



**ISMMM**

INSTITUTO SUPERIOR MINERO  
METALÚRGICO DE MOA  
"DR. ANTONIO NÚÑEZ JIMÉNEZ"

*Facultad de Geología-Minería  
Departamento de Minería*

# *Trabajo de Diploma*

**Para Optar por el Título de**

**Ingeniero en Minas**

**Proyecto para la construcción de un  
polígono de puntos topográficos con  
fines docentes en el ISMMM**

**Diplomante: Helder Vemba Mucuta Lito**

**Tutor (es): M Sc. Yordanys Esteban Batista Legrá**

**Dr. C. Orlando Belete Fuentes**

**Moa, 2016**

**"Año 58 de la Revolución"**



Facultad Geología-Minería

Departamento de Minería

# Trabajo de Diploma

Para optar por el Título de Ingeniero en Minas

**Título: PROYECTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN POLÍGONO DE  
PUNTOS TOPOGRÁFICOS CON FINES DOCENTES EN EL ISMMM**

**Diplomante: Helder Vemba Mucuta Lito**

**Tutores: M Sc. Yordanys Esteban Batista Legrá**

**Dr. C. Orlando Belete Fuentes**

**Moa, Curso 2015-2016**

**“Año 58 de la Revolución”**

**DECLARACIÓN DE AUTORIDAD**

Yo Helder Vemba Mucuta Lito autor del Trabajo de Diploma proyecto para la construcción de un polígono de puntos topográficos con fines docentes en el Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, con mis tutores M Sc. Yordanys Esteban Batista Legrá y Dr.C. Orlando Belete Fuentes, declaramos la autoridad intelectual del mismo al servicio del Departamento de Minería del ISMMM, para que dispongan de su uso como y cuando estimen conveniente.

Y para que así conste firmamos a continuación:

---

M Sc. Yordanys E. Batista Legrá

---

Dr.C. Orlando Belete Fuentes

---

Helder Vemba Mucuta Lito

Diplomante

## PENSAMIENTO

*“A victoria é certa a luta continua”*

*“La victoria es cierta la lucha continua”*

*António Agostinho Neto*



**DEDICATORIA**

*Dedico este trabajo de diploma primeramente a Dios por permitirme cumplir una meta más en mi vida, a mis padres por su apoyo, educación y amor hacia mí, a mi hija Helena, mi novia, mis hermanos (as) sobrinos (as) y mis tíos (as) en especial a mi tío Guerra quien en conjunto con mis Padres (mama Antón y mualimo Ismael) han sido mi motivo, mi fuerza y la razón de ser para seguir adelante cada día y alcanzar esta gran meta como lo es mi formación como profesional.*

*Les dedico también a quienes, de una u otra forma me brindaron su apoyo incondicional.*

## AGRADECIMIENTOS

*Agradezco a Dios todo poderoso por estar conmigo en todo momento y hacer que mi camino sea lleno de felicidad y de muchas bendiciones, gracias Papá bendecido sea tu nombre.*

*Doy mi agradecimiento especial a mi gobierno (Angola) y la Revolución Cubana por haberme dado la oportunidad de realizar mis estudios superiores y formarme como profesional en tan prestigiosa institución educativa como lo es el “Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa”.*

*A todos los profesores del Departamento de Minería y Geología, gracias por brindarme y transmitirme sus conocimientos de una forma correcta e incondicional y así formarme académicamente y permitirme culminar con éxito mi carrera y graduarme como un excelente profesional.*

*A mis tutores: M Sc. Yordany Esteban Batista Legrá y Dr.C Orlando Belete Fuentes, gracias por haberme guiado y orientado en la culminación de este trabajo de diploma.*

*A mi hija Helena, mi novia Yuna su mama Mileidi, la abuelita LLita que se preocuparon por mí en todo el tiempo que los necesitaba.*

*A mis padres (mama Antón y Mualimo Ismael) y mi tío (Guerra) quienes a pesar de la distancia estuvieron y están siempre pendientes de mí, gracias papitos bellos, porque me han sabido dirigir siempre por el camino del bien, los amo mucho que Dios los proteja.*

*A mis hermanos(as) (Aicha, Sara, Agar, Imoran, Paisagen, Eminencia, Valton, Alianca y Mustafá), a mis primos y primas, a mis tíos y a mis sobrinos, porque ustedes junto con mis padres han sido mi fuerza y mi valentía para que yo cada día alcance nuevos logros y propósitos.*

*A mis compañeros de aula, al colectivo de estudiantes extranjeros y a mis amistades cubanas, quienes más que mis amigos son mis hermanos, por estar siempre en los momentos en que más los he necesitado.*

*A Eliano, Joel, Crisostro, Isieri, Yudita, Mauro, Alberto, Clotilde, Francisca, Yanetsi, Miguel, Abdalah, Osvaldo por ser esos hermanos especiales llenos de bondad y sentimientos extraordinarios, a todos ellos muchísimas gracias.*

## RESUMEN

La siguiente investigación se realizó en el Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa provincia Holguín, con el objetivo de proyectar un polígono de puntos topográficos que garantice el desarrollo de las clases prácticas en las asignaturas Topografía general y Topografía minera en el ISMMM.

La tarea planteada en este proyecto permitirá la densificación de la red geodésica planimétrica y altimétrica de apoyo a las tareas docentes en el ISMMM, así como la incorporación de estos puntos a la red nacional con el objetivo de que puedan ser empleados en distintas tareas de interés del estado. Se propone el empleo de las nuevas tecnologías como instrumentos topogeodésicos en la etapa de mediciones de campo, aplicando parámetros técnicos obtenidos en investigaciones anteriores. El polígono está conformado por un sistema de poligonales de enlace que se unen en dos puntos centrales a determinar con observaciones (GPS). Se relacionan las medidas de protección e higiene del trabajo para mitigación de las afectaciones al medio ambiente.

**Palabras claves:** Topografía, Redes geodésicas, Sistema de Posicionamiento Global (GPS), Estación Total.

## ABSTRACT

The following investigation was carried out in the Higher Mining and Metallurgist Institute in Moa municipality, with the objective of projecting a polygon of Topographical points that guarantees the development of the practical classes in the subjects of general topography and mining Topography in the ISMMM.

The outlined task in this project will allow the densification of the geodesic net, planimetric and altimetric support to the educational tasks in the ISMMM, as well as the incorporation of these points to the National net with the objective that they can be employees in different tasks of interest for the state.

The employment of the new technologies as Instruments Top-geodesics in the stage of measures field are proposed, applying technical parameters obtained in previous investigations. The polygon is formed by a system of polygonal connections that they unite in two central points to determine with (GPS) observations. The protection and hygiene measures of the practical work are integrated to mitigate the affectation to the environment.

**Key words:** Topography, geodesic Nets, System of Global Positioning (GPS), Total Station.



**TABLA DE CONTENIDO**

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>- 1 -</b>
<b>CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES Y TENDENCIAS ACTUALES SOBRE LA CONSTRUCCIÓN DE POLÍGONOS DE PUNTOS TOPOGRÁFICOS.....</b>	<b>- 4 -</b>
1.1. Generalidades .....	- 4 -
1.2. Fases de un proyecto .....	- 4 -
1.3. Importancia del proyecto.....	- 6 -
1.4. Conocimientos generales para la elaboración de un proyecto de densificación..	- 6 -
1.5. Conceptos y definiciones .....	- 7 -
1.6. Métodos de densificación .....	- 8 -
1.7. Análisis de normas técnicas para trabajos topográficos y geodésicos .....	- 18 -
1.8. Tipos de monumentos .....	- 19 -
1.9. Equipamiento topográfico moderno.....	- 20 -
1.10. Equipos topográficos con que cuenta el ISMMM .....	- 24 -
<b>CAPÍTULO 2. ETAPAS PREPARATORIAS DEL PROYECTO .....</b>	<b>- 26 -</b>
2.1. Generalidades.....	- 26 -
2.2. Características físico- geográficas de la región de estudio .....	- 26 -
2.3. Etapas preparatorias del proyecto.....	- 27 -
2.4. Búsqueda de información .....	- 28 -
2.5. Reconocimiento del área .....	- 31 -
2.6. Procesamiento de la información .....	- 34 -
<b>CAPÍTULO 3. PROYECTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN POLÍGONO DE PUNTOS TOPOGRÁFICOS CON FINES DOCENTES EN EL ISMMM .</b>	<b>- 35 -</b>
3.1. Introducción .....	- 35 -
3.2. Ubicación geográfica del área de proyecto .....	- 35 -
3.3. Caracterización físico–geográfica.....	- 36 -
3.4. Caracterización topogeodésica del área de estudio.....	- 37 -
3.5. Proyección de la densidad de puntos .....	- 37 -
3.5.1 Instrumentos topogeodésicos a utilizar .....	- 38 -
3.5.2 Requisitos técnicos a tener en cuenta durante la proyección .....	- 39 -
3.5.3 Requisitos para la poligonometría de 1ra Categoría .....	- 40 -
3.5.4 Proyección de la red.....	- 41 -
3.5.5 Requisitos técnicos de las poligonales proyectadas .....	- 44 -
3.5.6 Tipos de monumentos.....	- 44 -
3.5.7 Indicaciones técnicas organizativas para ejecutar el proyecto.....	- 45 -
3.5.8 Medidas de protección e higiene del trabajo .....	- 46 -
3.5.9 Medidas para mitigar los efectos de los trabajos topográficos al medio ambiente.....	- 47 -
3.5.10 Valoración económica.....	- 47 -
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>- 48 -</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>- 49 -</b>

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS****ANEXOS**

## INTRODUCCIÓN

El Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa (ISMMM) fue creado el 29 de julio de 1976 con la ley 1307 emitida por el Consejo de ministros de la República de Cuba. Comenzó su actividad académica el 1ro de Noviembre del mismo año (Historia del ISMMM, 2016).

Desde sus inicios el instituto contó con la infraestructura necesaria para dar respuesta a su objeto social, con un continuo perfeccionamiento en función de las misiones asignadas. Inició con seis departamentos docentes, hoy en día se han incrementado.

Desde la apertura de la carrera de Ingeniería en Minas estuvo orientada a formar un especialista de perfil amplio que abarcara todo lo concerniente a la construcción y explotación de las minas, tanto subterráneas como a cielo abierto, la mecanización de estos trabajos, y la Topografía minera.

Estas concepciones se mantuvieron así hasta la puesta en vigor de los planes de estudio A, con las especializaciones de explotación de yacimientos (con el perfil de construcción y explotación), Topografía minera, Beneficio de minerales y Electromecánica minero-metalúrgica. El plan de estudio B se caracterizó por la formación de un profesional de perfil amplio.

Desde la fundación del ISMMM, en 1976, existen tres Facultades (dos para las ciencias técnicas y una para las ciencias humanísticas y económicas). Una de ellas es la Facultad de Geología y Minería. En las carreras de Ingeniería Geológica e Ingeniería en Minas, se imparten las asignaturas de Topografía general y Topografía minera. En estas asignaturas se desarrollan clases prácticas con el objetivo de crear habilidades en el manejo de instrumentos topográficos y los métodos de medición utilizados en topografía.

En 1982 con las ideas de los profesores, Ing. Juan Yoly Mateo, Ing. Norberto Ferrera Alba, Tec. Orlando Belete Fuentes y un especialista soviético Dr.C. Genadi Golovin, se construyó un polígono de puntos topográficos para el desarrollo de las clases prácticas, que contaba con 11 puntos topográficos alrededor del ISMMM. Se emplearon poligonales de rodeo o de enlace a partir de coordenadas referenciadas al Sistema Geodésico Nacional. Estos puntos empezaron a desaparecer en el inicio del periodo especial. Los ángulos se

midieron con Teodolito O10-A, la distancia se midió con la mira de base o mira paraláctica y la altura se determinó con el nivel NI025. Actualmente las clases prácticas de topografía han disminuido la calidad, por no contar con un polígono de puntos topográficos referenciados al sistema de coordenadas nacional que permitan el aprendizaje en condiciones normales de producción.

Con el desarrollo tecnológico y el avance de las nuevas tecnologías de instrumentos topo geodésicos, estaciones totales y Sistema de Posicionamiento Global (GPS), que permiten obtener las coordenadas espaciales, se necesitan bases de apoyo con criterios de exactitud más rigurosos, por lo que es necesario construir un polígono que satisfaga las nuevas exigencias.

Uno de los objetivos instructivos de la carrera de Ingeniería en Minas e Ingeniería Geológica consiste en expresar gráficamente el objeto de trabajo, interpretar los proyectos y trabajos topográficos, ejecutar y calcular redes topográficas para los trabajos geológicos, mineros y de construcción.

Por lo tanto, **el problema de la investigación** radica en: la necesidad de proyectar un polígono de puntos topográficos referenciado al sistema de coordenadas nacional en el ISMMM para el desarrollo de las clases prácticas en las asignaturas de Topografía general y Topografía minera.

Como **objeto de estudio**: Proyección de un polígono de puntos topográficos.

Y su **campo de acción**: Área del ISMMM.

Para dar respuesta al problema se establece como **objetivo general**: Proyectar un polígono de puntos topográficos que garantice el desarrollo de las clases prácticas en las asignaturas de Topografía general y Topografía minera con calidad en el ISMMM.

### **Hipótesis:**

Si se analizan las normas y procedimientos vigentes, se revisa la información cartográfica-geodésica y se realiza el reconocimiento del terreno en el área de estudio, entonces es posible proyectar un polígono de puntos topográficos en el ISMMM que garantice el desarrollo con calidad de las clases prácticas en las asignaturas de Topografía general y Topografía minera.

**Objetivos específicos:**

1. Analizar las normas y procedimientos vigentes para la proyección de polígonos de puntos topográficos.
2. Revisar la información cartográfica y geodésica del área de estudio.
3. Realizar el reconocimiento en el terreno del área de estudio.

Métodos empleados para dar solución al problema científico de la investigación:

Se emplearon métodos empíricos y teóricos de la investigación científica.

Entre los métodos empíricos:

- **La observación:** Para conocer la realidad de las prácticas de topografía, y el estudio del área de las prácticas de topografía en el ISMMM.
- **Entrevista:** A los especialistas para fundamentar los resultados de las observaciones realizada.
- **Compilación:** Permite reunir y sistematizar información mediante la revisión de fuentes bibliográficas, orales, digitales o de otro tipo.

Entre los métodos teóricos:

- **El método histórico-lógico:** Para analizar las trayectorias concretas de las prácticas de topografía.
- **El hipotético-deductivo:** Para la formulación y verificación de la hipótesis y luego, a partir de inferencias lógicas-deductivas, se arriba a conclusiones particulares que posteriormente se pueden comprobar.

## CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES Y TENDENCIAS ACTUALES SOBRE LA CONSTRUCCIÓN DE POLÍGONOS DE PUNTOS TOPOGRÁFICOS

### 1.1. Generalidades

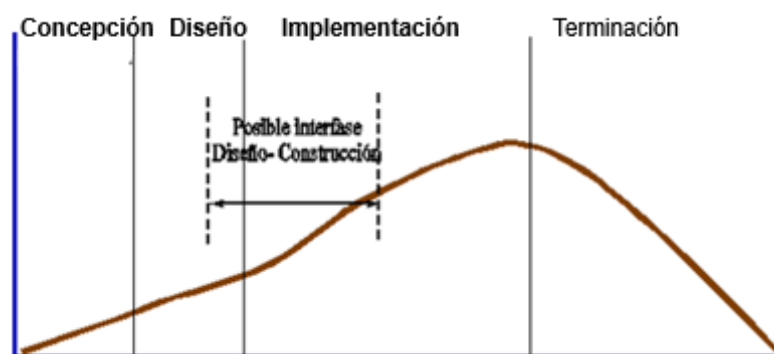
En el presente capítulo se realiza una valoración de los antecedentes y tendencias actuales para la construcción de polígonos de puntos topográficos, se aborda de manera general las concepciones relacionadas con las fases y etapas del proyecto, así como la revisión de las normas topográficas vigentes.

### 1.2. Fases de un proyecto

El proyecto es una combinación de recursos humanos y no humanos, reunidos en una organización temporal para obtener un propósito determinado (Heredia, 2010).

Un proyecto cuenta con recursos materiales, humanos y financieros, objetivos, resultados, acción, gestión y tiempo. En la (figura 1.1) se muestran las fases que comprenden un proyecto.

1. Concepción: Viabilidad/Factibilidad.
2. Implementación y Diseño: Ejecución.
3. Terminación: Final.



**Figura 1.1.** Ciclo de vida de un proyecto

#### Etapa de Concepción

Etapa de oportunidad en la que se conforma y formula la idea del proyecto y se determina si es lo suficiente prometedor para justificar su más detallada consideración y la realización de estudios posteriores. Es una *etapa* donde se estudia detalladamente la factibilidad o viabilidad técnico-económica, tarea que

puede requerir los servicios de un consultor. Sobre la base a este estudio se decide si se acomete o no el proyecto (Heredia, 2010).

Normalmente esta etapa está vinculada a los trabajos de diseño en las ideas conceptuales y anteproyectos, que son las documentaciones técnicas base de los respectivos estudios.

### **Etapa de implementación y diseño**

Etapa de diseño y ejecución que comienza con la decisión de invertir fondos en el Proyecto e incluye el diseño básico y de detalle, la construcción, el montaje y todas las contrataciones y compras (Heredia, 2010).

### **Etapa de terminación del Proyecto**

Corresponde a la última fase del ciclo de vida del proyecto. Una vez terminada esta etapa, el proyecto ha terminado como tal y entra en una vida diferente. Ya no existe el proyecto. Comienza a ser útil para algún fin, simplemente desaparece (Heredia, 2010).

La terminación supone el cierre del proyecto y su entrada en operación normal. Por ello, puede incluir las actividades conducentes a su puesta en marcha en operación normal.

La terminación incluye las siguientes actividades:

1. Cierre del sistema.
2. Planes para transferir el sistema a su utilizador / organización de apoyo.
3. Desinversión o transferencia de recursos a otros sistemas.
4. Desarrollo de lecciones aprendidas (experiencias) para transferirlas a la realización de otros proyectos en el futuro. Incluso de esta experiencia en bancos de datos tanto cualitativos como cuantitativos, referidos a:
  - Evaluación de imágenes de empresas por cliente.
  - Problemas principales encontrados y su solución.
  - Avances tecnológicos; resultados de su aplicación.
  - Avances conseguidos en cuanto a procedimientos internos de dirección integrada de proyecto (DIP).

- Recomendaciones para futuros proyectos análogos.
- Recomendaciones de tipo general en cuanto a DIP.

### **1.3. Importancia del proyecto**

Los proyectos son de gran importancia porque permiten resolver problemas identificados, los cuales de una u otra forma van a mejorar las condiciones de vida del grupo en estudio (Salcedo, 2016), además de ello permiten acceder a diversas fuentes de financiación las cuales basan sus decisiones en diseño de estrategias y flujo de recursos que concluidos de la forma correcta van a permitir obtener resultados que llevan a la recuperación del capital, en cuanto a gestión, los proyectos permiten tener una adecuada forma de gestionar y organizar los recursos invertidos en base a los resultados esperados, todo esto estableciendo una lógica de ejecución (Salcedo, 2016).

La elaboración de un proyecto es la manera racional para resolver un problema a través del mismo se establecen todos los elementos que son necesarios para dichas soluciones, los recursos que se disponen y los que son imprescindibles solicitar a terceros, además de las etapas que se deben cumplir para la ejecución del mismo (Watson Quesada, comunicación personal, 20 de febrero de 2016).

### **1.4. Conocimientos generales para la elaboración de un proyecto de densificación**

El proyecto para la construcción de un polígono de puntos topográficos es un documento organizativo en el cual se plasma la variante conveniente para realizar la monumentación y las mediciones de campo que permitan obtener las coordenadas (x, y, z) de puntos con fines topográficos (Córdova, 1987), fijándose en este como aspectos fundamentales la forma en que deben realizarse las observaciones, así como, la precisión con que se quieren obtener los resultados (Córdova, 1987).

El proyecto consta de dos etapas. En la primera se tiene en cuenta la elección de los puntos iniciales existente en la zona de trabajo que pertenecen a la red geodésica nacional, así como el trazado de estos puntos y la geometría de los métodos de densificación a utilizar en un mapa de la zona objeto de trabajo. Al realizar este trabajo deben escogerse dos o más alternativas, ya que es posible que, al realizar el reconocimiento, se vea que no se puede llevar a cabo lo



proyectado por existir un determinado obstáculo u otro tipo de dificultad que no aparezca plasmado en el mapa. De ahí, la importancia de escoger varias alternativas (Córdova, 1987).

La segunda etapa está constituida por la planificación del trabajo, incluyendo la determinación del instrumental que se va a emplear y el personal, haciéndose esto sobre la base de la precisión con que se quieran obtener los resultados.

Para realizar el proyecto es necesario:

1. Tener un mapa de la zona de trabajo donde se reflejan los puntos iniciales pertenecientes a la red geodésica nacional.
2. Tener conocimiento de cuál es el objetivo con que se realiza el trabajo, así como el tiempo disponible para ejecutarlo, los recursos con que se cuenta, cual es el área que ocupa y la exactitud que se pretende alcanzar.

Al realizar el proyecto es necesario que se tengan bien definidos los criterios que se deben seguir, puesto que el trabajo debe ejecutarse en el tiempo mínimo posible y con los recursos necesarios, cuestiones importantes para realizar un buen proyecto ya que estos constituyen la base para los trabajos posteriores (Córdova, 1987). Los mapas que se utilizan para plasmar en ellos el proyecto dependen del orden o clase de los puntos topográficos que se van a construir.

## **1.5. Conceptos y definiciones**

### **Redes geodésicas**

Una red geodésica es un conjunto de puntos ubicados en la superficie terrestre en los cuales se determinan su posición geografía diferencial (latitud, longitud y elevación) mediante el uso de receptores GPS. Al hablar de posición diferencial geográfica nos referimos a la determinación de coordenadas a partir de puntos con coordenadas conocidas (Fargas, 2001).

La creación de redes geodésicas es con la idea de regular que todos los proyectos topográficos y cartográficos que se realicen, tanto en dependencia estatales, municipales y empresas descentralizadas de servicios que utilicen el área pública municipal para la dotación de dichos servicios, así como de particulares, queden ligados a un solo sistema de referencia geográfica (Fargas, 2001).

**Redes Topográficas de Apoyo:** Consiste todo levantamiento topográfico en trasladar al plano, con su cota, puntos determinados del terreno, partiendo, en planimetría, de una recta escrupulosamente medida orientada que se denomina la base, y en altimetría, tomando como origen un punto cuya altitud sobre nivel medio del mar sea conocida, o al que se le asigne una cota arbitraria, arrastrando está a los demás puntos previo cálculo, de los desniveles parciales de uno a otro (Wangdi, 2010).

### **1.6. Métodos de densificación**

Para la determinación de las coordenadas altimétricas y planimétricas de polígonos de puntos topográficos existen varios métodos de densificación dentro de los más empleados tenemos:

Métodos planimétricos:

1. Poligonometría.
2. Triangulación.
3. Trilateración.
4. Intercepciones (directa e inversa).

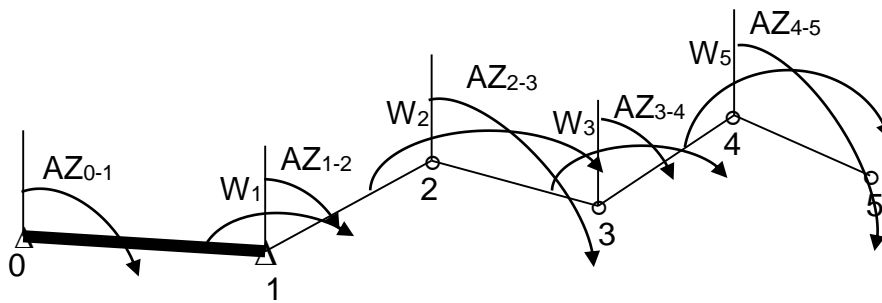
#### **Poligonometría**

La poligonal es un método de densificación planimétrica que consiste en una serie de lados unidos unos a otros en forma tal que el punto extremo final de cada lado coincide con el punto extremo inicial del lado siguiente. El punto común recibe la denominación de punto poligonométrico o vértice. En cada vértice se mide sucesivamente el ángulo de dirección a partir del punto precedente hacia el punto siguiente (Belete, 2008).

#### **Tipos de poligonales**

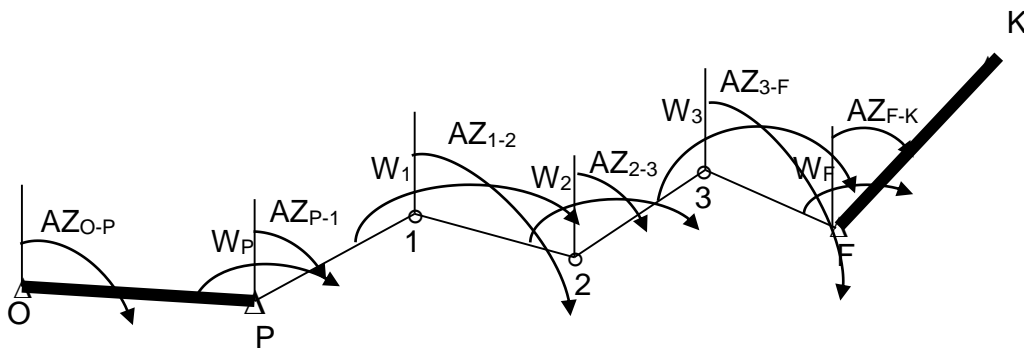
Belete (2014) en su libro Topografía, plantea que, de acuerdo con el tipo de unión con la red de los puntos ya conocidos, las poligonales se dividen en cinco grupos, según el modo de orientación y enlace:

Poligonales abiertas orientadas en el punto inicial (figura 1. 2). En el punto final no hay control en las anotaciones topográficas dadas (no tiene comprobación). Estas poligonales tienen uso limitado.



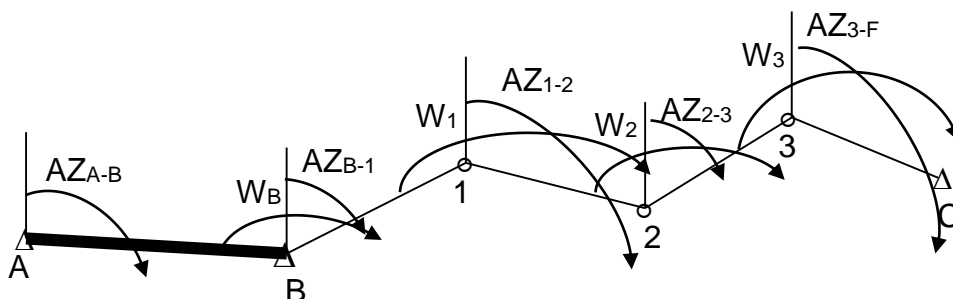
**Figura 1.2.** Poligonal abierta

Poligonales de enlace por dos puntos extremos de dos lados orientados. (figura 1.3), las cuales se orientan midiendo.



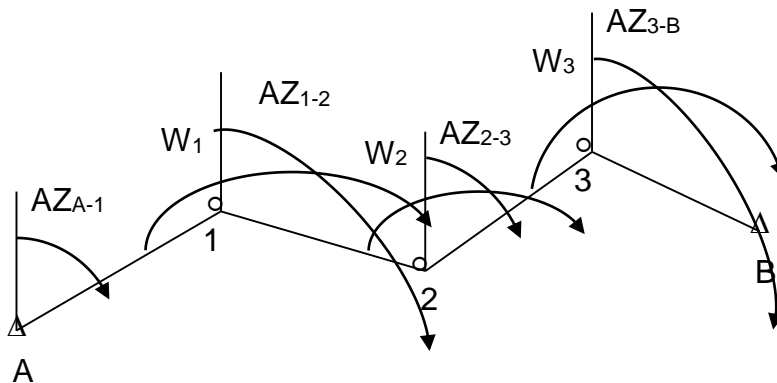
**Figura 1.3.** Poligonal de enlace por dos puntos extremos de dos lados orientados

Poligonales de enlace por dos puntos extremos de un lado orientado (figura 1.4). Ellas son orientadas midiendo el ángulo en el punto inicial y terminan en un punto conocido determinado por las mediciones efectuadas anteriormente.



**Figura 1.4.** Poligonal de enlace por dos puntos extremos de un lado orientado

Poligonales de enlace por dos puntos extremos sin orientación (figura 1.5). Ellas comienzan y terminan en puntos conocidos, sin medir el ángulo de orientación en los puntos inicial y final. Estas poligonales se orientan indirectamente mediante cálculos.

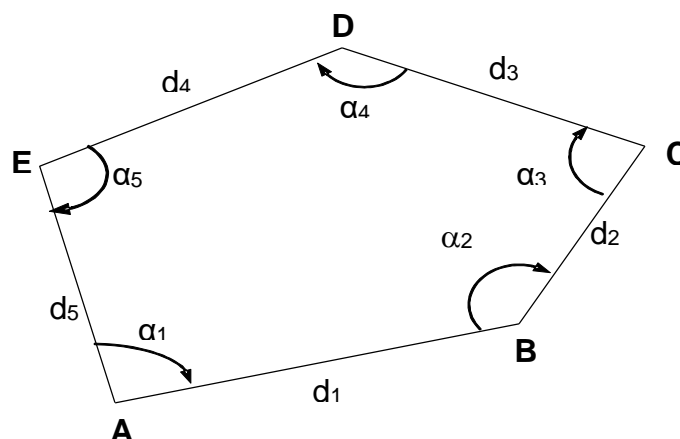


**Figura 1.5.** Poligonal de enlace por dos puntos extremos

Poligonales cerradas de rodeo. Comienzan y terminan en el mismo punto (figura 1.6). La poligonal cerrada de rodeo es aquella que parte de un punto de coordenadas (X, Y) y acimut conocido, y se recorre, como su nombre lo indica, rodeando el área objeto de levantamiento, hasta terminar en el punto inicial de referencia (Belete, 2014).

Se usa para la densificación de zonas y para determinas áreas poco extensas. Como estas poligonales comienzan y terminan en el mismo punto (de coordenadas conocidas) debe cumplirse en ella que:

$$\sum \Delta X = \sum \Delta Y = 0$$



**Figura 1.6.** Poligonal cerrada de rodeo

En la tabla 1.1 se muestran los diferentes parámetros técnicos para la poligonometría teniendo en cuenta el orden de precisión. Estos parámetros se establecen en las instrucciones técnicas para levantamientos topográficos a escalas 1:2000, 1:1000 y 1:500 del año 1987, emitida por el Ministerio de la Construcción.

**Tabla 1.1.** Tolerancias admisibles para poligonales

<b>Características</b>	<b>4to orden</b>	<b>I categoría</b>	<b>II categoría</b>	<b>I clase</b>	<b>II clase</b>
<b>Error relativo</b>	1:25 000	1:10. 000	1:5000	1:2000	1:1000
<b>Error medio Cuadrático de la medición de ángulo, seg.</b>	2	5	10	...	...
<b>Error de cierre angular</b>	$5^n\sqrt{n}$	$10^n\sqrt{n}$	$20^n\sqrt{n}$	$60^n\sqrt{n}$	
<b>Longitud límite, km</b>	10	5	3	...	...

Para la nivelación esta norma establece los parámetros siguientes:

$$\text{IV Orden} \quad F_n \pm 20\sqrt{L}$$

$$\text{Técnica} \quad F_n \pm 50\sqrt{L}$$

Dónde:

L: es la longitud de la línea de nivelación en Km.

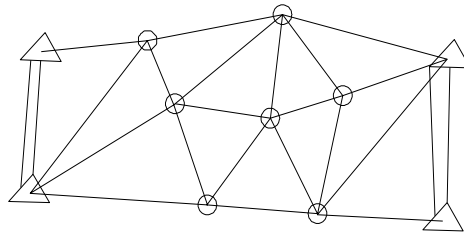
### **Triangulación**

Se entiende por triangulación el método de levantamiento geodésico horizontal que consiste en un conjunto de figuras conformadas por triángulos interconectados y traslapados que forman una cadena o cubren un área específica, en donde se han medido algunos lados y los ángulos en los vértices, con el propósito último de determinar las coordenadas de dichos vértices.

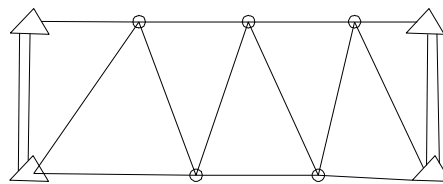
La triangulación se emplea en combinación con las poligonales para determinar puntos o detalles de un levantamiento. Esta resulta más económica cuando se

trata de medición de grandes distancias, pues cuando las distancias son cortas, el costo de la construcción de las estaciones, torres de observaciones, etc., se hace preferible el empleo de poligonales. Por otra parte, el uso de instrumentos de precisión en las triangulaciones no aumenta mucho el costo (figuras 1.7, 1.8 y 1.9).

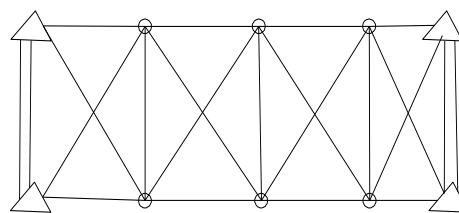
Figuras compactas.



**Figura 1.7.** Malla irregular



**Figura 1.8.** Cadena de triángulos



**Figura 1.9.** Cadena de cuadriláteros

### Trilateración

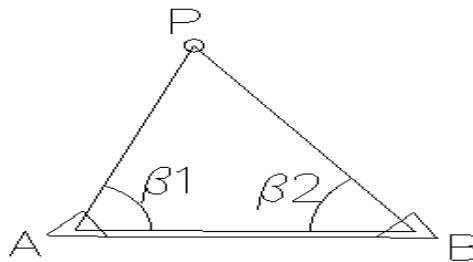
La trilateración es el método de levantamiento geodésico horizontal que consiste en un conjunto de figuras, conformadas por triángulos interconectados en los que se miden las distancias y algunos ángulos, formando una cadena o cubriendo un área específica, con el propósito último de determinar las coordenadas de los vértices de los triángulos.

### Intercepciones (directa e inversa)

Las intercepciones son métodos de densificación planimétrica que permiten determinar las coordenadas de un punto a partir de la resolución de triángulos, las más frecuentes son:

- Intercepción directa.
- Intercepción inversa.

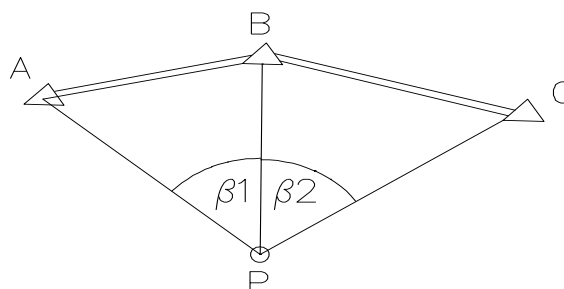
**La intersección directa** es un método planimétrico que sólo precisa de medidas angulares para determinar la posición de puntos. Las observaciones se realizan estacionando el teodolito en dos puntos de coordenadas planimétricas conocidas, visándose entre sí y al punto que se pretende ubicar. La intersección se denomina múltiple si se tienen más estacionamientos de los necesarios, lo que permite ejercer una comprobación de los resultados obtenidos (figura 1.10).



**Figura 1.10.** Intercepción directa por ángulos

### Intersección inversa

Este método se utiliza cuando podemos estacionar el instrumento en el punto que no se conocen sus coordenadas y medir los ángulos a los puntos con coordenadas conocidas. Se necesitan un mínimo de tres puntos con coordenadas conocidas (figura 1.11).



**Figura 1.11.** Intercepción inversa

## **Métodos de densificación altimétrica**

Los métodos de densificación altimétrica permiten determinar la altura de puntos sobre la superficie terrestre, existen diferentes métodos los más frecuentes son:

- Nivelación geométrica.
- Nivelación trigonométrica.

### **Nivelación geométrica**

La nivelación simple es la más sencilla en la que por estar dos puntos relativamente cerca uno del otro su diferencia de nivel puede ser determinada con una sola puesta del instrumento, colocando la mira sucesivamente en cada uno de los dos puntos.

A la primera lectura de mira se le denomina en el lenguaje topográfico mira de espalda (ME). Después de determinar esa primera operación se dirige una segunda visual a otra mira situada verticalmente en el otro punto tomándose la lectura correspondiente. Esa segunda lectura de mira se denomina mira de frente (MF) (figuras 1.12 y 1.13).

**Instrumentos:** Nivel, miras, pin o zapos.

### **Clasificación de la nivelación geométrica:**

Por su precisión: I, II, III y IV Orden en nivelación técnica.

Formas de desarrollo:

- Líneas independientes.
- Polígonos.
- Nivelación simple: Puestas independientes.
- Nivelación compuesta: Varias puestas continuas.

### **En dependencia de la colocación del instrumento.**

Nivelación hacia delante.





**Figura 1.12.** Esquema de una nivelación hacia adelante

Los desniveles se calculan a partir de la ecuación (1.1)

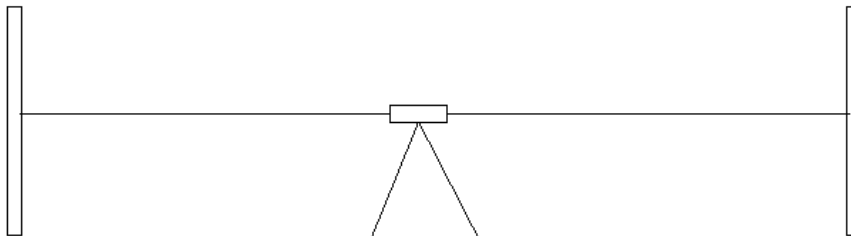
$$h_{AB} = ME - MF \quad (1.1)$$

Dónde:

$h_{AB}$ : desnivel.

ME: mira de espalda.

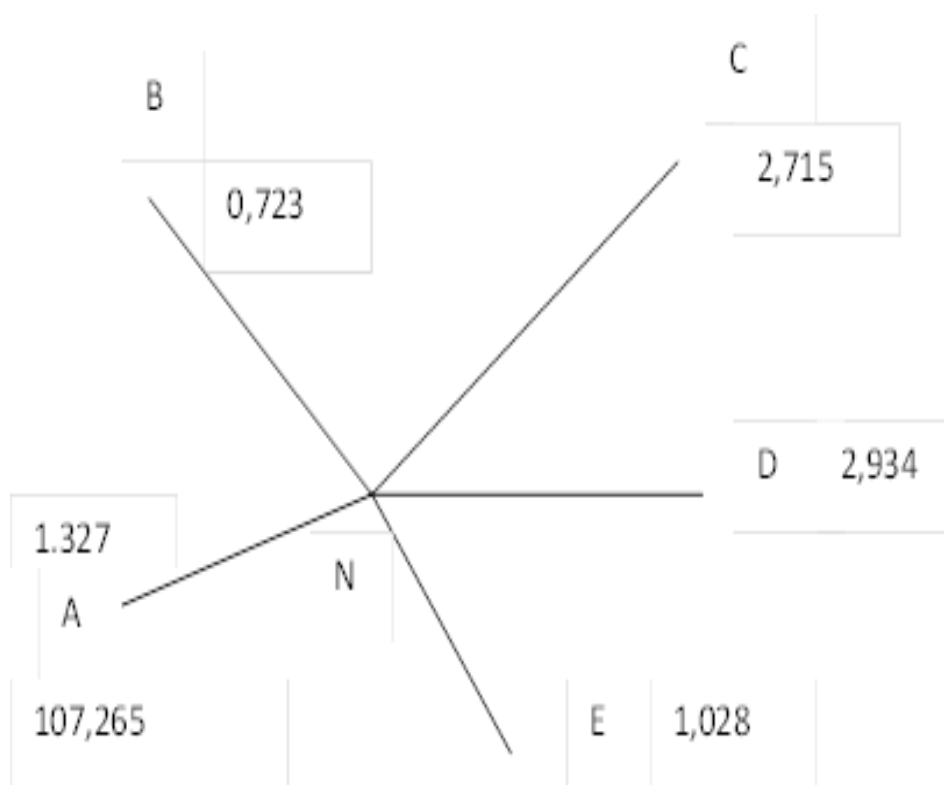
MF: mira de frente.



**Figura 1.13.** Esquema de nivelación desde el centro

Este método garantiza una mayor distancia y se atenúa el error por la no horizontalidad de la visual.

La figura 1.14 muestra un esquema del método de nivelación radial.



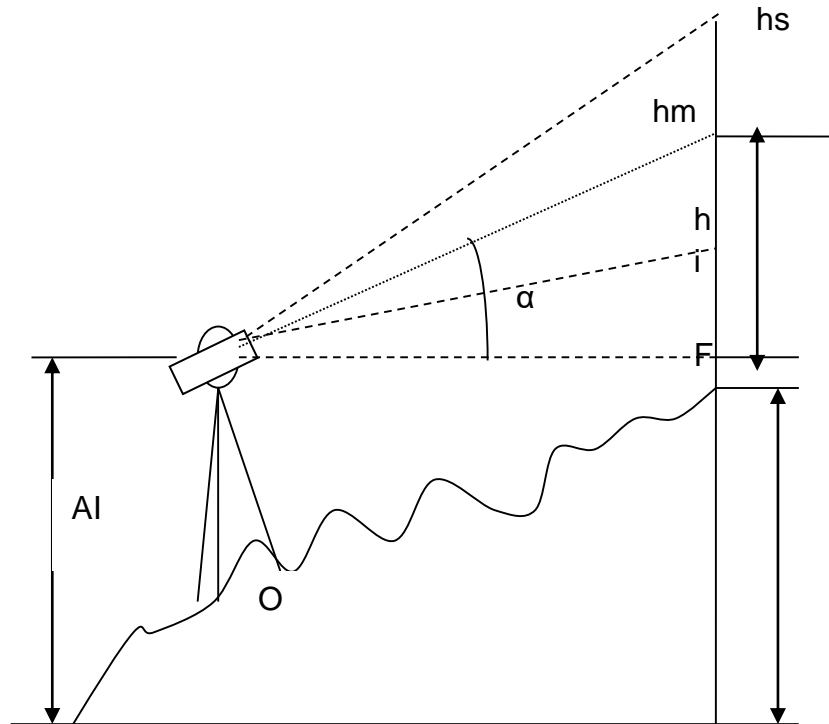
**Figura 1.14.** esquema de una nivelación radial

#### **Secuencia de trabajo de una puesta de instrumento:**

1. Se biseca mira de espalda (Hs, Hm).
2. Mira de frente (Hs, Hm).
3. Se cambia la altura del instrumento y se biseca mira de frente.
4. Se biseca mira de espalda.

#### **Nivelación trigonométrica**

La nivelación trigonométrica se fundamenta en visuales inclinadas, se utilizan en terrenos ondulados y montañosos y cuando se quiere determinar la altura de los puntos situados por triangulación, ya que tienen la ventaja que mientras se desarrollan los trabajos de triangulación, pueden llevarse a cabo también los trabajos de nivelación trigonométrica con el mismo teodolito (figura 1.15).



**Figura 1.15.** Esquema de una nivelación trigonométrica

La nivelación trigonométrica se calcula a partir de la ecuación (1.2)

$$\Delta H = D_v + AI - hm \quad (1.2)$$

Dónde:

$\Delta H$ : desnivel.

$D_v$ : distancia vertical.

$AI$ : altura del instrumento.

$hm$ : hilo medio.

Aplicando la ecuación 1.2 se obtienen ecuación (1.3)

$$D_v = Dh \cdot \tan \alpha \quad (1.3)$$

Dónde:

$D_v$ : distancia vertical.

$D_h$ : distancia horizontal.

$\tan \alpha$ : ángulo vertical.

### **1.7. Análisis de normas técnicas para trabajos topográficos y geodésicos**

Se realiza una revisión de las normas técnicas de levantamientos geodésicos y topográficos que cumplen con los estándares nacionales e internacionales establecidos por los principales centros de investigación y la aplicación de las ciencias geodésicas.

El establecimiento físico de las marcas o monumentos puede ser ejecutado por las brigadas de reconocimiento, o en su defecto, por una brigada específica de monumentación (Instituto Geográfico Nacional de Perú, 2005), siguiendo las normas generales que se indican a continuación:

1. Todo punto de un polígono topográfico deberá estar permanentemente marcado en el terreno mediante el establecimiento de monumentos construidos, de tal modo que se asegure razonablemente su permanencia y estabilidad.
2. En relación con la permanencia de los monumentos, se deberá ejercer el criterio de construirlos con la solidez en lugares seguro.
3. Respecto a la estabilidad de los monumentos, se deberán tomar en cuenta para su establecimiento las características geológicas locales del suelo y las condiciones ambientales prevalentes, a fin de asegurar una razonable permanencia en posición a lo largo del tiempo.
4. Se aceptarán como monumentos los tipos de marca metálica empotrada en roca sana, monumentos de concreto, preferiblemente reforzados, en forma de tronco-piramidal o tronco cónico, tal que resulte difícil su extracción del terreno, llevándolos a una profundidad tal que descansen sobre el lecho firme del subsuelo y en el caso de levantamientos horizontales, de modo que contengan una marca subterránea alineada verticalmente con la marca de la cara superior. Se aceptarán también como monumentos los construidos sobre terrenos poco firmes de espesores apreciables, cuando sea posible integrar un elemento metálico en forma de tubo o varilla que atravesando verticalmente la formación pueda hacerse llegar hasta el lecho firme del terreno.
5. Todo monumento deberá llevar en su parte superior una inscripción que lo identifique, preferiblemente mediante una placa metálica grabada empotrada en el material. La inscripción deberá contener la indicación del organismo que

estableció el monumento, fecha, tipo de levantamiento, designación y un punto en el centro que señale el sitio preciso en que se hacen las medidas.

### **1.8. Tipos de monumentos**

#### **Monumentos dobles**

Son puntos de la red geodésica nacional de I, II, III y IV Orden, en los cuales se ubican dos chapas, una en la parte superior del monumento y otra dentro de la fundición del monumento (Belete, 2014), de manera tal que si es destruido en la parte superior pueda ser restablecido en la parte interior. Son de forma trapezoidal y no exceden los 30 cm de altura sobre el nivel del terreno ni en sus dimensiones de largo y ancho (figura 1.16).



**Figura 1.16.** Monumentos dobles

#### **Monumentos sencillos**

Es un monumento similar a los monumentos dobles, pero solo contiene una chapa de centración, puede ser en forma trapezoidal de monumento o puede encontrarse empotrado en aceras, alerones de puentes, contenes y otros (figuras 1.17 y 1.18).



**Figura 1.17.** Monumento sencillo



**Figura 1.18.** Punto topográfico empotrado en la acera

### **Monumentos de contracción forzada**

Son monumentos construidos con características especiales, una columna de hormigón armado de aproximadamente 1.20 metros de altura donde se ubica un tornillo de fijación del instrumento (figura 1.19).



**Figura 1.19.** Monumentos de contracción forzada

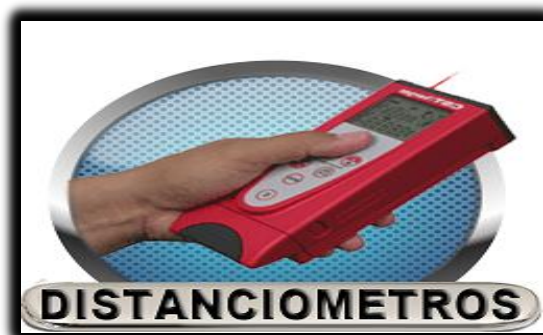
### **1.9. Equipamiento topográfico moderno**

**Teodolito electrónico:** es la versión del teodolito óptico, con la incorporación de electrónica para hacer las lecturas del círculo vertical y horizontal, desplegando los ángulos en una pantalla eliminando errores de apreciación, es más simple en su uso, y por requerir menos piezas es menos compleja su fabricación y en algunos casos su calibración. Las principales características que se deben observar para comparar estos equipos son: la precisión, el número de aumentos en el lente del objetivo y si tiene o no compensador electrónico (tomada de internet, 2016). Este equipo debe manejarse con mucho cuidado para evitar golpes y raspaduras en los lentes (figura 1.20).



**Figura 1.20.** Teodolito electrónico

**Distanciometro:** es un dispositivo electrónico para medición de distancias, funciona emitiendo un haz luminoso ya sea infrarrojo o láser, este rebota en un prisma o directamente sobre la superficie, y dependiendo del tiempo que tarda el haz en recorrer la distancia. El distanciometro solo puede medir la distancia inclinada, para medir la distancia horizontal y desnivel, algunos tienen un teclado para introducir el ángulo vertical y por senos y cosenos calcular las otras distancias (tomada de internet, 2016). El alcance de estos equipos puede ser de hasta 5,000 m, también existen distanciometro manuales, estos tienen un alcance de hasta 200 m, son muy útiles para medir recintos y distancias cortas en general. Estos equipos deben ser manejados con mucho cuidado (figura 1.21).



**Figura 1.21.** Distanciometro

**Estaciones Totales:** se denomina estaciones totales a un instrumento electro-óptico utilizado en topografía, cuyo funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica. Consiste en la incorporación de un distanciometro y un

microprocesador a un teodolito electrónico. Algunas de las características que incorpora, y con las cuales no cuentan los teodolitos, son una pantalla alfanumérica de cristal líquido (LCD) de avisos, iluminación independiente de la luz solar, calculadora, distanciómetro, (seguidor de trayectoria) y la posibilidad de guardar información en formato electrónico, lo cual permite utilizarla posteriormente en ordenadores personales (tomada de internet, 2016). Vienen provistas de diversos programas sencillos que permiten, entre otras capacidades, el cálculo de coordenadas en campo, replanteo de puntos de manera sencilla y eficaz y cálculos de acimutes y distancias (figura 1.22).



**Figura 1.22.** Estaciones totales

**Nivel:** es un instrumento que representa una referencia con respecto a un plano horizontal. Este aparato ayuda a determinar la diferencia de elevación entre dos puntos con la ayuda de las miras. El nivel más sencillo es el nivel de manguera, es una manguera transparente, se le introduce agua y se levantan ambos extremos, por simple equilibrio, el agua estará al mismo nivel en ambos extremos. El nivel de mano es un instrumento también sencillo, la referencia de horizontalidad es una burbuja de vidrio o gota, el clisímetro es una versión mejorada del nivel de mano incorporando un transportador metálico permitiendo hacer mediciones de inclinación y no solo desnivel. El nivel fijo es la versión sofisticada del nivel de mano, este en lugar de sostenerse con la mano se coloca sobre un tripie, la óptica tiene más aumentos y la gota es mucho más sensible (tomada de internet, 2016). En el caso del nivel de manguera y de mano no requieren mucho cuidado, pero el nivel fijo si hay que manejarlo con más precaución y evitar golpes (figura 1.23).





**Figura 1.23.** Nivel

El sistema GPS tiene una amplia versatilidad, respondiendo a las necesidades de una gran variedad de usuarios del posicionamiento (Ortiz Marín, et al., 2008; San José Blasco et al., 2007; Rodríguez Roche., 2004; Moirano, 2000; García Díaz, 2007). Si se necesita de un posicionamiento de calidad, existen varias alternativas. La mayoría de estas implican el uso del método diferencial.

El método diferencial implica calcular coordenadas de nuevos puntos respecto a una estación de referencia, que debe tener coordenadas conocidas a priori. La situación esperada es que el cálculo diferencial no se encuentre afectado por errores sistemáticos apreciables (Batista, 2012).

En este caso, la exactitud de las coordenadas calculadas estará determinada por la del observable utilizado y la distribución de los satélites en el espacio (Batista, 2012). El usuario debe ser capaz de controlar la incidencia de los errores sistemáticos en el cálculo de sus vectores a fin de poder obtener una solución precisa y exacta. El Sistema de Posicionamiento Global (GPS-Global Positioning System, por sus siglas en inglés), está formado por una constelación de satélites que orbita la tierra dos veces al día, transmitiendo información precisa de tiempo y posición a cualquier lugar de la tierra durante las 24 horas (figura 1.24).



Figura 1.24. Sistema de posicionamiento global

### 1.10. Equipos topográficos con que cuenta el ISMMM

En el ISMMM se usan como equipos para las mediciones y las clases prácticas en las asignaturas de Topografía general y Topografía minera, los Teodolitos, Taquímetros Dalta 010A, los niveles y como accesorios cinta métrica y mira.

**Teodolito óptico:** el teodolito es un instrumento de medición mecánico-óptico universal que sirve para medir ángulos verticales y horizontales, ámbito en el cual tiene una precisión elevada. Con otras herramientas auxiliares se puede medir distancias y desniveles. Es portátil y manual; con ayuda de una mira y mediante la taquimetría, puede medir distancias. Este equipo debe manejarse con mucho cuidado para evitar golpes y raspaduras en los lentes (figuras 1.25, 1.26, 1.27 y 1.28).



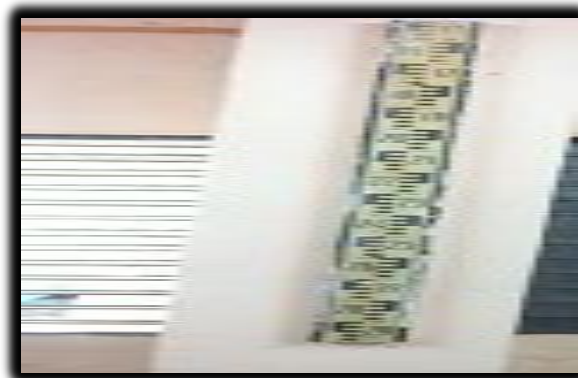
Figura 1.25. Teodolito óptico



Figura 1.26. Taquímetro Dalta 010A



**Figura 1.27.** Nivel Ni025



**Figura 1.28.** Mira

## CAPÍTULO 2. ETAPAS PREPARATORIAS DEL PROYECTO

### 2.1. Generalidades

En este capítulo se describen las etapas preparatorias para la realización del proyecto, reflejando los diferentes trabajos a ejecutar para cumplir con la tarea propuesta. De manera general se realiza una descripción de las características físico-geográficas de la región, donde se realiza el proyecto, se muestra el resultado de la búsqueda de información de partida, considerando las características de la zona, así como las principales necesidades que exigen las clases prácticas de las asignaturas Topografía general y Topografía minera.

### 2.2. Características físico- geográficas de la región de estudio

El municipio de Moa se encuentra ubicado al noroeste de la provincia de Holguín (figura 2.1), limita al norte con el océano Atlántico, al sur con el municipio de Yateras, al este con el municipio de Baracoa y al oeste con los municipios Sagua de Tanamo y Frank País (Hernández, 2014).



**Figura 2.1.** Ubicación del área de estudio

Desde el punto de vista meteorológico, la localidad de Moa se sitúa en una zona costera con predominio de las condiciones tropicales marítimas-costeras.

Esta región se encuentra enclavada en el grupo montañoso Sagua-Baracoa, lo cual hace que en ella exista un relieve predominante montañoso,

fundamentalmente hacia la parte sur de la región donde es más accidentado, debido a la presencia de la cercanía de la sierra de Moa que se extiende en dirección submeridional; hacia el norte de la región el relieve se hace más moderado con cotas que oscilan entre los 40 y 50 m como máximo, disminuyendo gradualmente hacia la costa (Hernández, 2014), influyendo además por la necesidad de construir diferentes obras económicas y sociales, lo que implica la realización de grandes movimientos de tierra. El relieve del territorio se clasifica en dos tipos: relieve de llanura y relieve de montaña (Rodríguez, 1999).

La vegetación está compuesta fundamentalmente por bosques de pinus cubensis en las zonas montañosas, mientras que en la costa se observa el predominio de mangles. Según el Atlas Nacional de Cuba, los suelos son rocosos ferríticos potentes que se desarrollan sobre serpentinitas, donde la intensidad de los procesos denudativos es moderada, los suelos son de coloración rojos y amarillentos ferríticos y alíticos (Hernández, 2014).

### 2.3. Etapas preparatorias del proyecto

En la (figura 2.2) se muestra el flujograma de las etapas que comprenden la estructura del proyecto.

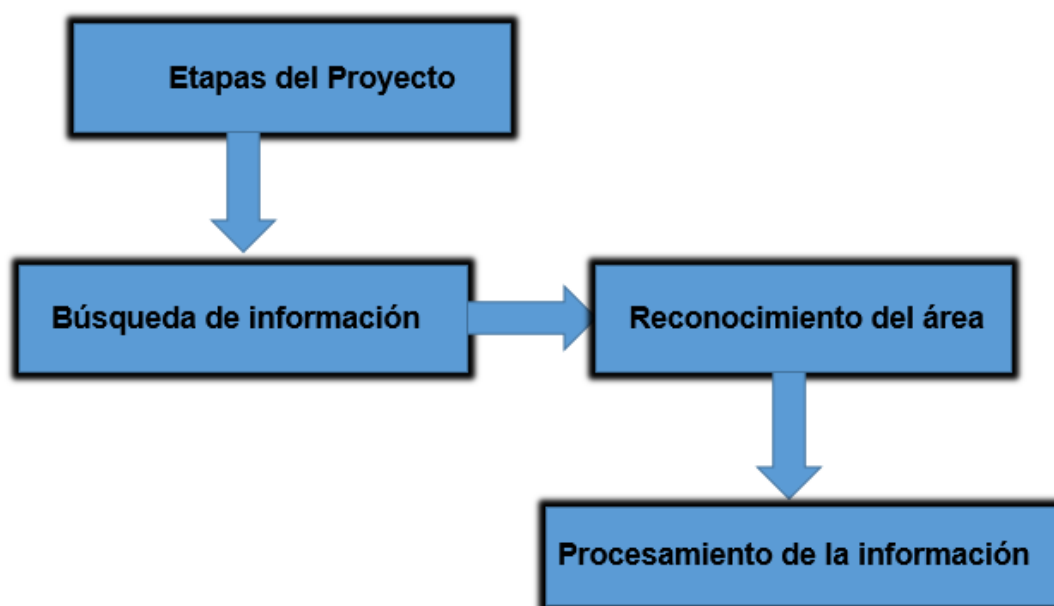
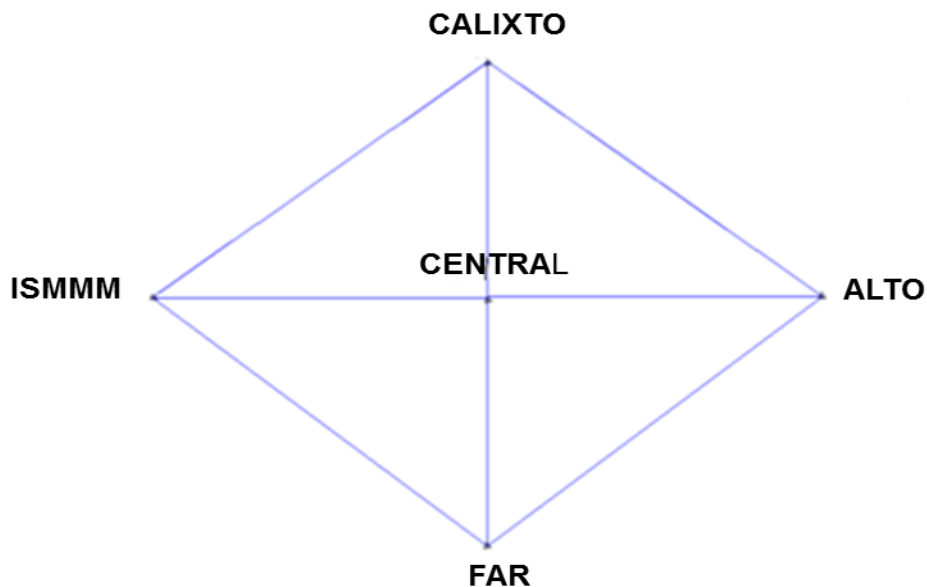


Figura 2.2. Etapas del proyecto

## 2.4. Búsqueda de información

Para darle cumplimiento a la primera etapa del proyecto (búsqueda de información) se realizaron entrevistas a los profesores Norberto Ferrera Alba, Orlando Belete Fuente y Ana Caridad Eche Viera, sobre los polígonos de puntos topográficos que existían anteriormente alrededor del ISMMM. Se pudo verificar que el monumento ISMMM estaba situado en la parte trasera de la cocina del comedor de la universidad; así como que el punto FAR se ubicaba en una elevación al oeste de una construcción que pertenecía a la Empresa Comunales y cercano a una instalación militar que había en esa zona, y por su parte el monumento CENTRAL estaba establecido en la primera elevación que existe al oeste suroeste de la universidad. El último punto denominado ALTO se encontraba en la elevación existente al suroeste del ISMMM. Fuera del área del Instituto, aproximadamente a una distancia de cinco kilómetros se encontraba un monumento de la Red Geodésica Nacional que se llama Calixto de II Orden (figura 2.3). Los resultados de la entrevista se recogieron en un modelo presentado en el anexo 1.



**Figura 2.3.** Esquema del polígono de puntos que existía en el ISMMM

Los monumentos se construyeron con la dosificación siguiente: Una parte de cemento, dos partes de arena y tres partes de piedra. Las torres se construyeron

de metal con seis metros de altura (figura 2.4.) La medición de las distancias base se realizaron con un telurométero.



**Figura 2.4.** Señal de punto topográfico fuera de servicio del ISMMM

Se consultaron los planos topográficos a escala 1:2 000 con nomenclatura 6950501, 6950502, el Mapa topográfico a escala 1:25 000, el trapecio número 5277-IV-a, además de los listados de coordenadas obtenidos por la Empresa de Ingeniería y Proyectos del Níquel apoyados en el catálogo oficial de la Oficina Nacional de Hidrografía y Geodesia.

Se analizaron resultados de trabajos anteriores:

Wangdi (2010), en su trabajo de diploma (Evaluación de la exactitud de los puntos de la red de apoyo creado con estaciones totales para calcular el volumen de mineral extraído) plantea el empleo de las estaciones totales en la creación de polígonos topográficos, realizando una valoración de las ventajas de estas tecnologías respecto a los instrumentos tradicionales. Aporta parámetros como distancias máximas de medición en redes de primera categoría.

Hernández (2014), en la investigación realizada para analizar la degradación de los suelos en el municipio de Moa, realiza una caracterización físico-geográfica del municipio teniendo en cuenta todos los aspectos relacionados con el clima,

la vegetación, la morfología e hidrografía, aporta un mapa integral del municipio que refleja el grado de degradación de los suelos.

Salek & Jatri (2003), aportaron, con su trabajo titulado Particularidades Ingeniero geológicas del sector Miraflores, Atlántico y Vivienda Checa, las características del suelo, lo cual facilitó el criterio de diseño de los monumentos a establecer en el polígono.

Una vez consultados a los profesores de las asignaturas Topografía general y Topografía minera del ISMMM se les solicitaron las necesidades de prácticas en el terreno que permitan dar cumplimiento al objetivo de las asignaturas, relacionando las siguientes:

- Trabajo con el teodolito. Estacionamiento y orientación.
- Determinación en campo del error de colimación.
- Medición de ángulos horizontales y verticales.
- Medición directa e indirecta de distancias.
- Trazado de una poligonal.
- Trazado de un circuito de nivelación.
- Levantamiento taquimétrico.
- Replanteo de puntos en el terreno.
- Transmisión de las cotas en las canteras.
- Transmisión de las cotas en la mina subterránea.
- Transmisión de la cota de la superficie a la mina con cinta larga y con cinta corta.
- Nivelación geométrica en las excavaciones subterráneas.

Teniendo en cuenta estas necesidades se fundamenta la proyección del polígono y la forma en que se van a distribuir los puntos por toda el área para simular las condiciones de una mina, por lo que se decide proyectar el polígono de forma tal que los elementos naturales del terreno del área del Instituto sirvan para simular condiciones de una mina tanto subterránea como a cielo abierto (figuras 2.5 y 2.6).





**Figura 2.5.** Simulación de un banco en una mina a cielo abierto



**Figura 2.6.** Espacio aéreo para simular una mina subterránea

## 2.5. Reconocimiento del área

Con el objetivo de planificar las áreas para el establecimiento de los puntos que conformarán el polígono, así como reconocer los puntos de la red geodésica nacional, se realizó la etapa de reconocimiento. Se recorrieron todas las áreas dentro del límite que corresponde al Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa (figuras 2.7).



**Figuras 2.7.** Reconocimiento del área de estudio

Para revisar la red geodésica existente se realizó el recorrido por las diferentes áreas. En el lateral izquierdo del hotel Miraflores se encontraron tres puntos topográficos empotrados en la acera con chapas bronceadas pertenecientes a la red geodésica nacional, dos puntos al noroeste de la entrada principal denominados R-1 y R-2 (figuras 2.8 y 2.9) y un punto con nomenclatura MF-2 ubicado en la segunda entrada del reparto Miraflores próximo al edificio número 34 (figura 2.10).



**Figura 2.8.** Punto topográfico empotrado en la acera R-2



**Figura 2.9.** Punto topográfico empotrado en la acera R-1



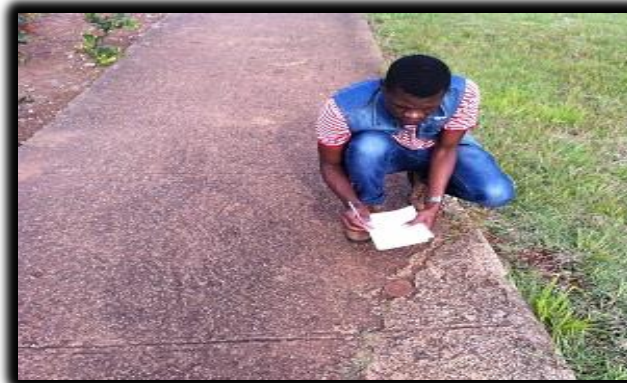
**Figura 2.10.** Punto topográfico empotrado en la acera MF-2

Se encontró un punto topográfico en el triángulo de la rotonda empotrado en el contén de la acera con la nomenclatura de la Empresa Geocuba TC-5 (figura 2.11).



**Figura 2.11.** Punto topográfico empotrado en el contén del triángulo de la rotonda TC-5

Frente al hospital Guillermo Luis. Fernández Hernández Baquero al bajar por la avenida Calixto García Iñiguez en dirección a la Policía Nacional Revolucionaria se encuentra un punto topográfico empotrado en la acera con la nomenclatura 5277-4T (figura 2.12).



**Figura 2.12.** Punto topográfico empotrado en la acera frente al hospital 5277-4T

Se realizó la búsqueda de la estación 5277-4-75 perteneciente a la red geodésica nacional de IV orden encima del edificio número cuatro de minas ubicado en el año 1987, este punto de tipo chapa empotrada no pudo ser encontrado ya que en el edificio las labores de impermeabilización del techo sellaron la chapa (figura 2.13).



**Figura 2.13.** Punto topográfico encima de la terraza del edificio de minas 5277-4-75

## 2.6. Procesamiento de la información

Para darle cumplimiento a esta etapa se procesaron las informaciones que resultaron en la búsqueda. Se analizaron las entrevistas, así como los resultados de cada investigación consultada, la red de puntos existentes y los mapas y planos topográficos. Toda esta información es considerada de partida para realizar el proyecto.

La información de partida permitió definir elementos para la proyección, como la distribución de los puntos a proyectar para lograr homogeneizar el área de estudio, la calidad geométrica de las poligonales, el tipo de monumento a construir teniendo en cuenta las características del suelo, así como los métodos de densificación a emplear.

## **CAPÍTULO 3. PROYECTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN POLÍGONO DE PUNTOS TOPOGRÁFICOS CON FINES DOCENTES EN EL ISMMM**

### **3.1. Introducción**

La tarea planteada en este proyecto es la densificación de la red geodésica planimétrica y altimétrica para la construcción de un polígono de puntos topográficos del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa con fines docentes.

Como objetivos del mismo se plantea.

- Desde el punto de vista docente proyectar redes geodésicas de primera categoría y la realización de los cálculos económicos de la red proyectada.
- Desde el punto de vista educativo desarrollar cualidades estéticas en la elaboración de documentos literales, gráficos y desarrollar la independencia e iniciativa en la toma de decisiones.

La importancia del proyecto desde el punto de vista económico radica fundamentalmente en la incorporación del polígono docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa al sistema geodésico nacional y pueda ser utilizado en diferentes trabajos de interés del estado.

### **3.2. Ubicación geográfica del área de proyecto**

La zona donde se proyectan los puntos topográficos del polígono se encuentra ubicada en la ciudad de Moa, abarca un área de aproximadamente 5.5 km<sup>2</sup> comprendida entre las coordenadas. 75<sup>00'</sup> 74<sup>25'</sup> a 20<sup>40'</sup> 20<sup>35'</sup>. Ocupa la hoja de mapa a escala 1:25 000 con nomenclatura 5277-IV-a.

Dentro del municipio Moa el área de estudio limita al norte con el Reparto Miraflores por el este con el Reparto Caribe, por el oeste con la Empresa Comunales y por el sur con áreas de la fábrica de hielo y el Combinado Lácteo (figura 3.1)

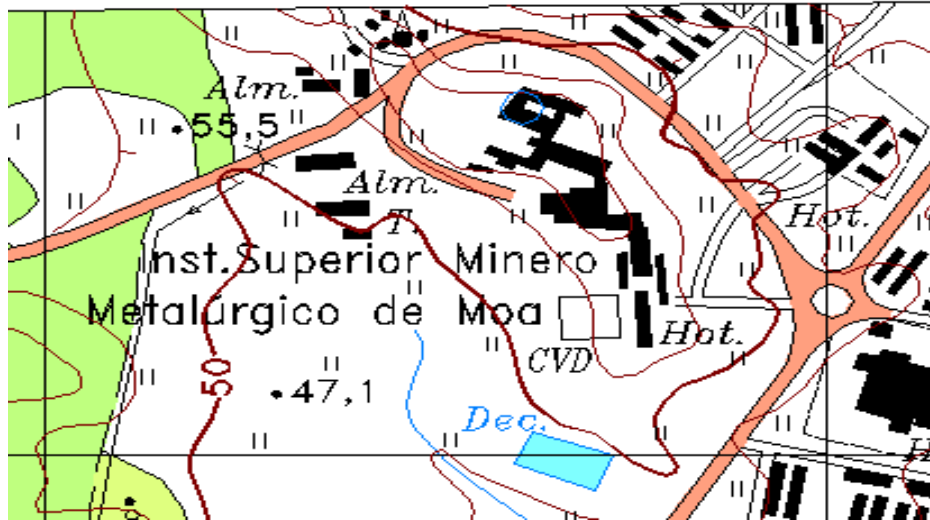


Figura 3.1. Localización del área de estudio

### 3.3. Caracterización físico-geográfica

#### Relieve

La topografía de la zona es relativamente ondulada, principalmente en la parte noreste, teniendo esta área como altura más significativa 61,6 m con respecto al nivel medio del mar.

Estas condiciones del relieve permiten que para la densificación se utilice el método de poligonometría, favoreciendo las zonas de semi ondulaciones existentes, teniendo en cuenta aspectos como, mejor acceso a los puntos, intervisibilidad entre ellos, buena construcción geométrica de las redes poligonómicas proyectadas. Además, se tuvo en cuenta lograr la ubicación de los puntos en lugares seguros, como las elevaciones.

#### Vegetación

La vegetación en la zona de las construcciones es dispersa formada fundamentalmente por árboles frutales y ornamentales, en la parte norte está compuesta por maleza compacta y al oeste por un bosque joven de pinus cubensis resultado de la reforestación.

La vegetación de esta área brinda la posibilidad de ejecutar las mediciones de campo en cualquier etapa del año, en el área reforestada no se ubica punto topográfico para evitar la afectación al medio.

## Suelos

Los suelos son rocosos ferríticos potentes que se desarrollan sobre serpentinitas, esto favorece el proceso de establecimiento de los puntos topográficos que conforman el polígono en el terreno, facilitando la construcción de monumentos sencillos o del tipo empotrado.

## Red vial y principales puntos poblados

La red vial es homogénea favoreciendo el acceso al lugar de los trabajos a partir de la avenida Calixto García Ñíguez y los viales internos del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

### 3.4. Caracterización topogeodésica del área de estudio

En la zona de estudio existe un total de cinco puntos pertenecientes a la red geodésica nacional (tabla 3.1), con los valores de coordenadas en el sistema Cuba Sur. En el anexo 2 se muestra el esquema de distribución de la red.

**Tabla 3.1.** Coordenadas de los puntos de apoyo de la red geodésica nacional

Señal	X (m)	Y (m)	Z (m)	Categoría
R-1	695808.610	224541.759	50.111	1ra clase
R-2	695854.823	224472.865	48.795	IV Orden
MF-2	695794.634	224615.177	46.863	1ra clase
5277-4T	696127.475	224197.984	35.394	IV Orden
TC-5	696044.236	224214.961	39.760	1ra categoría

### 3.5. Proyección de la densidad de puntos

Considerando el orden de precisión de los puntos geodésicos encontrados en la zona próxima al área de estudio, así como el equipamiento tradicional y moderno de los instrumentos topográficos que serán utilizados con fines docentes, se decide proyectar el polígono de puntos topográficos con una precisión de primera categoría.

Las instrucciones técnicas para levantamientos topográficos a escala 1:2000, 1:1000 y 1:500 plantean que la densidad de puntos en el orden de precisión de primera categoría será de un punto cada 0.5-1 km<sup>2</sup>.

Para calcular la cantidad de puntos a proyectar se emplea la ecuación 3.1.

$$CP = \frac{S}{D} \quad (3.1)$$

Dónde:

CP: cantidad de puntos a proyectar.

S: superficie de la región a densificar.

D: densidad establecida según el orden de precisión.

Si aplicamos la ecuación 3.1 obtenemos:

Densidad promedio de un punto cada 0,5 km<sup>2</sup>.

$$CP = \frac{5}{0.5} = 10 \text{ptos}$$

Densidad promedio de un punto cada 1 km<sup>2</sup>.

$$CP = \frac{5}{1} = 5 \text{ptos}$$

Por tanto, la cantidad de monumentos a proyectar para el polígono está entre 5 y 10 puntos.

Por un problema de homogeneidad de la red se proyectaron nueve puntos de primera categoría, que, en total con la suma de los puntos de la red existente, el polígono de puntos del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa estará formado por 14 monumentos topográficos amarrados al sistema nacional.

### 3.5.1 Instrumentos topogeodésicos a utilizar

Los instrumentos topográficos a utilizar en el proceso de medición de campo deben encontrarse aptos para el uso, avalados con sellos de certificación emitidos por el laboratorio metrológico competente.

Se utilizarán los receptores Leica GPS 1200 de doble frecuencia con un error medio cuadrático de 5mm+2ppm y la estación total Leica TS09 con un error



medio cuadrático en la medición del ángulo de cinco segundos y en la medición de la distancia de 3 mm+2 ppm (figura 3.2).



**Figura 3.2.** Instrumentos a utilizar en el proyecto

### 3.5.2 Requisitos técnicos a tener en cuenta durante la proyección

1. Los puntos topográficos que conforman el polígono se proyectarán de 1ra categoría, tomando como base las estaciones de la red geodésica nacional de IV Orden y 1ra categoría.
2. La densidad establecida para la red geodésica es:
  - 1ra categoría: Un punto de cada 0.5 – 1 km<sup>2</sup>.
3. El lugar para ubicar los monumentos debe garantizar la conservación de los mismos por un período largo de tiempo, poseer seguridad, así como tener en cuenta el posible desarrollo sucesivo de la red geodésica, o sea:
  - Debe ser de fácil acceso.
  - El suelo debe ser firme, resistente y de poca humedad.
  - Debe estar apartado de los lugares de tránsito de los vehículos.
  - Debe estar fuera de la zona de cultivo.
  - Debe estar alejado de la línea de transmisión eléctrica.
  - Prever que el lugar en el futuro no sea utilizado para construcciones.
  - De fácil colocación y de visibilidad de las señales que sobre el deban armar.

- No utilizar los lugares de depresión que retengan el agua producida por la lluvia.
- Las estaciones se proyectarán de forma que se garantice uniformidad, estarán distribuidas equivalentemente en la región, o sea tendrán en cuenta la homogeneidad de la red siempre que las características físico-geográfico lo permitan.

### 3.5.3 Requisitos para la poligonometría de 1ra Categoría

- Se proyectan y ejecutan mediante poligonales de enlace o sistemas poligonómicos con uno o más puntos nudos.
- Se deben trazar por direcciones que garanticen una buena unión geométrica entre los puntos, teniendo presente su futura utilización para distintos trabajos geodésicos.
- Durante la proyección y establecimiento de los puntos se debe garantizar la intervisibilidad entre los puntos anteriores y posteriores.
- Las poligonales deben ser lo más rectilíneas posibles por lo que el ángulo de salida y de entrada de la poligonal con respecto a su diagonal no debe ser mayor de 30 grados.
- La relación entre la longitud de la poligonal y su diagonal no debe ser mayor de 1,25 (ecuación 3.2).

$$\frac{L_p}{L_d} \leq 1.25 \quad (3.2)$$

Dónde:

$L_p$ : Longitud de la poligonal (suma de las longitudes de los lados).

$L_d$ : Longitud de la diagonal (distancia entre los puntos inicial y final respectivamente).

En la siguiente tabla 3.2 se muestran las tolerancias admisibles establecidas en la minería para la medición de poligonales (Belete, 2012), los mismos deben cumplirse para el determinado orden de precisión en la realización de este proyecto.

**Tabla 3.2.** Parámetros técnicos para la poligonometría en la región minera de Moa

Características	4to orden	I categoría	II categoría	Técnica
<b>Error relativo</b>	1:25000	1:10000	1.5000	<b>1:2000</b>
<b>EMC de la medición de ángulo, (s)</b>	2	5	10	<b>25</b>
<b>Error de cierre angular.</b>	$5''\sqrt{n}$	$10''\sqrt{n}$	$20''\sqrt{n}$	$50''\sqrt{n}$
<b>Longitud límite, km</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1.5</b>

### 3.5.4 Proyección de la red

Teniendo en cuenta la distribución y densidad de los puntos de la red geodésica nacional existente en el área de trabajo se decide medir con el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) dos puntos principales que van a permitir el cierre de un sistema poligonométrico conformado por dos poligonales.

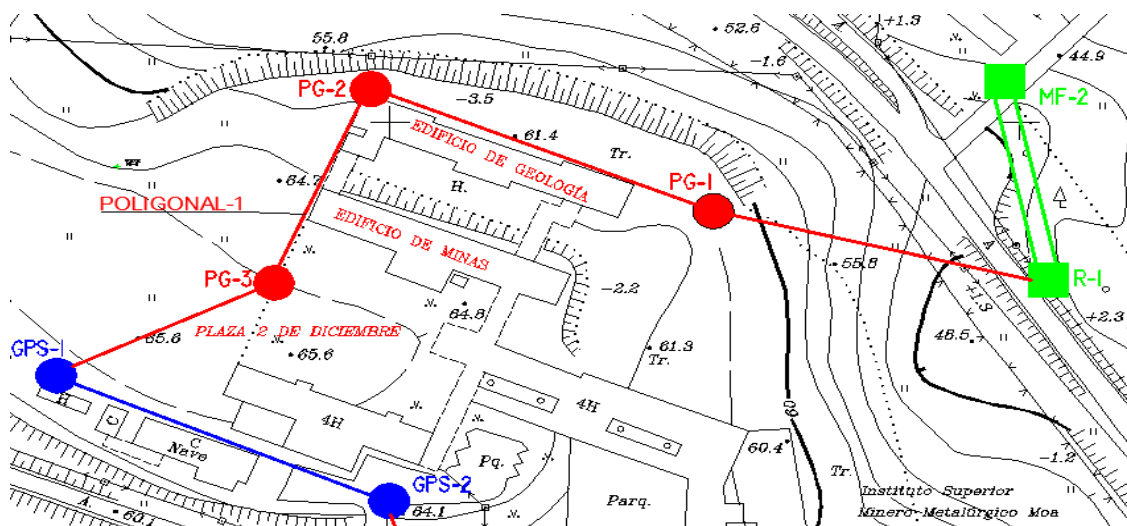
Los puntos GPS serán medidos a partir de dos estaciones de referencia. Primeramente, se debe ubicar la estación de referencia en el monumento R-2 de la red geodésica se comprobará la estación móvil en los puntos R-1 y MF-2 para medir los nuevos puntos del polígono proyectado (GPS-1 y GPS-2). Luego se repite el procedimiento, pero ubicando la estación de referencia en el punto MF-2 y comprobando la estación móvil en los puntos R-1 y R-2, en el anexo 3 se muestra el esquema de medición.

Para las mediciones de los puntos GPS que conformarán el polígono (GPS-1 y GPS-2) se utilizará el método estático diferencial y se debe tener en cuenta lo establecido en la instrucción ITT-008 de la Empresa de Ingeniería y Proyectos del Níquel, avalada por la Oficina Nacional de Hidrografía y Geodesia (ONHG).

1. La distancia máxima entre la estación de referencia y la estación móvil, no debe exceder los 10 Km.

2. Las condiciones de la geometría de los satélites (GDOP), debe ser menor de 3.0.
3. Tiempo de medición para cada punto, 25 minutos.
4. Debe de comprobarse el instrumento antes de comenzar la jornada de medición de campo, a partir de la estación de referencia Blet, ubicar la otra estación móvil en uno de los puntos con coordenadas conocidas encontrados en la etapa de reconocimiento.
5. En el gabinete debe consultarse antes de realizar las mediciones, el almanaque de la constelación de satélites para planificar las jornadas de mediciones de campo.

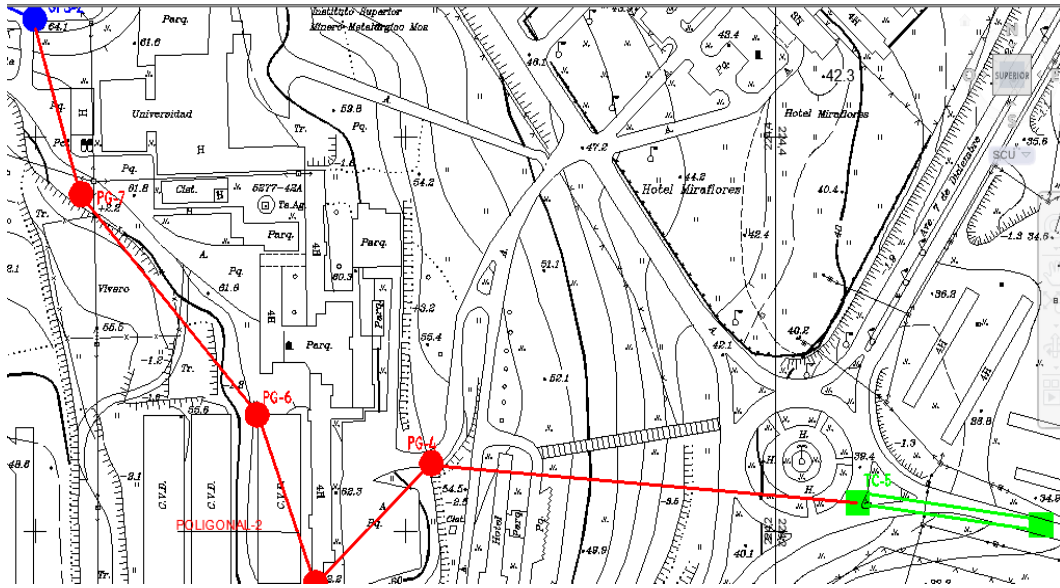
En el anexo 4 se muestra el sistema poligonométrico proyectado para el polígono de puntos topográficos del ISMMM. La poligonal número uno de este sistema se proyecta al sentido de medición partiendo de la base topográfica conformada por los puntos R-1 y MF-2 de la Red Geodésica Nacional, con un itinerario de 0.37 km por área de los edificios 34 del Reparto Miraflores para realizar cierre en base topográfica formada por los puntos medidos con el Sistema de posicionamiento global (GPS-1 y GPS-2) (figura 3.3). Esta poligonal permite densificar tres puntos que conformarán el polígono (PG-1, PG-2 y PG-3).



**Figura 3.3.** Itinerario de la poligonal 1

La poligonal número dos parte de la base topográfica formada por los puntos TC-5 y 5277-4T (figura 3.4) de la red geodésica nacional en dirección al hotelito de la universidad ocupando las áreas deportivas del ISMMM y cerrando en los

puntos GPS-1 y GPS-2, está poligonal permite densificar cuatro puntos que se le asignarán las nomenclaturas PG-4, PG-5, PG-6 y PG-7.



**Figura 3.4.** Itinerario de la poligonal 2

El sistema poligonométrico será medido con la estación total TS09 y se utilizarán los parámetros determinados en la investigación realizada por Batista y Belete 2012 (tabla 3.3) en los yacimientos lateríticos de la región minera de Moa. Cada día se verificará la estación total en una estación de medición realizando mediciones a puntos conocidos.

**Tabla 3.3.** Parámetro técnico para poligonometría

Características	IV Orden	I Categoría	II Categoría	I Clase	II Clase
Longitud de los lados de la poligonal en km	<b>0,350</b>	<b>0,900</b>	<b>0,900</b>	<b>0,900</b>	<b>0,900</b>

### 3.5.5 Requisitos técnicos de las poligonales proyectadas

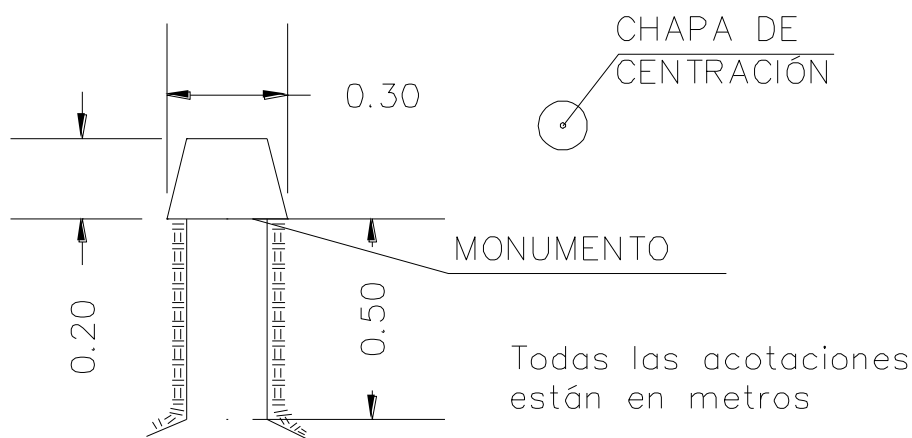
En la proyección del sistema poligonométrico que conforma el polígono de puntos del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa se tuvo en cuenta lo establecido en el epígrafe 3.5 de este proyecto. La tabla 3.4 muestra los resultados.

**Tabla 3.4.** Requisitos de la poligonal proyectada

Poligonales	Ángulo de entrada y salida con respecto a diagonal principal (o)	Coefficiente de relación entre longitud y diagonal principal
Poligonal 1	20	1.18
Poligonal 2	24	1.25

### 3.5.6 Tipos de monumentos

De acuerdo al tipo de suelo existente en el área del proyecto, que es de consistencia firme se utilizará el monumento sencillo con una profundidad de hasta 50 cm y en forma de campana en el fondo, utilizando una chapa (figura 3.5).



**Figura 3.5.** Esquema de monumento sencillo

Se planificó en el reconocimiento realizar un monumento empotrado en la acera de la construcción destinada al laboratorio de beneficios de minerales (figura 3.6).



**Figura 3.6.** Laboratorio de Beneficio de Minerales

### 3.5.7 Indicaciones técnicas organizativas para ejecutar el proyecto

La fecha de comienzo de los trabajos será en el mes de junio para ejecutar el proyecto con los estudiantes de segundo año de la carrera de Ingeniería en Minas en las prácticas laborales. En el anexo 5 se muestra el cronograma de ejecución de los trabajos.

La oficina central para darle seguimiento al proyecto estará ubicada en el Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, así como el personal y los equipamientos.

Las comisiones de trabajo estarán distribuidas según se refiere en la tabla 3.5.

**Tabla 3.5.** Composición de las comisiones de trabajo

Personal	Cantidad
<b>Especialista Principal del Proyecto</b>	1
<b>Operador de GPS y estaciones totales</b>	2
<b>Ayudante</b>	2
<b>Chofer</b>	1

El equipamiento y el personal será aportado por la Empresa de Ingeniería y Proyectos del Níquel (Ceproniquel), como parte del convenio entre la Universidad y el grupo empresarial Cubaníquel, además los puntos servirán de apoyo a los trabajos topográficos a realizar en el municipio de Moa.

La compra de materiales y medios de protección individual será responsabilidad del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

### **3.5.8 Medidas de protección e higiene del trabajo**

Para lograr la realización del proyecto en un ambiente seguro deben de cumplirse las medidas siguientes:

- Se debe contar en el campo con un botiquín de primeros auxilios e informar el cronograma de trabajo en puesto médico del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.
- En todo momento de trabajo de campo debe estar presente un vehículo previamente inspeccionado por las autoridades competentes.
- Antes de realizar los trabajos de campo se debe realizar un recorrido por toda el área en presencia del especialista de seguridad e higiene del trabajo del ISMMM con el objetivo de identificar los posibles riesgos.
- En caso de existir alturas a diferentes niveles, huecos y zonas resbaladizas, deben ser delimitadas en el terreno.
- No realizar estacionados con los instrumentos topográficos a la orilla de taludes o en aleros de las construcciones.
- Usar los medios de protección individual.
- No estacionar el instrumento debajo de redes eléctricas.
- No realizar mediciones en campo con condiciones atmosféricas desfavorables.
- En caso de detectar cualquier situación que genere peligro se debe informar inmediatamente al especialista principal del proyecto.



### **3.5.9 Medidas para mitigar los efectos de los trabajos topográficos al medio ambiente**

- No realizar trochas en el área reforestada, en caso de ser necesario la ubicación de un punto en estas zonas utilizar la tecnología GPS.
- En la etapa de monumentación no realizar sobre excavaciones.
- No ubicar puntos topográficos próximos a fuentes de agua.
- No arrojar desechos de los materiales de los monumentos en el área de trabajo.
- No transitar con vehículos por el césped.

### **3.5.10 Valoración económica**

Para la valoración económica se tienen en cuenta para este proyecto solo los gastos asociados a materiales y materias primas ya que el equipamiento será aportado por la Empresa de Ingeniería y Proyectos del Níquel. En el anexo 6 se muestran los resultados del cálculo de gastos, se tuvo en cuenta para su elaboración los precios del almacén del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. Los resultados de la valoración económica arrojaron que para la construcción del polígono es necesario un monto de 666,21 CUP y 20,84 CUC para un total general de 687,05 MP.

## CONCLUSIONES

1. Se proyectó un polígono de puntos topográficos con fines docentes en el área del ISMMM amarrado al Sistema Geodésico Nacional, que permite la realización de las prácticas laborales simulando condiciones reales en las minas.
2. El polígono garantizará el empleo de los puntos en diferentes trabajos topográficos y geodésicos de interés del estado que se realicen en el municipio de Moa.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar el polígono de puntos topográficos para realizar clases prácticas del levantamiento topográfico del área del ISMMM.
- Se recomienda construir el polígono de puntos proyectados para la realización de las clases prácticas en las carreras de Ingeniería en minas e Ingenierías geológica, así como su utilización en diferentes trabajos topográficos de interés del estado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BATISTA LEGRÁ, Y. E. *Procedimiento para la determinación de un Modelo del Geoide local*. BELETE FUENTES, O. (tutor). Tesis en opción al título de master en topografía minera. ISMMM, 2012. 75 h.
2. BATISTA LEGRÁ, Y., BELETE FUENTES, O. *Consideraciones sobre la exactitud de las redes de levantamiento topográfico*. Minería y Geología, 2012. 64 h.
3. BELETE FUENTES, O. *Topografía General*. La Habana: Editorial Félix Varela, 2014. 329 p.
4. BELETE FUENTES, O. *Topografía general. Libro inédito*. 2008. 418 p.
5. CÓRDOVA, NARBONA, G. *Geodesia (tomo II)*. La Habana: Editorial científico técnico, 1987. 330 p.
6. FARGAS, M. *Redes de apoyo*. Provincia de Toledo España, 2001. 65 p.
7. GARCÍA DIAZ, J. *Estudio de uso del GPS en el TOM. Ponencia en XII fórum de ciencia y técnica*. Geocuba Oriente Norte. Holguín Cuba, 2007. 15 p.
8. HEREDIA ESCASSO, R. de. *Dirección Integrada de Proyecto*. La Habana: Félix Varela, 2010. 603 p.
9. HERNÁNDEZ CÉSPEDES, Y. *Análisis de la degradación de los suelos en el municipio Moa*. ALMAGUER CARMENATES, Y. (tutor). Trabajo de diploma en opción al título de Ingeniero Geólogo. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, 2014. 67 h.
10. *Historia del ISMM*. [en línea]. [consultado el 22/02/2016]. Disponible en: <http://intranet.ismm.edu.cu/historia>.
11. *Instrucciones técnicas para levantamientos topográficos a escala 1:2000, 1:1000 y 1:500*. La Habana: Ministerio de la construcción, 1987.
12. *Instrucción técnica de trabajo ITT-008, Trabajos con GPS*. Moa: Empresa de Ingeniería y Proyectos del Níquel, 2011. Revisión 4.
13. *Intersección Directa*. [en línea]. [consultado el 22/02/2016]. Disponible en: <http://www.ocw.unica.es/enseñanzas.tecnica/topografia/-y-Geodesia>

14. ISIDRO DE LA TORRE, A. *Métodos de levantamientos topográficos*. [en línea]. [consultado el 11/02/2016]. Disponible en: <http://www.ngetsicsegunda.webcindario.com/Topografia>
15. *Imágenes de puntos de apoyo topográficos*. [en línea]. [consultado el 17/02/2016]. Disponible en: <https://www.google.com/search?q=puntos+apoyos+topograficos>
16. MORAIMO, F. J. *Materialización del sistema de referencia internacional en Argentina*. Tesis en opción al grado Científico de Doctor en Ciencias. La Plata. Argentina, 2000. 199 h.
17. ORTIZ-MARÍN, R.; et.al. (2008). *Método para optimizar las mediciones topográficas con aparatos GPS*. *Interciencia*. [en línea]. [consultado el 11/02/2016], 32(9). Disponible en: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442007000900005](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442007000900005)
18. *Proyecto de Normas técnicas para levantamiento geodésico de Instituto Nacional Geográfico de Perú*. [en línea]. [consultado el 11/02/2016]. Disponible en: <http://www.ing.gob.pe/public/imagenes/normastecd4dffa15b53c66>
19. RODRIGUEZ ALINA, I. *Estudios morfotécnicos de Moa y áreas adyacentes para la evaluación de riesgos de génesis tectónicos*. Tesis de doctoral en geología. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, 1999. 98h.
20. RODRÍGUEZ ROCHE, E. *Perfeccionamiento de la Red Planimétrica Nacional mediante el empleo del Sistema Global de Posicionamiento GPS*. RODA PÉREZ, J, C. (tutor). Tesis Doctoral. La Habana, 2004. 92 h.
21. RODRÍGUEZ ROCHE, R.E.; GARCÍA, D.P.; OLIVERA, R.R. *La red Geodésica Estatal Planimétrica de Cuba: orígenes, evolución y perspectivas para su ulterior perfeccionamiento*. V Congreso Geomántica. La Habana, 2007. 11 p.
22. SALCEDO QUEVEDO, R. *Importancia del proyecto*. [en línea]. [consultado el 10/02/2016], Disponible en:

<http://www.usmp.edu.pe/publicaciones/boletín/fia/info46/sistemas/articulo3.htm>

23. SALEK. DAMBARI FATEH, M., JATRI, DAH MOHAMED. *Particularidades Ingeniero Geológica del Sector Miraflores, Atlántico y Vivienda Checa*. ZALDÍVAR RIVERÓN, A.B. (tutora). Trabajo de diploma en opción al título de Ingeniero Geólogo. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, 2003. 45 h.
24. SANJOSÉ BLASCO, J.J.; et.al. *Técnicas geodésicas y fotogramétricas aplicadas al análisis de la dinámica y cartografía del glaciar rocoso activo del corral del veleta (Sierra Nevada) durante el período 2001-2007*. *Mapping*. [en línea]. [consultado el 11/02/2016], 122, 2007. p. 26-32. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2480426>
25. WANGDI, C. *Evaluación de la exactitud de los puntos de la red de apoyo creados con estaciones totales para calcular el volumen del mineral extraído*. BELETE FUENTES, O. (tutor). Trabajo de diploma en opción al título de Ingeniero Geólogo. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, 2010. 51 h.

## ANEXOS

ANEXO 1. Guía de entrevistas a los especialistas sobre el proyecto para la construcción de un polígono de puntos topográficos para fines docentes en el ISMMM.

**Fecha:**

**Hora:**

**Lugar:**

### Objetivos de las entrevistas

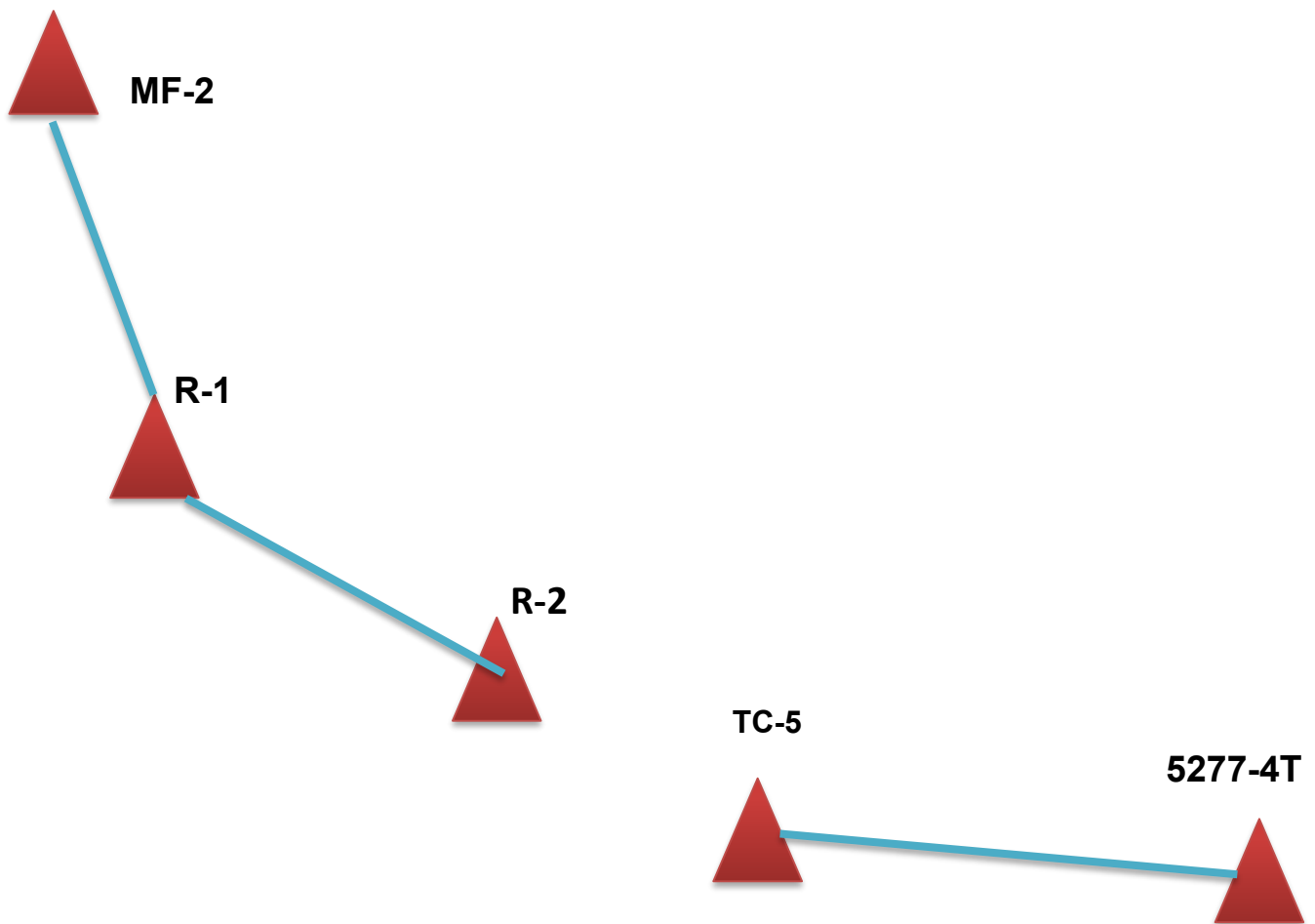
El objetivo de esta entrevista es determinar los criterios de los especialistas acerca de los polígonos de puntos topográficos que existieron en ISMMM.

La información que le solicito es con el objetivo de crear un polígono de puntos topográficos para fines docentes en las asignaturas de topografía general y topografía minera.

### GUIA DE PREGUNTAS.

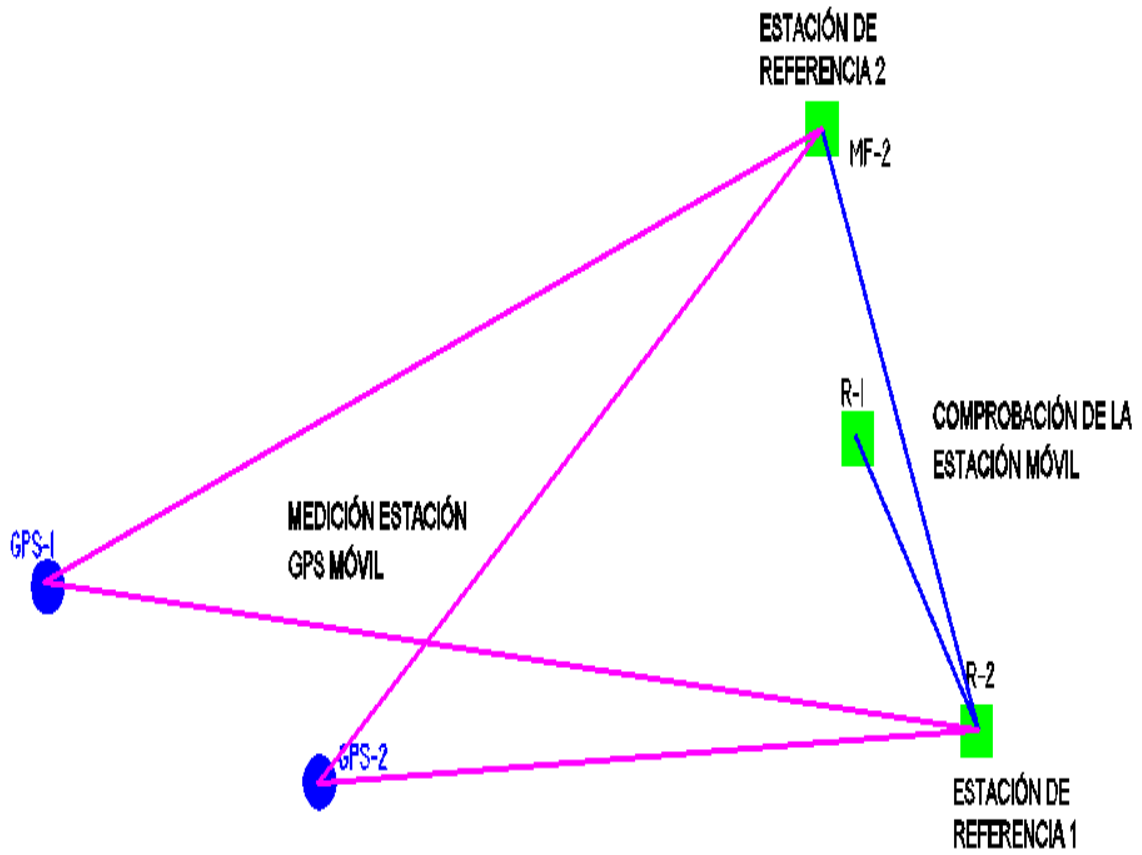
1. ¿Tiene conocimiento usted que existió un polígono de puntos topográfico alrededor del ISMMM?
2. ¿Qué precisión tenían los puntos topográficos que existieron?
3. ¿Conoces algunas de las investigaciones realizadas?
4. ¿Tienes conocimientos si hay algún punto vigente?

Anexo 2. Esquema de la distribución de la red

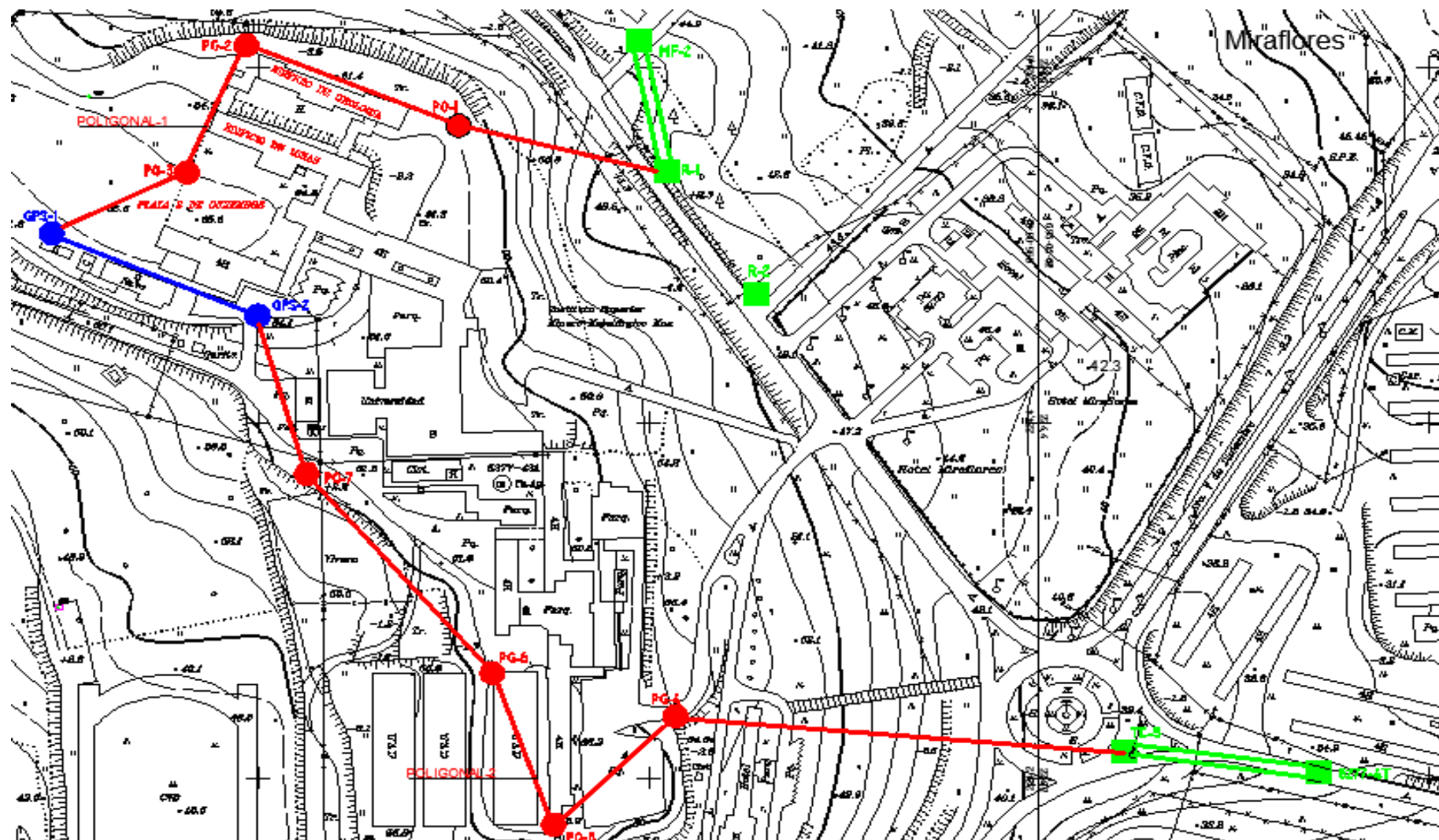




Anexo 3. Proyección de la red GPS



Anexo 4. Sistema poligonométrico



Anexo 5. Cronograma de ejecución de los trabajos

ACTIVIDAD	FECHA										
	14/06/2016	15/06/2016	16/06/2016	17/06/2016	20/06/2016	21/06/2016	22/06/2016	23/06/2016	24/06/2016	27/06/2016	28/06/2016
Reconocimiento											
Monumentación											
Medición de puntos GPS											
Ajuste de mediciones GPS											
Medición de poligonales con Estaciones Totales											
Ajustes de redes poligonométricas											
Confección de Informe técnico											

## Anexo 6. Gastos asociados a valoración económica

GASTO MATERIAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE POLÍGONO DE PUNTOS TOPOGRÁFICO DE ISMMM							
MINISTERIO DE FINANZAS Y PRECIOS							
MINISTERIO DE ECONOMÍA Y PLANIFICACIÓN							
FICHA PARA PRECIOS Y SU COMPONENTE EN PESOS CONVERTIBLES							
EMPRESA: Instituto Superior Minero Metalúrgico Moa							
CODIGO: 223.0.6822							
Organismo: MES Plan de Producción: Capac. Instalada:							
Producto o Servicio: construcción de un Polígono de puntos topográficos							
% utiliz:							
Código Serv.: UM: Estudiantes (PESOS) Producc. Per. Anterior:							
CONCEPTOS DE GASTOS	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO (CUP)	IMPORTE (CUP)	PRECIO (CUC)	IMPORTE (CUC)	TOTAL
1	2		3		3		4
Materia Prima y Materiales							
<b>Cemento Gris</b>	Saco	2	120.00	240.00			240.00
<b>Arena</b>	m3	0.5	180.00	90.00			90.00
<b>Piedra</b>	m3	0.5	10.20	5.10			5.10
<b>Barra de acero</b>	m	18	9.00	162.00			162.00
<b>Pintura de Aceite</b>	litro	2	2.15	4.30			4.30
<b>Brocha</b>	U	2			2.40	4.80	4.80
<b>Pico</b>	U	1	30.22	30.22			30.22
<b>Pala</b>	U	2	27.61	55.22			55.22
<b>Barreta</b>	U	1	42.32	42.32			42.32
<b>Guante de seguridad</b>	pares	4	6.62	26.48			26.48
<b>Machete</b>	U	2			8.02	16.04	16.04
<b>Hojas A4</b>	U	1	7.99	7.99			7.99
<b>Bolígrafo</b>	U	2	0.48	0.96			0.96
<b>Portaminas</b>	U	2	0.31	0.62			0.62
<b>Goma de borrar</b>	U	2	0.50	1.00			1.00
Sub total				<b>666.21</b>		<b>20.84</b>	
<b>TOTAL GENERAL</b>							<b>687.05</b>
Aprobado por:					<b>Cargo:</b>		<b>Firma</b>