -5747966.4037 m LON = 66 22 30.00000 West

Z = 1147932.7291 m EHT = 500.0000 Meters

Second Station : D

-----

X = 2514459.3355 m LAT = 10 24 23.00000 North

Y = -5748531.6777 m LON = 66 22 30.00000 West

Z = 1144578.2344 m EHT = 500.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 180 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 0 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 3410.4941 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 3410.7631 m

DX = 247.2559 m DN = -3410.7630 m

DY = -565.2740 m DE = 0.0000 m

DZ = -3354.4947 m DU = -0.9177 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 55.50

Apparent zenith distance = 90 0 47.57

### POLIGONO 3 – LADO AD – 1000m

First Station : A

-----

X = 2514409.1386 m LAT = 10 26 14.00000 North

Y = -5748416.9180 m LON = 66 22 30.00000 West

Z = 1148023.3081 m EHT = 1000.0000 Meters

Second Station : D

-----

X = 2514656.4141 m LAT = 10 24 23.00000 North

Y = -5748982.2366 m LON = 66 22 30.00000 West

Z = 1144668.5488 m EHT = 1000.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 180 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 0 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 3410.4941 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 3411.0322 m

DX = 247.2754 m DN = -3411.0321 m

DY = -565.3186 m DE = 0.0000 m

DZ = -3354.7594 m DU = -0.9178 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 55.50

Apparent zenith distance = 90 0 47.57

### POLIGONO 3 – LADO AD – 1500m

First Station : A

-----

X = 2514606.1977 m LAT = 10 26 14.00000 North

Y = -5748867.4324 m LON = 66 22 30.00000 West

Z = 1148113.8872 m EHT = 1500.0000 Meters

Second Station : D

-----

X = 2514853.4926 m LAT = 10 24 23.00000 North

Y = -5749432.7956 m LON = 66 22 30.00000 West

Z = 1144758.8632 m EHT = 1500.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 180 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 0 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 3410.4941 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 3411.3013 m

DX = 247.2949 m DN = -3411.3011 m

DY = -565.3632 m DE = 0.0000 m

DZ = -3355.0240 m DU = -0.9179 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 55.50

Apparent zenith distance = 90 0 47.57

POLIGONO 3 – LADO CD – 0m

First Station : C

-----

X = 2520530.9437 m LAT = 10 24 23.00000 North

Y = -5745335.0648 m LON = 66 18 45.00000 West

Z = 1144487.9199 m EHT = 0.0000 Meters

Second Station : D

-----

X = 2514262.2570 m LAT = 10 24 23.00000 North

Y = -5748081.1187 m LON = 66 22 30.00000 West

Z = 1144487.9199 m EHT = 0.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 270 0 20.3207 From North

Back azimuth BAZ = 89 59 39.6793 From North

Ellipsoidal distance S = 6843.7745 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 6843.7742 m

DX = -6268.6867 m DN = 0.6742 m

DY = -2746.0540 m DE = -6843.7732 m

DZ = 0.0000 m DU = -3.6713 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 1 50.65

Apparent zenith distance = 90 1 34.84

### POLIGONO 3 – LADO CD – 500m

First Station : C

-----

X = 2520728.5136 m LAT = 10 24 23.00000 North

Y = -5745785.4084 m LON = 66 18 45.00000 West

Z = 1144578.2344 m EHT = 500.0000 Meters

Second Station : D

-----

X = 2514459.3355 m LAT = 10 24 23.00000 North

Y = -5748531.6777 m LON = 66 22 30.00000 West

Z = 1144578.2344 m EHT = 500.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 270 0 20.3207 From North

Back azimuth BAZ = 89 59 39.6793 From North

Ellipsoidal distance S = 6843.7745 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 6844.3107 m

DX = -6269.1781 m DN = 0.6743 m

DY = -2746.2692 m DE = -6844.3096 m

DZ = 0.0000 m DU = -3.6716 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 1 50.65

Apparent zenith distance = 90 1 34.84

### POLIGONO 3 – LADO CD – 1000m

First Station : C

-----

X = 2520926.0835 m LAT = 10 24 23.00000 North

Y = -5746235.7521 m LON = 66 18 45.00000 West

Z = 1144668.5488 m EHT = 1000.0000 Meters

Second Station : D

-----

X = 2514656.4141 m LAT = 10 24 23.00000 North

Y = -5748982.2366 m LON = 66 22 30.00000 West

Z = 1144668.5488 m EHT = 1000.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 270 0 20.3207 From North

Back azimuth BAZ = 89 59 39.6793 From North

Ellipsoidal distance S = 6843.7745 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 6844.8471 m

DX = -6269.6694 m DN = 0.6743 m

DY = -2746.4845 m DE = -6844.8461 m

DZ = 0.0000 m DU = -3.6719 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 1 50.65

Apparent zenith distance = 90 1 34.84



### POLIGONO 3 – LADO CD – 1500m

First Station : C

-----

X = 2521123.6534 m LAT = 10 24 23.00000 North

Y = -5746686.0958 m LON = 66 18 45.00000 West

Z = 1144758.8632 m EHT = 1500.0000 Meters

Second Station : D

-----

X = 2514853.4926 m LAT = 10 24 23.00000 North

Y = -5749432.7956 m LON = 66 22 30.00000 West

Z = 1144758.8632 m EHT = 1500.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 270 0 20.3207 From North

Back azimuth BAZ = 89 59 39.6793 From North

Ellipsoidal distance S = 6843.7745 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 6845.3835 m

DX = -6270.1608 m DN = 0.6744 m

DY = -2746.6997 m DE = -6845.3825 m

DZ = 0.0000 m DU = -3.6722 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 1 50.65

Apparent zenith distance = 90 1 34.84

## POLIGONO 4 – LADO AB – 3D

First Station : A

-----

X = 2525875.7419 m LAT = 10 31 52.00000 North

Y = -5740564.7907 m LON = 66 15 1.00000 West

Z = 1158107.6893 m EHT = 294.1930 Meters

Second Station : B

-----

X = 2529095.7342 m LAT = 10 31 52.00000 North

Y = -5739200.5984 m LON = 66 13 6.00000 West

Z = 1158116.8241 m EHT = 344.1730 Meters

Forward azimuth FAZ = 89 59 49.4908 From North

Back azimuth BAZ = 270 0 10.5092 From North

Ellipsoidal distance S = 3496.5317 m

Delta height dh = 49.9800 m

Mark-to-mark distance D = 3497.0638 m

DX = 3219.9923 m DN = 0.1782 m

DY = 1364.1924 m DE = 3496.7201 m

DZ = 9.1348 m DU = 49.0216 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 89 11 48.50

Apparent zenith distance = 89 11 40.42

## POLIGONO 4 – LADO AD – 3D

First Station : A

-----

X = 2525875.7419 m LAT = 10 31 52.00000 North

Y = -5740564.7907 m LON = 66 15 1.00000 West

Z = 1158107.6893 m EHT = 294.1930 Meters

Second Station : D

-----

X = 2526368.3821 m LAT = 10 28 7.00000 North

Y = -5741684.4155 m LON = 66 15 1.00000 West

Z = 1151303.1624 m EHT = 256.9150 Meters

Forward azimuth FAZ = 180 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 0 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 6913.1975 m

Delta height dh = -37.2780 m

Mark-to-mark distance D = 6913.5982 m

DX = 492.6402 m DN = -6913.4763 m

DY = -1119.6248 m DE = 0.0000 m

DZ = -6804.5269 m DU = -41.0487 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 20 24.68

Apparent zenith distance = 90 20 8.61

## POLIGONO 4 – LADO CB – 3D

First Station : C

-----

X = 2529490.1237 m LAT = 10 28 7.00000 North

Y = -5740095.5745 m LON = 66 13 6.00000 West

Z = 1151266.9368 m EHT = 57.5410 Meters

Second Station : B

-----

X = 2529095.7342 m LAT = 10 31 52.00000 North

Y = -5739200.5984 m LON = 66 13 6.00000 West

Z = 1158116.8241 m EHT = 344.1730 Meters

Forward azimuth FAZ = 0 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 180 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 6913.1975 m

Delta height dh = 286.6320 m

Mark-to-mark distance D = 6919.3556 m

DX = -394.3895 m DN = 6913.5715 m

DY = 894.9762 m DE = 0.0000 m

DZ = 6849.8873 m DU = 282.8612 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 87 39 25.60

Apparent zenith distance = 87 39 9.53

## POLIGONO 4 – LADO CD – 3D

First Station : C

-----

X = 2529490.1237 m LAT = 10 28 7.00000 North

Y = -5740095.5745 m LON = 66 13 6.00000 West

Z = 1151266.9368 m EHT = 57.5410 Meters

Second Station : D

-----

X = 2526368.3821 m LAT = 10 28 7.00000 North

Y = -5741684.4155 m LON = 66 15 1.00000 West

Z = 1151303.1624 m EHT = 256.9150 Meters

Forward azimuth FAZ = 270 0 10.4476 From North

Back azimuth BAZ = 89 59 49.5524 From North

Ellipsoidal distance S = 3497.2341 m

Delta height dh = 199.3740 m

Mark-to-mark distance D = 3502.9985 m

DX = -3121.7416 m DN = 0.1771 m

DY = -1588.8410 m DE = -3497.3747 m

DZ = 36.2256 m DU = 198.4153 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 86 45 10.59

Apparent zenith distance = 86 45 2.51

POLIGONO 4 – LADO AD – 0m

First Station : A

-----

X = 2525759.2537 m LAT = 10 31 52.00000 North

Y = -5740300.0477 m LON = 66 15 1.00000 West

Z = 1158053.9198 m EHT = 0.0000 Meters

Second Station : D

-----

X = 2526266.6339 m LAT = 10 28 7.00000 North

Y = -5741453.1721 m LON = 66 15 1.00000 West

Z = 1151256.4818 m EHT = 0.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 180 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 0 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 6913.1975 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 6913.1971 m

DX = 507.3802 m DN = -6913.1961 m

DY = -1153.1243 m DE = 0.0000 m

DZ = -6797.4380 m DU = -3.7706 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 1 52.50

Apparent zenith distance = 90 1 36.43

## POLIGONO 4 – LADO AD – 500m

First Station : A

-----

X = 2525957.2329 m LAT = 10 31 52.00000 North

Y = -5740749.9956 m LON = 66 15 1.00000 West

Z = 1158145.3045 m EHT = 500.0000 Meters

Second Station : D

-----

X = 2526464.6531 m LAT = 10 28 7.00000 North

Y = -5741903.2109 m LON = 66 15 1.00000 West

Z = 1151347.3302 m EHT = 500.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 180 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 0 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 6913.1975 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 6913.7425 m

DX = 507.4202 m DN = -6913.7415 m

DY = -1153.2153 m DE = 0.0000 m

DZ = -6797.9743 m DU = -3.7709 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 1 52.50

Apparent zenith distance = 90 1 36.43

## POLIGONO 4 – LADO AD – 1000m

First Station : A

-----

X = 2526155.2121 m LAT = 10 31 52.00000 North

Y = -5741199.9434 m LON = 66 15 1.00000 West

Z = 1158236.6892 m EHT = 1000.0000 Meters

Second Station : D

-----

X = 2526662.6723 m LAT = 10 28 7.00000 North

Y = -5742353.2497 m LON = 66 15 1.00000 West

Z = 1151438.1786 m EHT = 1000.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 180 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 0 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 6913.1975 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 6914.2879 m

DX = 507.4602 m DN = -6914.2869 m

DY = -1153.3063 m DE = 0.0000 m

DZ = -6798.5106 m DU = -3.7712 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 1 52.50

Apparent zenith distance = 90 1 36.43



## POLIGONO 4 – LADO AD – 1500m

First Station : A

-----

X = 2526353.1913 m LAT = 10 31 52.00000 North

Y = -5741649.8913 m LON = 66 15 1.00000 West

Z = 1158328.0739 m EHT = 1500.0000 Meters

Second Station : D

-----

X = 2526860.6915 m LAT = 10 28 7.00000 North

Y = -5742803.2886 m LON = 66 15 1.00000 West

Z = 1151529.0270 m EHT = 1500.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 180 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 0 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 6913.1975 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 6914.8334 m

DX = 507.5003 m DN = -6914.8323 m

DY = -1153.3973 m DE = 0.0000 m

DZ = -6799.0469 m DU = -3.7715 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 1 52.50

Apparent zenith distance = 90 1 36.43

POLIGONO 4 – LADO CD –0m

First Station : D

-----

X = 2526266.6339 m LAT = 10 28 7.00000 North

Y = -5741453.1721 m LON = 66 15 1.00000 West

Z = 1151256.4818 m EHT = 0.0000 Meters

Second Station : C

-----

X = 2529467.3064 m LAT = 10 28 7.00000 North

Y = -5740043.7958 m LON = 66 13 6.00000 West

Z = 1151256.4818 m EHT = 0.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 89 59 49.5524 From North

Back azimuth BAZ = 270 0 10.4476 From North

Ellipsoidal distance S = 3497.2341 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 3497.2340 m

DX = 3200.6725 m DN = 0.1771 m

DY = 1409.3762 m DE = 3497.2339 m

DZ = 0.0000 m DU = -0.9587 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 56.54

Apparent zenith distance = 90 0 48.47

## POLIGONO 4 – LADO CD –500m

First Station : D

-----

X = 2526464.6531 m LAT = 10 28 7.00000 North

Y = -5741903.2109 m LON = 66 15 1.00000 West

Z = 1151347.3302 m EHT = 500.0000 Meters

Second Station : C

-----

X = 2529665.5765 m LAT = 10 28 7.00000 North

Y = -5740493.7242 m LON = 66 13 6.00000 West

Z = 1151347.3302 m EHT = 500.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 89 59 49.5524 From North

Back azimuth BAZ = 270 0 10.4476 From North

Ellipsoidal distance S = 3497.2341 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 3497.5081 m

DX = 3200.9234 m DN = 0.1772 m

DY = 1409.4867 m DE = 3497.5080 m

DZ = 0.0000 m DU = -0.9588 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 56.54

Apparent zenith distance = 90 0 48.47

## POLIGONO 4 – LADO CD –1000m

First Station : D

-----

X = 2526662.6723 m LAT = 10 28 7.00000 North  
Y = -5742353.2497 m LON = 66 15 1.00000 West  
Z = 1151438.1786 m EHT = 1000.0000 Meters

Second Station : C

-----

X = 2529863.8466 m LAT = 10 28 7.00000 North  
Y = -5740943.6526 m LON = 66 13 6.00000 West  
Z = 1151438.1786 m EHT = 1000.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 89 59 49.5524 From North

Back azimuth BAZ = 270 0 10.4476 From North

Ellipsoidal distance S = 3497.2341 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 3497.7823 m

DX = 3201.1743 m DN = 0.1772 m

DY = 1409.5971 m DE = 3497.7821 m

DZ = 0.0000 m DU = -0.9588 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 56.54

Apparent zenith distance = 90 0 48.47

## POLIGONO 4 – LADO CD –1500m

First Station : D

-----

X = 2526860.6915 m LAT = 10 28 7.00000 North  
Y = -5742803.2886 m LON = 66 15 1.00000 West  
Z = 1151529.0270 m EHT = 1500.0000 Meters

Second Station : C

-----

X = 2530062.1167 m LAT = 10 28 7.00000 North  
Y = -5741393.5809 m LON = 66 13 6.00000 West  
Z = 1151529.0270 m EHT = 1500.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 89 59 49.5524 From North

Back azimuth BAZ = 270 0 10.4476 From North

Ellipsoidal distance S = 3497.2341 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 3498.0564 m

DX = 3201.4251 m DN = 0.1772 m

DY = 1409.7076 m DE = 3498.0563 m

DZ = 0.0000 m DU = -0.9589 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 56.54

Apparent zenith distance = 90 0 48.47

### POLIGONO 3-I – LADO AA' – 3D

First Station : A

-----

X = 2514211.4073 m LAT = 10 26 14.00000 North

Y = -5747964.8665 m LON = 66 22 30.00000 West

Z = 1147932.4200 m EHT = 498.2940 Meters

Second Station : A'

-----

X = 2517317.9962 m LAT = 10 26 14.00000 North

Y = -5746528.6544 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1147919.5357 m EHT = 427.1720 Meters

Forward azimuth FAZ = 89 59 49.8099 From North

Back azimuth BAZ = 270 0 10.1901 From North

Ellipsoidal distance S = 3421.5508 m

Delta height dh = -71.1220 m

Mark-to-mark distance D = 3422.5380 m

DX = 3106.5890 m DN = 0.1690 m

DY = 1436.2121 m DE = 3421.7798 m

DZ = -12.8843 m DU = -72.0397 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 91 12 21.91

Apparent zenith distance = 91 12 14.01

### POLIGONO 3-I – LADO A''A' – 3D

First Station : A''

-----

X = 2517426.3404 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5746775.9823 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1146235.2309 m EHT = 387.8260 Meters

Second Station : A'

-----

X = 2517317.9962 m LAT = 10 26 14.00000 North

Y = -5746528.6544 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1147919.5357 m EHT = 427.1720 Meters

Forward azimuth FAZ = 0 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 180 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 1705.2479 m

Delta height dh = 39.3460 m

Mark-to-mark distance D = 1705.8113 m

DX = -108.3442 m DN = 1705.3628 m

DY = 247.3279 m DE = 0.0000 m

DZ = 1684.3048 m DU = 39.1166 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 88 41 9.65

Apparent zenith distance = 88 41 5.69

### POLIGONO 3-I – LADO AD' – 3D

First Station : A

-----

X = 2514211.4073 m LAT = 10 26 14.00000 North

Y = -5747964.8665 m LON = 66 22 30.00000 West

Z = 1147932.4200 m EHT = 498.2940 Meters

Second Station : D'

-----

X = 2514335.1336 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5748247.7283 m LON = 66 22 30.00000 West

Z = 1146255.2174 m EHT = 498.3140 Meters

Forward azimuth FAZ = 180 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 0 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 1705.2479 m

Delta height dh = 0.0200 m

Mark-to-mark distance D = 1705.3819 m

DX = 123.7263 m DN = -1705.3819 m

DY = -282.8618 m DE = 0.0000 m

DZ = -1677.2026 m DU = -0.2094 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 25.33

Apparent zenith distance = 90 0 21.37



### POLIGONO 3-I – LADO A''D' – 3D

First Station : A''

-----

X = 2517426.3404 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5746775.9823 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1146235.2309 m EHT = 387.8260 Meters

Second Station : D'

-----

X = 2514335.1336 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5748247.7283 m LON = 66 22 30.00000 West

Z = 1146255.2174 m EHT = 498.3140 Meters

Forward azimuth FAZ = 270 0 10.1753 From North

Back azimuth BAZ = 89 59 49.8247 From North

Ellipsoidal distance S = 3421.7192 m

Delta height dh = 110.4880 m

Mark-to-mark distance D = 3423.7400 m

DX = -3091.2069 m DN = 0.1688 m

DY = -1471.7460 m DE = -3421.9863 m

DZ = 19.9866 m DU = 109.5702 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 88 9 57.77

Apparent zenith distance = 88 9 49.86

POLIGONO 3-I – LADO AA' – 0m

First Station : A

-----

X = 2514015.0206 m LAT = 10 26 14.00000 North

Y = -5747515.8893 m LON = 66 22 30.00000 West

Z = 1147842.1500 m EHT = 0.0000 Meters

Second Station : A'

-----

X = 2517149.4301 m LAT = 10 26 14.00000 North

Y = -5746143.8520 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1147842.1500 m EHT = 0.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 89 59 49.8099 From North

Back azimuth BAZ = 270 0 10.1901 From North

Ellipsoidal distance S = 3421.5508 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 3421.5507 m

DX = 3134.4095 m DN = 0.1690 m

DY = 1372.0373 m DE = 3421.5506 m

DZ = 0.0000 m DU = -0.9176 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 55.32

Apparent zenith distance = 90 0 47.42

POLIGONO 3-I – LADO AA' – 500m

First Station : A

-----

X = 2514212.0796 m LAT = 10 26 14.00000 North

Y = -5747966.4037 m LON = 66 22 30.00000 West

Z = 1147932.7291 m EHT = 500.0000 Meters

Second Station : A'

-----

X = 2517346.7349 m LAT = 10 26 14.00000 North

Y = -5746594.2588 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1147932.7291 m EHT = 500.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 89 59 49.8099 From North

Back azimuth BAZ = 270 0 10.1901 From North

Ellipsoidal distance S = 3421.5508 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 3421.8189 m

DX = 3134.6552 m DN = 0.1690 m

DY = 1372.1448 m DE = 3421.8188 m

DZ = 0.0000 m DU = -0.9177 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 55.32

Apparent zenith distance = 90 0 47.42

POLIGONO 3-I – LADO AA' – 1000m

First Station : A

-----

X = 2514409.1386 m LAT = 10 26 14.00000 North

Y = -5748416.9180 m LON = 66 22 30.00000 West

Z = 1148023.3081 m EHT = 1000.0000 Meters

Second Station : A'

-----

X = 2517544.0396 m LAT = 10 26 14.00000 North

Y = -5747044.6656 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1148023.3081 m EHT = 1000.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 89 59 49.8099 From North

Back azimuth BAZ = 270 0 10.1901 From North

Ellipsoidal distance S = 3421.5508 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 3422.0871 m

DX = 3134.9009 m DN = 0.1691 m

DY = 1372.2524 m DE = 3422.0870 m

DZ = 0.0000 m DU = -0.9178 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 55.32

Apparent zenith distance = 90 0 47.42

POLIGONO 3-I – LADO AA' – 1500m

First Station : A

-----

X = 2514606.1977 m LAT = 10 26 14.00000 North

Y = -5748867.4324 m LON = 66 22 30.00000 West

Z = 1148113.8872 m EHT = 1500.0000 Meters

Second Station : A'

-----

X = 2517741.3443 m LAT = 10 26 14.00000 North

Y = -5747495.0725 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1148113.8872 m EHT = 1500.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 89 59 49.8099 From North

Back azimuth BAZ = 270 0 10.1901 From North

Ellipsoidal distance S = 3421.5508 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 3422.3553 m

DX = 3135.1466 m DN = 0.1691 m

DY = 1372.3599 m DE = 3422.3552 m

DZ = 0.0000 m DU = -0.9179 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 55.32

Apparent zenith distance = 90 0 47.42

POLIGONO 3-I – LADO AD' –0m

First Station : A

-----

X = 2514015.0206 m LAT = 10 26 14.00000 North

Y = -5747515.8893 m LON = 66 22 30.00000 West

Z = 1147842.1500 m EHT = 0.0000 Meters

Second Station : D'

-----

X = 2514138.7293 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5747798.7109 m LON = 66 22 30.00000 West

Z = 1146165.0757 m EHT = 0.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 180 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 0 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 1705.2479 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 1705.2479 m

DX = 123.7087 m DN = -1705.2478 m

DY = -282.8216 m DE = 0.0000 m

DZ = -1677.0744 m DU = -0.2294 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 27.75

Apparent zenith distance = 90 0 23.7

POLIGONO 3-I – LADO AD' –500m

First Station : A

-----

X = 2514212.0796 m LAT = 10 26 14.00000 North

Y = -5747966.4037 m LON = 66 22 30.00000 West

Z = 1147932.7291 m EHT = 500.0000 Meters

Second Station : D'

-----

X = 2514335.7981 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5748249.2476 m LON = 66 22 30.00000 West

Z = 1146255.5224 m EHT = 500.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 180 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 0 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 1705.2479 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 1705.3824 m

DX = 123.7184 m DN = -1705.3824 m

DY = -282.8439 m DE = 0.0000 m

DZ = -1677.2067 m DU = -0.2294 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 27.75

Apparent zenith distance = 90 0 23.79

POLIGONO 3-I – LADO AD' –1000m

First Station : A

-----

X = 2514409.1386 m LAT = 10 26 14.00000 North

Y = -5748416.9180 m LON = 66 22 30.00000 West

Z = 1148023.3081 m EHT = 1000.0000 Meters

Second Station : D'

-----

X = 2514532.8669 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5748699.7842 m LON = 66 22 30.00000 West

Z = 1146345.9691 m EHT = 1000.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 180 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 0 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 1705.2479 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 1705.5169 m

DX = 123.7282 m DN = -1705.5169 m

DY = -282.8662 m DE = 0.0000 m

DZ = -1677.3390 m DU = -0.2295 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 27.75

Apparent zenith distance = 90 0 23.79



POLIGONO 3-I – LADO AD' –1500m

First Station : A

-----

X = 2514606.1977 m LAT = 10 26 14.00000 North

Y = -5748867.4324 m LON = 66 22 30.00000 West

Z = 1148113.8872 m EHT = 1500.0000 Meters

Second Station : D'

-----

X = 2514729.9356 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5749150.3209 m LON = 66 22 30.00000 West

Z = 1146436.4159 m EHT = 1500.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 180 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 0 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 1705.2479 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 1705.6515 m

DX = 123.7380 m DN = -1705.6514 m

DY = -282.8885 m DE = 0.0000 m

DZ = -1677.4713 m DU = -0.2295 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 27.75

Apparent zenith distance = 90 0 23.79

### POLIGONO 3-II – LADO A'D'' –3D

First Station : A'

-----

X = 2517317.9962 m LAT = 10 26 14.00000 North

Y = -5746528.6544 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1147919.5357 m EHT = 427.1720 Meters

Second Station : A''

-----

X = 2517426.3404 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5746775.9823 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1146235.2309 m EHT = 387.8260 Meters

Forward azimuth FAZ = 180 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 0 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 1705.2479 m

Delta height dh = -39.3460 m

Mark-to-mark distance D = 1705.8113 m

DX = 108.3442 m DN = -1705.3522 m

DY = -247.3279 m DE = 0.0000 m

DZ = -1684.3048 m DU = -39.5754 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 91 19 45.85

Apparent zenith distance = 91 19 41.88

### POLIGONO 3-II – LADO A'B –3D

First Station : A'

-----

X = 2517317.9962 m LAT = 10 26 14.00000 North

Y = -5746528.6544 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1147919.5357 m EHT = 427.1720 Meters

Second Station : B

-----

X = 2520423.7665 m LAT = 10 26 14.00000 North

Y = -5745090.7634 m LON = 66 18 45.00000 West

Z = 1147906.6514 m EHT = 356.0500 Meters

Forward azimuth FAZ = 89 59 49.8099 From North

Back azimuth BAZ = 270 0 10.1901 From North

Ellipsoidal distance S = 3421.5508 m

Delta height dh = -71.1220 m

Mark-to-mark distance D = 3422.4999 m

DX = 3105.7702 m DN = 0.1690 m

DY = 1437.8910 m DE = 3421.7416 m

DZ = -12.8843 m DU = -72.0397 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 91 12 21.96

Apparent zenith distance = 91 12 14.06

### POLIGONO 3-II – LADO B'B –3D

First Station : B'

-----

X = 2520516.6899 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5745302.5743 m LON = 66 18 45.00000 West

Z = 1146215.2443 m EHT = 277.3380 Meters

Second Station : B

-----

X = 2520423.7665 m LAT = 10 26 14.00000 North

Y = -5745090.7634 m LON = 66 18 45.00000 West

Z = 1147906.6514 m EHT = 356.0500 Meters

Forward azimuth FAZ = 0 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 180 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 1705.2479 m

Delta height dh = 78.7120 m

Mark-to-mark distance D = 1707.1486 m

DX = -92.9234 m DN = 1705.3436 m

DY = 211.8109 m DE = 0.0000 m

DZ = 1691.4071 m DU = 78.4826 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 87 21 54.07

Apparent zenith distance = 87 21 50.10

### POLIGONO 3-II – LADO B'A'' –3D

First Station : B'

-----

X = 2520516.6899 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5745302.5743 m LON = 66 18 45.00000 West

Z = 1146215.2443 m EHT = 277.3380 Meters

Second Station : A''

-----

X = 2517426.3404 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5746775.9823 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1146235.2309 m EHT = 387.8260 Meters

Forward azimuth FAZ = 270 0 10.1753 From North

Back azimuth BAZ = 89 59 49.8247 From North

Ellipsoidal distance S = 3421.7192 m

Delta height dh = 110.4880 m

Mark-to-mark distance D = 3423.6808 m

DX = -3090.3494 m DN = 0.1688 m

DY = -1473.4080 m DE = -3421.9270 m

DZ = 19.9866 m DU = 109.5702 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 88 9 57.65

Apparent zenith distance = 88 9 49.75

POLIGONO 3-II – LADO A'A'' –0m

First Station : A'

-----

X = 2517149.4301 m LAT = 10 26 14.00000 North

Y = -5746143.8520 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1147842.1500 m EHT = 0.0000 Meters

Second Station : A''

-----

X = 2517273.2931 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5746426.6061 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1146165.0757 m EHT = 0.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 180 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 0 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 1705.2479 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 1705.2479 m

DX = 123.8629 m DN = -1705.2478 m

DY = -282.7540 m DE = 0.0000 m

DZ = -1677.0744 m DU = -0.2294 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 27.75

Apparent zenith distance = 90 0 23.79

POLIGONO 3-II – LADO A'A'' –500m

First Station : A'

-----

X = 2517346.7349 m LAT = 10 26 14.00000 North

Y = -5746594.2588 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1147932.7291 m EHT = 500.0000 Meters

Second Station : A''

-----

X = 2517470.6075 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5746877.0352 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1146255.5224 m EHT = 500.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 180 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 0 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 1705.2479 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 1705.3824 m

DX = 123.8727 m DN = -1705.3824 m

DY = -282.7763 m DE = 0.0000 m

DZ = -1677.2067 m DU = -0.2294 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 27.75

Apparent zenith distance = 90 0 23.79

POLIGONO 3-II – LADO A'A'' –1000m

First Station : A'

-----

X = 2517544.0396 m LAT = 10 26 14.00000 North

Y = -5747044.6656 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1148023.3081 m EHT = 1000.0000 Meters

Second Station : A''

-----

X = 2517667.9220 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5747327.4643 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1146345.9691 m EHT = 1000.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 180 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 0 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 1705.2479 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 1705.5169 m

DX = 123.8825 m DN = -1705.5169 m

DY = -282.7987 m DE = 0.0000 m

DZ = -1677.3390 m DU = -0.2295 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 27.75

Apparent zenith distance = 90 0 23.79



### POLIGONO 3-II – LADO A'A'' –1500m

First Station : A'

-----

X = 2517741.3443 m LAT = 10 26 14.00000 North

Y = -5747495.0725 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1148113.8872 m EHT = 1500.0000 Meters

Second Station : A''

-----

X = 2517865.2365 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5747777.8934 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1146436.4159 m EHT = 1500.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 180 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 0 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 1705.2479 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 1705.6515 m

DX = 123.8922 m DN = -1705.6514 m

DY = -282.8210 m DE = 0.0000 m

DZ = -1677.4713 m DU = -0.2295 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 27.75

Apparent zenith distance = 90 0 23.79

## POLIGONO 3-II – LADO A'B –0m

First Station : A'

-----

X = 2517149.4301 m LAT = 10 26 14.00000 North

Y = -5746143.8520 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1147842.1500 m EHT = 0.0000 Meters

Second Station : B

-----

X = 2520283.0909 m LAT = 10 26 14.00000 North

Y = -5744770.1054 m LON = 66 18 45.00000 West

Z = 1147842.1500 m EHT = 0.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 89 59 49.8099 From North

Back azimuth BAZ = 270 0 10.1901 From North

Ellipsoidal distance S = 3421.5508 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 3421.5507 m

DX = 3133.6607 m DN = 0.1690 m

DY = 1373.7466 m DE = 3421.5506 m

DZ = 0.0000 m DU = -0.9176 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 55.32

Apparent zenith distance = 90 0 47.42

### POLIGONO 3-II – LADO A'B –500m

First Station : A'

-----

X = 2517346.7349 m LAT = 10 26 14.00000 North

Y = -5746594.2588 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1147932.7291 m EHT = 500.0000 Meters

Second Station : B

-----

X = 2520480.6412 m LAT = 10 26 14.00000 North

Y = -5745220.4045 m LON = 66 18 45.00000 West

Z = 1147932.7291 m EHT = 500.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 89 59 49.8099 From North

Back azimuth BAZ = 270 0 10.1901 From North

Ellipsoidal distance S = 3421.5508 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 3421.8189 m

DX = 3133.9064 m DN = 0.1690 m

DY = 1373.8543 m DE = 3421.8188 m

DZ = 0.0000 m DU = -0.9177 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 55.32

Apparent zenith distance = 90 0 47.42

## POLIGONO 3-II – LADO A'B –1000m

First Station : A'

-----

X = 2517544.0396 m LAT = 10 26 14.00000 North

Y = -5747044.6656 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1148023.3081 m EHT = 1000.0000 Meters

Second Station : B

-----

X = 2520678.1916 m LAT = 10 26 14.00000 North

Y = -5745670.7036 m LON = 66 18 45.00000 West

Z = 1148023.3081 m EHT = 1000.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 89 59 49.8099 From North

Back azimuth BAZ = 270 0 10.1901 From North

Ellipsoidal distance S = 3421.5508 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 3422.0871 m

DX = 3134.1520 m DN = 0.1691 m

DY = 1373.9620 m DE = 3422.0870 m

DZ = 0.0000 m DU = -0.9178 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 55.32

Apparent zenith distance = 90 0 47.42

POLIGONO 3-II – LADO A'B –1500m

First Station : A'

-----

X = 2517741.3443 m LAT = 10 26 14.00000 North

Y = -5747495.0725 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1148113.8872 m EHT = 1500.0000 Meters

Second Station : B

-----

X = 2520875.7419 m LAT = 10 26 14.00000 North

Y = -5746121.0028 m LON = 66 18 45.00000 West

Z = 1148113.8872 m EHT = 1500.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 89 59 49.8099 From North

Back azimuth BAZ = 270 0 10.1901 From North

Ellipsoidal distance S = 3421.5508 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 3422.3553 m

DX = 3134.3976 m DN = 0.1691 m

DY = 1374.0697 m DE = 3422.3552 m

DZ = 0.0000 m DU = -0.9179 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 55.32

Apparent zenith distance = 90 0 47.42

### POLIGONO 3-III – LADO A''B' –3D

First Station : A''

-----

X = 2517426.3404 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5746775.9823 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1146235.2309 m EHT = 387.8260 Meters

Second Station : B'

-----

X = 2520516.6901 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5745302.5748 m LON = 66 18 45.00000 West

Z = 1146215.2444 m EHT = 277.3385 Meters

Forward azimuth FAZ = 89 59 49.8247 From North

Back azimuth BAZ = 270 0 10.1753 From North

Ellipsoidal distance S = 3421.7192 m

Delta height dh = -110.4875 m

Mark-to-mark distance D = 3423.6808 m

DX = 3090.3496 m DN = 0.1688 m

DY = 1473.4076 m DE = 3421.8678 m

DZ = -19.9865 m DU = -111.4053 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 91 51 52.96

Apparent zenith distance = 91 51 45.06

### POLIGONO 3-III – LADO A''C' –3D

First Station : A''

-----

X = 2517426.3404 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5746775.9823 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1146235.2309 m EHT = 387.8260 Meters

Second Station : C'

-----

X = 2517534.5019 m LAT = 10 24 23.00000 North

Y = -5747022.8931 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1144550.8655 m EHT = 348.4800 Meters

Forward azimuth FAZ = 180 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 0 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 1705.2462 m

Delta height dh = -39.3460 m

Mark-to-mark distance D = 1705.7991 m

DX = 108.1615 m DN = -1705.3400 m

DY = -246.9108 m DE = 0.0000 m

DZ = -1684.3654 m DU = -39.5754 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 91 19 45.88

Apparent zenith distance = 91 19 41.92

### POLIGONO 3-III – LADO CB' –3D

First Station : C

-----

X = 2520609.4292 m LAT = 10 24 23.00000 North

Y = -5745513.9656 m LON = 66 18 45.00000 West

Z = 1144523.7977 m EHT = 198.6270 Meters

Second Station : B'

-----

X = 2520516.6901 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5745302.5748 m LON = 66 18 45.00000 West

Z = 1146215.2444 m EHT = 277.3385 Meters

Forward azimuth FAZ = 0 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 180 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 1705.2462 m

Delta height dh = 78.7115 m

Mark-to-mark distance D = 1707.1258 m

DX = -92.7391 m DN = 1705.3208 m

DY = 211.3908 m DE = 0.0000 m

DZ = 1691.4467 m DU = 78.4821 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 87 21 54.00

Apparent zenith distance = 87 21 50.03



### POLIGONO 3-III – LADO CC' –3D

First Station : C

-----

X = 2520609.4292 m LAT = 10 24 23.00000 North

Y = -5745513.9656 m LON = 66 18 45.00000 West

Z = 1144523.7977 m EHT = 198.6270 Meters

Second Station : C'

-----

X = 2517534.5019 m LAT = 10 24 23.00000 North

Y = -5747022.8931 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1144550.8655 m EHT = 348.4800 Meters

Forward azimuth FAZ = 270 0 10.1604 From North

Back azimuth BAZ = 89 59 49.8396 From North

Ellipsoidal distance S = 3421.8873 m

Delta height dh = 149.8530 m

Mark-to-mark distance D = 3425.3135 m

DX = -3074.9272 m DN = 0.1686 m

DY = -1508.9275 m DE = -3422.0740 m

DZ = 27.0678 m DU = 148.9351 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 87 30 28.63

Apparent zenith distance = 87 30 20.72

POLIGONO 3-III – LADO A''B' –0m

First Station : A''

-----

X = 2517273.2931 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5746426.6061 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1146165.0757 m EHT = 0.0000 Meters

Second Station : B'

-----

X = 2520407.1080 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5745052.7918 m LON = 66 18 45.00000 West

Z = 1146165.0757 m EHT = 0.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 89 59 49.8247 From North

Back azimuth BAZ = 270 0 10.1753 From North

Ellipsoidal distance S = 3421.7192 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 3421.7191 m

DX = 3133.8149 m DN = 0.1688 m

DY = 1373.8142 m DE = 3421.7190 m

DZ = 0.0000 m DU = -0.9177 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 55.32

Apparent zenith distance = 90 0 47.42

POLIGONO 3-III – LADO A''B' –500m

First Station : A''

-----

X = 2517470.6075 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5746877.0352 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1146255.5224 m EHT = 500.0000 Meters

Second Station : B'

-----

X = 2520604.6681 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5745503.1133 m LON = 66 18 45.00000 West

Z = 1146255.5224 m EHT = 500.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 89 59 49.8247 From North

Back azimuth BAZ = 270 0 10.1753 From North

Ellipsoidal distance S = 3421.7192 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 3421.9873 m

DX = 3134.0606 m DN = 0.1688 m

DY = 1373.9219 m DE = 3421.9872 m

DZ = 0.0000 m DU = -0.9178 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 55.32

Apparent zenith distance = 90 0 47.42

POLIGONO 3-III – LADO A''B' –1000m

First Station : A''

-----

X = 2517667.9220 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5747327.4643 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1146345.9691 m EHT = 1000.0000 Meters

Second Station : B'

-----

X = 2520802.2283 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5745953.4347 m LON = 66 18 45.00000 West

Z = 1146345.9691 m EHT = 1000.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 89 59 49.8247 From North

Back azimuth BAZ = 270 0 10.1753 From North

Ellipsoidal distance S = 3421.7192 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 3422.2555 m

DX = 3134.3062 m DN = 0.1688 m

DY = 1374.0296 m DE = 3422.2554 m

DZ = 0.0000 m DU = -0.9179 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 55.32

Apparent zenith distance = 90 0 47.42

POLIGONO 3-III – LADO A''B' –1500m

First Station : A''

-----

X = 2517865.2365 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5747777.8934 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1146436.4159 m EHT = 1500.0000 Meters

Second Station : B'

-----

X = 2520999.7884 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5746403.7561 m LON = 66 18 45.00000 West

Z = 1146436.4159 m EHT = 1500.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 89 59 49.8247 From North

Back azimuth BAZ = 270 0 10.1753 From North

Ellipsoidal distance S = 3421.7192 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 3422.5237 m

DX = 3134.5519 m DN = 0.1688 m

DY = 1374.1373 m DE = 3422.5236 m

DZ = 0.0000 m DU = -0.9180 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 55.32

Apparent zenith distance = 90 0 47.42

POLIGONO 3-III – LADO A”C’ –0m

First Station : A"

-----

X = 2517273.2931 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5746426.6061 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1146165.0757 m EHT = 0.0000 Meters

Second Station : C'

-----

X = 2517396.9748 m LAT = 10 24 23.00000 North

Y = -5746708.9465 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1144487.9199 m EHT = 0.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 180 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 0 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 1705.2462 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 1705.2462 m

DX = 123.6817 m DN = -1705.2462 m

DY = -282.3404 m DE = 0.0000 m

DZ = -1677.1557 m DU = -0.2294 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 27.75

Apparent zenith distance = 90 0 23.79

POLIGONO 3-III – LADO A''C' –500m

First Station : A''

-----

X = 2517470.6075 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5746877.0352 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1146255.5224 m EHT = 500.0000 Meters

Second Station : C'

-----

X = 2517594.2990 m LAT = 10 24 23.00000 North

Y = -5747159.3979 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1144578.2344 m EHT = 500.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 180 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 0 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 1705.2462 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 1705.3808 m

DX = 123.6915 m DN = -1705.3807 m

DY = -282.3627 m DE = 0.0000 m

DZ = -1677.2881 m DU = -0.2294 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 27.75

Apparent zenith distance = 90 0 23.79

### POLIGONO 3-III – LADO A”C’ –1000m

First Station : A”

-----

X = 2517667.9220 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5747327.4643 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1146345.9691 m EHT = 1000.0000 Meters

Second Station : C’

-----

X = 2517791.6233 m LAT = 10 24 23.00000 North

Y = -5747609.8493 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1144668.5488 m EHT = 1000.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 180 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 0 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 1705.2462 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 1705.5153 m

DX = 123.7012 m DN = -1705.5153 m

DY = -282.3850 m DE = 0.0000 m

DZ = -1677.4204 m DU = -0.2295 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 27.75

Apparent zenith distance = 90 0 23.79



### POLIGONO 3-III – LADO A”C’ –1500m

First Station : A”

-----

X = 2517865.2365 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5747777.8934 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1146436.4159 m EHT = 1500.0000 Meters

Second Station : C’

-----

X = 2517988.9475 m LAT = 10 24 23.00000 North

Y = -5748060.3007 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1144758.8632 m EHT = 1500.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 180 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 0 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 1705.2462 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 1705.6498 m

DX = 123.7110 m DN = -1705.6498 m

DY = -282.4072 m DE = 0.0000 m

DZ = -1677.5527 m DU = -0.2295 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 27.75

Apparent zenith distance = 90 0 23.79

### POLIGONO 3-IV – LADO A''C' –3D

First Station : C'

-----

X = 2517534.5019 m LAT = 10 24 23.00000 North

Y = -5747022.8931 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1144550.8655 m EHT = 348.4800 Meters

Second Station : A''

-----

X = 2517426.3404 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5746775.9823 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1146235.2309 m EHT = 387.8260 Meters

Forward azimuth FAZ = 0 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 180 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 1705.2462 m

Delta height dh = 39.3460 m

Mark-to-mark distance D = 1705.7991 m

DX = -108.1615 m DN = 1705.3506 m

DY = 246.9108 m DE = 0.0000 m

DZ = 1684.3654 m DU = 39.1166 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 88 41 9.62

Apparent zenith distance = 88 41 5.66

### POLIGONO 3-IV – LADO C'D –3D

First Station : C'

-----

X = 2517534.5019 m LAT = 10 24 23.00000 North

Y = -5747022.8931 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1144550.8655 m EHT = 348.4800 Meters

Second Station : D

-----

X = 2514458.6789 m LAT = 10 24 23.00000 North

Y = -5748530.1764 m LON = 66 22 30.00000 West

Z = 1144577.9334 m EHT = 498.3340 Meters

Forward azimuth FAZ = 270 0 10.1604 From North

Back azimuth BAZ = 89 59 49.8396 From North

Ellipsoidal distance S = 3421.8873 m

Delta height dh = 149.8540 m

Mark-to-mark distance D = 3425.3938 m

DX = -3075.8230 m DN = 0.1686 m

DY = -1507.2833 m DE = -3422.1544 m

DZ = 27.0680 m DU = 148.9361 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 87 30 28.78

Apparent zenith distance = 87 30 20.88

### POLIGONO 3-IV – LADO D'D –3D

First Station : D'

-----

X = 2514335.1336 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5748247.7283 m LON = 66 22 30.00000 West

Z = 1146255.2174 m EHT = 498.3140 Meters

Second Station : D

-----

X = 2514458.6789 m LAT = 10 24 23.00000 North

Y = -5748530.1764 m LON = 66 22 30.00000 West

Z = 1144577.9334 m EHT = 498.3340 Meters

Forward azimuth FAZ = 180 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 0 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 1705.2462 m

Delta height dh = 0.0200 m

Mark-to-mark distance D = 1705.3803 m

DX = 123.5453 m DN = -1705.3803 m

DY = -282.4481 m DE = 0.0000 m

DZ = -1677.2840 m DU = -0.2094 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 25.33

Apparent zenith distance = 90 0 21.37

## POLIGONO 3-IV – LADO D'A'' –3D

First Station : D'

-----

X = 2514335.1336 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5748247.7283 m LON = 66 22 30.00000 West

Z = 1146255.2174 m EHT = 498.3140 Meters

Second Station : A''

-----

X = 2517426.3404 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5746775.9823 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1146235.2309 m EHT = 387.8260 Meters

Forward azimuth FAZ = 89 59 49.8247 From North

Back azimuth BAZ = 270 0 10.1753 From North

Ellipsoidal distance S = 3421.7192 m

Delta height dh = -110.4880 m

Mark-to-mark distance D = 3423.7400 m

DX = 3091.2069 m DN = 0.1688 m

DY = 1471.7460 m DE = 3421.9270 m

DZ = -19.9866 m DU = -111.4058 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 91 51 52.88

Apparent zenith distance = 91 51 44.98

POLIGONO 3-IV – LADO D'A'' –0m

First Station : D'

-----

X = 2514138.7293 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5747798.7109 m LON = 66 22 30.00000 West

Z = 1146165.0757 m EHT = 0.0000 Meters

Second Station : A''

-----

X = 2517273.2931 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5746426.6061 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1146165.0757 m EHT = 0.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 89 59 49.8247 From North

Back azimuth BAZ = 270 0 10.1753 From North

Ellipsoidal distance S = 3421.7192 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 3421.7191 m

DX = 3134.5638 m DN = 0.1688 m

DY = 1372.1048 m DE = 3421.7190 m

DZ = 0.0000 m DU = -0.9177 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 55.32

Apparent zenith distance = 90 0 47.42

POLIGONO 3-IV – LADO D'A'' – 500m

First Station : D'

-----

X = 2514335.7981 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5748249.2476 m LON = 66 22 30.00000 West

Z = 1146255.5224 m EHT = 500.0000 Meters

Second Station : A''

-----

X = 2517470.6075 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5746877.0352 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1146255.5224 m EHT = 500.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 89 59 49.8247 From North

Back azimuth BAZ = 270 0 10.1753 From North

Ellipsoidal distance S = 3421.7192 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 3421.9873 m

DX = 3134.8095 m DN = 0.1688 m

DY = 1372.2124 m DE = 3421.9872 m

DZ = 0.0000 m DU = -0.9178 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 55.32

Apparent zenith distance = 90 0 47.42

### POLIGONO 3-IV – LADO D'A'' – 1000m

First Station : D'

-----

X = 2514532.8669 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5748699.7842 m LON = 66 22 30.00000 West

Z = 1146345.9691 m EHT = 1000.0000 Meters

Second Station : A''

-----

X = 2517667.9220 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5747327.4643 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1146345.9691 m EHT = 1000.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 89 59 49.8247 From North

Back azimuth BAZ = 270 0 10.1753 From North

Ellipsoidal distance S = 3421.7192 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 3422.2555 m

DX = 3135.0552 m DN = 0.1688 m

DY = 1372.3199 m DE = 3422.2554 m

DZ = 0.0000 m DU = -0.9179 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 55.32

Apparent zenith distance = 90 0 47.42



POLIGONO 3-IV – LADO D'A'' – 1500m

First Station : D'

-----

X = 2514729.9356 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5749150.3209 m LON = 66 22 30.00000 West

Z = 1146436.4159 m EHT = 1500.0000 Meters

Second Station : A''

-----

X = 2517865.2365 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5747777.8934 m LON = 66 20 37.50000 West

Z = 1146436.4159 m EHT = 1500.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 89 59 49.8247 From North

Back azimuth BAZ = 270 0 10.1753 From North

Ellipsoidal distance S = 3421.7192 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 3422.5237 m

DX = 3135.3009 m DN = 0.1688 m

DY = 1372.4275 m DE = 3422.5236 m

DZ = 0.0000 m DU = -0.9180 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 55.32

Apparent zenith distance = 90 0 47.42

### POLIGONO 3-IV – LADO D'D –0m

First Station : D'

-----

X = 2514138.7293 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5747798.7109 m LON = 66 22 30.00000 West

Z = 1146165.0757 m EHT = 0.0000 Meters

Second Station : D

-----

X = 2514262.2570 m LAT = 10 24 23.00000 North

Y = -5748081.1187 m LON = 66 22 30.00000 West

Z = 1144487.9199 m EHT = 0.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 180 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 0 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 1705.2462 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 1705.2462 m

DX = 123.5277 m DN = -1705.2462 m

DY = -282.4078 m DE = 0.0000 m

DZ = -1677.1557 m DU = -0.2294 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 27.75

Apparent zenith distance = 90 0 23.79

### POLIGONO 3-IV – LADO D'D –500m

First Station : D'

-----

X = 2514335.7981 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5748249.2476 m LON = 66 22 30.00000 West

Z = 1146255.5224 m EHT = 500.0000 Meters

Second Station : D

-----

X = 2514459.3355 m LAT = 10 24 23.00000 North

Y = -5748531.6777 m LON = 66 22 30.00000 West

Z = 1144578.2344 m EHT = 500.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 180 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 0 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 1705.2462 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 1705.3808 m

DX = 123.5375 m DN = -1705.3807 m

DY = -282.4301 m DE = 0.0000 m

DZ = -1677.2881 m DU = -0.2294 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 27.75

Apparent zenith distance = 90 0 23.79

POLIGONO 3-IV – LADO D'D –1000m

First Station : D'

-----

X = 2514532.8669 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5748699.7842 m LON = 66 22 30.00000 West

Z = 1146345.9691 m EHT = 1000.0000 Meters

Second Station : D

-----

X = 2514656.4141 m LAT = 10 24 23.00000 North

Y = -5748982.2366 m LON = 66 22 30.00000 West

Z = 1144668.5488 m EHT = 1000.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 180 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 0 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 1705.2462 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 1705.5153 m

DX = 123.5472 m DN = -1705.5153 m

DY = -282.4524 m DE = 0.0000 m

DZ = -1677.4204 m DU = -0.2295 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 27.75

Apparent zenith distance = 90 0 23.79

POLIGONO 3-IV – LADO D'D –1500m

First Station : D'

-----

X = 2514729.9356 m LAT = 10 25 18.50000 North

Y = -5749150.3209 m LON = 66 22 30.00000 West

Z = 1146436.4159 m EHT = 1500.0000 Meters

Second Station : D

-----

X = 2514853.4926 m LAT = 10 24 23.00000 North

Y = -5749432.7956 m LON = 66 22 30.00000 West

Z = 1144758.8632 m EHT = 1500.0000 Meters

Forward azimuth FAZ = 180 0 0.0000 From North

Back azimuth BAZ = 0 0 0.0000 From North

Ellipsoidal distance S = 1705.2462 m

Delta height dh = 0.0000 m

Mark-to-mark distance D = 1705.6498 m

DX = 123.5570 m DN = -1705.6498 m

DY = -282.4747 m DE = 0.0000 m

DZ = -1677.5527 m DU = -0.2295 m

Zenith (mk-to-mk) ZD = 90 0 27.75

Apparent zenith distance = 90 0 23.79

## ANEXO B.- ARCHIVOS DE SALIDA PROGRAMA UTM

```

POLIGONO 1

COORDINATE CONVERSIONS ON THE UNIVERSAL TRANSVERSE MERCATOR
(UTM) GRID
      ELLIPSOID
DATA
  A      1/F      NAME
UNITS
  6378137.000 298.257223563 WGS-84
METERS
  B      E**2      EB**2
  6356752.31425 .006694379990
.006739496742

LATITUDE AND LONGITUDE TO ZONE, NORTHING AND
EASTING

  ID  LATITUDE  LONGITUDE  ZONE  NORTHING  EASTING  CONVERGENCE
SCALE FACTOR

  A  8 28 7.000N  71 26 15.000W  19  936945.21 231627.16  0 21 33.05 W
1.00049144

  B  8 28 7.000N  71 22 30.000W  19  936902.60 238512.36  0 20 59.86 W
1.00044628

  C  8 26 15.000N  71 22 30.000W  19  933460.29 238491.38  0 20 55.26 W
1.00044641

  D  8 26 15.000N  71 26 15.000W  19  933502.75 231605.62  0 21 28.34 W
1.00049158

```

POLIGONO 2

COORDINATE CONVERSIONS ON THE UNIVERSAL TRANSVERSE MERCATOR  
(UTM) GRID

ELLIPSOID DATA

A	1/F	NAME
6378137.000	298.257223563	WGS-84

UNITS  
METERS

B	E**2	EB**2
6356752.31425	.006694379990	.006739496742

LATITUDE AND LONGITUDE TO ZONE, NORTHING AND  
EASTING

ID	LATITUDE	LONGITUDE	ZONE	NORTHING	EASTING	CONVERGENCE
----	----------	-----------	------	----------	---------	-------------

SCALE FACTOR

A	8 28 7.000N	71 31 52.000W	19	937011.10	221314.08	0 22 22.77 W
---	-------------	---------------	----	-----------	-----------	--------------

1.00056128

B	8 24 23.000N	71 31 52.000W	19	930125.72	221269.42	0 22 12.98 W
---	--------------	---------------	----	-----------	-----------	--------------

1.00056159

C	8 24 23.000N	71 30 1.000W	19	930103.90	224666.93	0 21 56.72 W
---	--------------	--------------	----	-----------	-----------	--------------

1.00053829

D	8 28 7.000N	71 30 1.000W	19	936989.12	224711.05	0 22 6.40 W
---	-------------	--------------	----	-----------	-----------	-------------

1.00053798

POLIGONO 3  
 COORDINATE CONVERSIONS ON THE UNIVERSAL TRANSVERSE MERCATOR  
 (UTM) GRID

ELLIPSOID DATA

A	1/F	NAME
6378137.000	298.257223563	WGS-84

UNITS  
 METERS

B	E**2	EB**2
6356752.31425	.006694379990	.006739496742

LATITUDE AND LONGITUDE TO ZONE, NORTHING AND  
 EASTING

ID	LATITUDE	LONGITUDE	ZONE	NORTHING	EASTING	CONVERGENCE	SCALE FACTOR
----	----------	-----------	------	----------	---------	-------------	--------------

A	10 26 14.000N	66 22 30.000W	19	1154947.21	787389.89	0 28 33.13 E	1.00062212
---	---------------	---------------	----	------------	-----------	--------------	------------

B	10 26 14.000N	66 18 45.000W	19	1155004.76	794237.17	0 29 13.97 E	1.00067141
---	---------------	---------------	----	------------	-----------	--------------	------------

C	10 24 23.000N	66 18 45.000W	19	1151592.10	794266.15	0 29 8.85 E	1.00067163
---	---------------	---------------	----	------------	-----------	-------------	------------

D	10 24 23.000N	66 22 30.000W	19	1151534.72	787418.19	0 28 28.12 E	1.00062232
---	---------------	---------------	----	------------	-----------	--------------	------------



POLIGONO 4

COORDINATE CONVERSIONS ON THE UNIVERSAL TRANSVERSE MERCATOR  
(UTM) GRID

ELLIPSOID DATA

A        1/F        NAME

UNITS

6378137.000 298.257223563 WGS-84

METERS

B        E\*\*2        EB\*\*2

6356752.31425 .006694379990

.006739496742

LATITUDE AND LONGITUDE TO ZONE, NORTHING AND  
EASTING

ID    LATITUDE    LONGITUDE    ZONE    NORTHING    EASTING    CONVERGENCE  
SCALE FACTOR

A 10 31 52.000N 66 15 1.000W 19 1165455.65 800963.53 0 30 10.60 E  
1.00072096

B 10 31 52.000N 66 13 6.000W 19 1165486.54 804462.49 0 30 31.67 E  
1.00074718

C 10 28 7.000N 66 13 6.000W 19 1158568.45 804523.75 0 30 20.92 E  
1.00074765

D 10 28 7.000N 66 15 1.000W 19 1158537.73 801024.08 0 29 59.98 E  
1.00072142

POLIGONO 3-I

COORDINATE CONVERSIONS ON THE UNIVERSAL TRANSVERSE MERCATOR  
(UTM) GRID

ELLIPSOID DATA

A      1/F      NAME

UNITS

6378137.000 298.257223563 WGS-84

METERS

B      E\*\*2      EB\*\*2

6356752.31425 .006694379990

.006739496742

LATITUDE AND LONGITUDE TO ZONE, NORTHING AND  
EASTING

ID	LATITUDE	LONGITUDE	ZONE	NORTHING	EASTING	CONVERGENCE
----	----------	-----------	------	----------	---------	-------------

SCALE FACTOR

A	10 26 14.000N	66 22 30.000W	19	1154947.21	787389.89	0 28 33.13 E
---	---------------	---------------	----	------------	-----------	--------------

1.00062212

A'	10 26 14.000N	66 20 37.500W	19	1154975.82	790813.49	0 28 53.55 E
----	---------------	---------------	----	------------	-----------	--------------

1.00064662

A''	10 25 18.500N	66 20 37.500W	19	1153269.53	790827.82	0 28 51.02 E
-----	---------------	---------------	----	------------	-----------	--------------

1.00064672

D'	10 25 18.500N	66 22 30.000W	19	1153240.96	787404.05	0 28 30.62 E
----	---------------	---------------	----	------------	-----------	--------------

1.00062222

POLIGONO 3-II

COORDINATE CONVERSIONS ON THE UNIVERSAL TRANSVERSE MERCATOR  
(UTM) GRID

ELLIPSOID DATA

A        1/F        NAME

UNITS

6378137.000 298.257223563 WGS-84

METERS

B        E\*\*2        EB\*\*2

6356752.31425 .006694379990

.006739496742

LATITUDE AND LONGITUDE TO ZONE, NORTHING AND  
EASTING

ID	LATITUDE	LONGITUDE	ZONE	NORTHING	EASTING	CONVERGENCE
----	----------	-----------	------	----------	---------	-------------

SCALE FACTOR

A'	10 26 14.000N	66 20 37.500W	19	1154975.82	790813.49	0 28 53.55 E
----	---------------	---------------	----	------------	-----------	--------------

1.00064662

B	10 26 14.000N	66 18 45.000W	19	1155004.76	794237.17	0 29 13.97 E
---	---------------	---------------	----	------------	-----------	--------------

1.00067141

B'	10 25 18.500N	66 18 45.000W	19	1153298.43	794251.67	0 29 11.41 E
----	---------------	---------------	----	------------	-----------	--------------

1.00067152

A''	10 25 18.500N	66 20 37.500W	19	1153269.53	790827.82	0 28 51.02 E
-----	---------------	---------------	----	------------	-----------	--------------

1.00064672

POLIGONO 3-III  
 COORDINATE CONVERSIONS ON THE UNIVERSAL TRANSVERSE MERCATOR  
 (UTM) GRID

ELLIPSOID  
 DATA  
 A 1/F NAME  
 UNITS  
 6378137.000 298.257223563 WGS-84  
 METERS  
 B E\*\*2 EB\*\*2  
 6356752.31425 .006694379990  
 .006739496742

LATITUDE AND LONGITUDE TO ZONE, NORTHING AND  
 EASTING

ID	LATITUDE	LONGITUDE	ZONE	NORTHING	EASTING	CONVERGENCE	SCALE FACTOR
A''	10 25 18.500N	66 20 37.500W	19	1153269.53	790827.82	0 28 51.02 E	1.00064672
B'	10 25 18.500N	66 18 45.000W	19	1153298.43	794251.67	0 29 11.41 E	1.00067152
C	10 24 23.000N	66 18 45.000W	19	1151592.10	794266.15	0 29 8.85 E	1.00067163
C'	10 24 23.000N	66 20 37.500W	19	1151563.24	790842.13	0 28 48.48 E	1.00064683

POLIGONO 3-IV

COORDINATE CONVERSIONS ON THE UNIVERSAL TRANSVERSE MERCATOR  
(UTM) GRID

ELLIPSOID DATA

A	1/F	NAME
6378137.000	298.257223563	WGS-84

UNITS  
METERS

B	E**2	EB**2
6356752.31425	.006694379990	.006739496742

LATITUDE AND LONGITUDE TO ZONE, NORTHING AND  
EASTING

ID	LATITUDE	LONGITUDE	ZONE	NORTHING	EASTING	CONVERGENCE
D'	10 25 18.500N	66 22 30.000W	19	1153240.96	787404.05	0 28 30.62 E
	1.00062222					
A''	10 25 18.500N	66 20 37.500W	19	1153269.53	790827.82	0 28 51.02 E
	1.00064672					
C'	10 24 23.000N	66 20 37.500W	19	1151563.24	790842.13	0 28 48.48 E
	1.00064683					
D	10 24 23.000N	66 22 30.000W	19	1151534.72	787418.19	0 28 28.12 E
	1.00062232					

**ANEXO C. – GRAFICO DEFINICION DE AREAS CALCULADAS**

