

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES FACULTAD
DE TECNOLOGIA
CARRERA DE TOPOGRAFIA Y GEODESIA**



MEMORIA TECNICA

**LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL RECORTE
TRIUNFO DE MARNE
(EMPLEO DE LA METODOLOGÍA AIDAA)
PROVINCIA INQUISIVI – LA PAZ**

POSTULANTE : Elvis Torrez Quispe
TUTOR : M.Sc. Ing. José Luis Delgado Alvares

La Paz - Bolivia

2015

DEDICATORIA

A Dios por su guía angelical en mi diario vivir, a mis padres Gregorio Torrez C. y Fidelia Quispe (†) por ser mis guías para alcanzar este logro y a mi esposa Pamela Espinosa y mi hija Nadide por su apoyo incondicional y a toda mi familia por su apoyo y comprensión.

Elvis Torrez Quispe

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al director de la Carrera Ing. Vitaliano Miranda, por motivar e incentivar a la titulación.

Agradezco a los profesionales catedráticos de la Carrera, por haberme transmitido su conocimiento en mi formación profesional.

Agradezco a la COMIBOL por darme la oportunidad y la experiencia de trabajar en dicha entidad.

Elvis Torrez Quispe

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO	1
AREA I	3
ACTIVIDADES LABORALES	3
1.- Empresa Consultora de Servicios CB&T S.R.L	3
2.- Empresa Consultora Geodelta Consultores S.R.L	4
3.- Mancomunidad Yungueña	5
4.- Consultora Global Finance Consultants Bolivia S.R.L	6
5.- Corporación Minera de Bolivia (COMIBOL)	7
AREA II	9
CAPÍTULO I	9
MARCO TEORICO	9
I.1.- NOCIONES PRELIMINARES DE MINERIA	9
I.1.1.- Antecedentes Históricos de la Minería	9
I.1.2.- Nociones Básicas de Minería	9
I.1.2. 1.- Concepto de Minería	9
I.1.3.- Métodos Mineros	10
I.1.3.A.- Minería de Superficie	10
I.1.3.A.1.- Minas de Cielo Abierto	10
I.1.3.A.2.- Explotaciones al Descubierto	11
I.1.3.A.3.- Canteras	12
I.1.3.A.4.- Depósitos de Jales	12
I.1.3.B.- Mina Subterránea	13
I.1.3.B.1.- Roca Blanda: Carbón	13
I.1.3.B.2.- Roca Dura: Metales y Minerales	14
I.1.4.- LA MINERÍA EN BOLIVIA	15
I.1.4.a.- Reseña Histórica	15
I.1.4.b.- Métodos Empleados en la Minería Boliviana	17
I.1.4.c.- La Explotación en el Cerro Rico de Potosí	17
I.1.4.d.- Minas en Regiones de La Paz	18

I.1.4.e.- El Informe Pentland (Siglo XIX).....	18
I.1.5.- La Minería Estatal en las Últimas Décadas.....	19
I.1.6 Procesos de la Minería.....	20
I.2.- TOPOGRAFÍA.....	24
I.2.a.- Introducción a la Topografía.....	24
I.2.b.- Topografía de Superficie.....	26
I.2.c.- Topografía de Minas.....	27
I.2.d.- Equipo Topográfico Utilizado en la Minería.....	28
I.2.d.1.-Teodolitos.....	28
I.2.d.2.- Giróscopos.....	30
I.2.d.3.- Sistemas de Posicionamiento Global (GPS).....	31
I.2.d.4.- Estaciones Totales.....	33
I.2.d.5.- Odómetros.....	35
I.2.d.6.- Brújula de Mano y Colgante.....	36
I.2.d.7.- Cintas, Estadales, Plomadas.....	37
I.2.e.- Levantamiento con Tránsito.....	37
I.2.e.1.- Aplicación en las Minas.....	37
I.2.e.2.- Metodología.....	38
I.2.e.3.- Ajustes.....	41
I.2.e.4.- Fijación de Detalles.....	44
I.2.e.5.- Registro de Levantamiento y de Detalles.....	46
I.2.e.6.- Cálculos y Trabajo de Escritorio.....	47
I.2.f.- Disto Láser.....	48
I.2.g.- Leica Disto D8.....	49
I.2.h.- Catastro Minero.....	50
I.2.h.1- La Cuadrícula Minera.....	50
I.2.h.2.- Identificación de la Cuadrícula Minera.....	51
I.2.i.- Proyección UTM.....	51
I.2.j.- Finalidades en la Presentación Planos del Levantamiento Topográfico.....	54
I.3.- RELACIONES ENTRE LAS GEOCIENCIAS.....	55
I.3.a.- Geodesia.....	55

I.3.b.- Cartografía.....	55
I.3.c.- Geografía.....	56
I.4.- NOCIONES DE GEODESIA GEOMÉTRICA.....	56
I.4.a.-Concepto de Geodesia.....	57
I.4.b.- Sistema de Coordenadas Geodésicas.....	59
I.5.- SISTEMA GLOBAL DE NAVEGACIÓN POR SATÉLITE (GNSS).....	60
I.6.- FUNDAMENTOS DE TELEDETECCIÓN ESPACIAL.....	62
I.7.- METODOLOGÍA DE AIDAA.....	62
I.7.1.- Lecturas del Método AIDAA.....	63
CAPÍTULO II.....	65
MARCO JURIDICO.....	65
II.1.- Constitución Política del Estado.....	65
II.2.- Ley de Minería.....	66
II.3.- Normativa Aplicable a la Corporación Minera de Bolivia (COMIBOL).....	68
CAPITULO III.....	69
METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	69
III.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	69
III.2 JUSTIFICACION.....	69
III.3.-OBJETIVOS.....	69
III.3.1.- Objetivo General.....	69
III.3.2.- Objetivos Específicos.....	70
III.4 METODO EMPLEADO.....	70
III.5.- ÁREA DE ESTUDIO.....	70
III. 6.- MATERIALES E INSTRUMENTOS FISICOS Y DIGITALES EMPLEADOS.....	70
III. 6.1.- Instrumento Empleados.....	70
III. 6.2.- Materiales Utilizados.....	72
III. 6.3.- Instrumentos Digitales.....	72
III.6.3.a.-Empleo del Software Auto Cad con Plataforma Civil.....	72
III.7.- METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	74
III.7.1.- Trabajo de Campo.....	74
III.7.2. Trabajo en Gabinete.....	74

CAPITULO IV	75
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO EN INTERIOR MINA	
PROYECTO “RECORTE TRIUNFO DE MARNE”	75
IV. 1.- INTRODUCCIÓN	75
IV.2.- INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO TRIUNFO DE MARNE	75
IV.2.a.- Ubicación y Acceso.....	76
IV.2.b.- Clima - Temperaturas Máximas y Mínimas.....	77
IV.2.c.- Marco Geológico Regional.....	77
IV.2.c.1.- Geología y Mineralización General.....	77
IV.2.c.2.- Geología Concesión Triunfo De Marne.....	78
IV.3.- DESARROLLO DEL TRABAJO	81
IV.3.a.- TRABAJO DE CAMPO	81
• FASE 1 (Reconocimiento de Área de Trabajo).....	81
• FASE 2 (Medición Método RTK con Equipos GPS/GNSS STONEX).....	83
• FASE 3 (Medición Topográfica Superficial).....	84
• FASE 4 (Replanteo de Estacas en la Cancha Mina para Alineamiento).....	85
• FASE 5 (Medición en Interior Mina).....	88
• FASE 6 (Repeticiones de Medición).....	93
IV. 3.a.1 COMPARACION DE METODOS	94
IV.3.b.-TRABAJO EN GABINETE	94
FASE 1 Informes y Planos.....	94
CAPITULO V	95
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	95
V.1 Conclusiones.....	95
V.2 Recomendaciones.....	96
BIBLIOGRAFÍA	97
ANEXOS	98

ÍNDICE DE FIGURAS

FIG. 1 FASES EN LA VIDA DE UNA MINA SEGÚN HARTMAN (1987)	21
FIG. 2.- DIAGRAMA DE VÍAS DE DECISIÓN EN UNA CAMPAÑA	23
FIG. 3.- SISTEMA DE COORDENADAS HORIZONTAL Y VERTICAL	27
FIG. 4.- TEODOLITO UNIVERSAL T2	30
FIG. 5.- GIROSCOPIO	31
FIG. 6.- GPS – RECORRIDOS ORBITALES	33
FIG. 7.- ESTACIÓN TOTAL	35
FIG. 8.- ODÓMETRO	36
FIG. 9.- BRÚJULA COLGANTE	37
FIG. 10.- DIBUJO DE LAS FICHAS DE LA BITÁCORA DE LEVANTAMIENTO	40
FIG. 11.- REGLA PARA DEFINICIÓN DE AZIMUTES	48
FIG. 12.- LEICA DISTO™	49
FIG. 13: CUADRICULA MINERA Y REPRESENTACIÓN DE UNA ATE MINERA EN EL RETICULADO DE LA CUADRICULA MINERA	50
FIG.14: CÓDIGOS DE CUADRICULAS MINERAS	51
FIG. 15.- PROYECCIÓN TRANSVERSA DE MERCATOR	52
Fig. 16.- PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR (UTM) SISTEMAS DE REPRESENTACIÓN Y N° DE ZONA	52
FIG.: 17.- CARACTERÍSTICAS DE UNA ZONA DE PROYECCIÓN UTM (ZONA UTM)	53
FIG. 18 .- RELACIONES ENTRE LAS GEOCIENCIAS	55
FIG. 19.- FORMAS DE LA SUPERFICIE TERRESTRE	57
FIG. 20.- REPRESENTACIONES GEOMÉTRICAS	58
FIG 21.- SISTEMA DE COORDENADAS FIG.22: COORDENADAS G EODÉSICAS DE BOLIVIA (APROXIMADAS)	59

FIG.22: COORDENADAS GEODÉSICAS DE BOLIVIA (APROXIMADAS).....	60
FIG.: 23.- SEGMENTO GNSS	61
FIG. 24 ANÁLISIS DE LA TELEDETECCIÓN ESPACIAL FUENTE:	
GUÍA DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN.....	62
FIG. 25.- CENTRADO DE APARATO Y LECTURAS INICIALES	63
FIG. 26.- LECTURAS DE DETALLES CON DISTANCIOMETRO Y PALM O TABLE.....	64
FIG 27: GPS GNSS STONEX Y ACCESORIOS.....	70
FIG. 28: ESTACIÓN TOTAL TRIMBLE R3 Y ACCESORIOS FIG 29:	
GPS NAVEGADOR (ETREX).....	71
FIG 29: GPS NAVEGADOR (ETREX).....	71
FIG. 30.- DISTO PROA.....	72
FIG. 31: SOFTWARE AUTO CAD	73
FIG. 32 UBICACIÓN TRIUNFO	76
FIG. 33 ACCESO TRIUNFO.....	77
FIG. 34 TOPOGRAFÍA ABRUPTA. CONCESIÓN TRIUNFO DE MARNE.....	79
FIG. 35. VISTA PANORAMICA EN 3D	81
FIG.: 36 PUNTOS DE CONTROL CM-315 ENLACADOS MOL 1, 2,3.....	82
FIG. 37 TRIANGULACION PUNTOS DE CONTROL	84
FIG 38: ESTACION MOL 2	85
FIG: 39 ESTACION EN TARUGO PARA ALINEAMIENTO	86
FIG. 40 ALINEAMIENTO DE TARUGOS	86
FIG: 41 DIMENSIÓN DE LABOR DE RECORTE.....	87
FIG.: 42 TOMA DE DISTANCIA DE TARUGO A TARUGO	89
FIG.: 43 TOMA DE DATOS DE LA SECCIÓN	89
FIG.44. TOMA DE LECTURA DE DISTANCIOMETRO	90
FIG.45. DISTANCIA IZQUIERDA.....	91
FIG.46. DISTANCIA ABAJO.....	91

FIG.47. DISTANCIA DERECHA.....	91
FIG.48. DISTANCIA ARRIBA.....	92
FIG. 49. DISTANCIA ADELANTE.....	92
FIG.50 TOMA DE DISTANCIA AL PUNTO.....	92
FIG. 51 PLANO TOPOGRÁFICO FINAL.....	93

ÍNDICE DE CUADROS

TABLA 1.- TABLA DE BITÁCORA DE LEVANTAMIENTOS.....	39
TABLA 2.- REGISTRO DE LEVANTAMIENTO DE TOPES DE DESARROLLO.....	46
TABLA 3.- TABLA PARA REGISTRO DE LEVANTAMIENTO DE DETALLES.....	47
TABLA. 4. INFORMACION GENERAL.....	76
TABLA 5 DATOS DE PUNTO DE CONTROL.....	82
TABLA 6 COORDENADAS DE PUNTOS DE BOCA MINA.....	85
TABLA 7 DATOS DE EJECUCIÓN DE RECORTE.....	88
TABLA 8 CUADRO COMPARATIVO.....	94

RESUMEN EJECUTIVO

Debido a la experiencia laboral y las actividades realizadas dentro de la CORPORACION MINERA DE BOLIVIA (COMIBOL) como Servidor Público durante tres años y poniendo en práctica todos los conocimientos adquiridos vengo aportando con los trabajos desarrollados al cumplimiento de los objetivos planteados para la reactivación de la minería boliviana mismos que fueron planificadas en diferentes áreas de ejecución dentro de la entidad estatal minera a la cabeza de la Dirección de Proyectos de la cual formo parte.

La presente memoria técnica refleja una de las muchas actividades que efectúa Dirección de Proyectos de COMIBOL dentro de su participación de la cadena productiva minera como es el caso de la ejecución del Proyecto Desarrollo Minero – Metalúrgico Triunfo de Marne tiene como finalidad realizar el reconocimiento y la evaluación de la zona de Triunfo de Marne a través de un recorte de 205 m.l. de longitud con la cual se pretende interceptar la estructura principal del yacimiento a través de la metodología AIDAA (Adelante, Izquierda, Derecha, Arriba y Abajo) de levantamiento topográfico apoyado con instrumentos de medición modernos y de precisión.

Con esa breve introducción, se describe que el presente proyecto que está desarrollado de la siguiente manera:

- ❖ AREA I Descripción de la actividad laboral
- ❖ AREA II Desarrollo de los trabajos realizados en el levantamiento topográfico del Recorte Triunfo de Marne.
 - **Capítulo I** descripción del Marco Teórico, el cual nos da una referencia para el desarrollo del trabajo que se ha venido realizando.
 - **Capítulo II** descripción del Marco Jurídico, el cual nos da lineamiento de la legalidad y sustento justificativo para el desarrollo del trabajo que se ha venido realizando.
 - **Capítulo III** se describe el tipo de metodología que se empleó en el presente trabajo.

- **Capítulo IV** se describe el desarrollo del trabajo, en la cual se explica detalladamente todos los pasos desarrollados en campo y gabinete, en la etapa denominada pericias de campo.
- **Capítulo V** se enuncia las conclusiones y recomendaciones de las actividades desarrolladas en el proceso de regularización de la propiedad agraria (pericias de campo).
- **Bibliografía y anexos**



AREA I

ACTIVIDADES LABORALES

1.- EMPRESA CONSULTORA DE SERVICIOS CB&T S.R.L.

La Empresa de Servicios de Consultoría y Construcción CB&T S.R.L.” es una entidad privada, que se dedica a los diseños de proyectos de redes de Agua Potable y alcantarillado, así también a las construcciones.

➤ **Proyecto Agua Potable Taypiplaya Charazani**, Levantamiento topográfico y Replanteo y estacado del eje de la toma al tanque de agua, provincia Bautista Saavedra departamento de La Paz.

EMPRESA	OBJETO DE LA OBRA	DATOS DE DISEÑO	CARGO	AÑOS DE SERVICIO	
				DESDE	HASTA
EMPRESA CONSULTORA CB&T S.R.L.	Replanteo de los piquetes para una confiable y segura afluente del agua.	Longitud de todo el proyecto es de 4 Km.	CONSULTOR EN TOPOGRAFIA	2006	2006

➤ **Proyecto construcción de Viviendas 11 comunidades de la Provincia Bautista Saavedra**, Levantamiento topográfico de las comunidades e ubicación para la construcción de las viviendas familiares.

EMPRESA	OBJETO DE LA OBRA	DATOS Y OTROS	CARGO	AÑOS DE SERVICIO	
				DESDE	HASTA
EMPRESA CONSULTORA CB&T S.R.L.	<p>Levantamiento Topográfico a detalle de las comunidades.</p> <p>Levantamientos del perfil del terreno para cálculo de volumen en cada vivienda.</p>	<p>Provincia Bautista Saavedra</p> <p>Comunidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Niño Corín • Khazu • Charazani • Bajo Ñecos • Carijana • Majhata • Shiata • Mataru • Sotopata • Tolapampa. • Taypiplaya <p>Las comunidades se encontraban en camino troncal de Charazani a Apolo.</p>	CONSULTOR EN TOPOGRAFIA	2006	2006

2.- EMPRESA CONSULTORA GEDELTA CONSULTORES S.R.L.

La Empresa consultora Geodelta S.R.L. Contratistas que se dedica a prestar servicios de supervisión de carreteras, puentes, edificaciones etc.

➤ **Proyecto de Nivelación para Red de Alcantarillado en la ciudad de El Alto
Distrito 3.**

EMPRESA	OBJETO DE LA OBRA	DATOS DE DISEÑO	CARGO	AÑOS DE SERVICIO	
				DESDE	HASTA
EMPRESA CONSULTORA GEDELTA S. R. L.	Nivelación y estacado posterior Ajuste de la red de alcantarillado y compensación de poligonal en N,E. y Altura, mediante el método de mínimos cuadrados.	La red de medición se realiza en base a datos o BM impuestos por la Empresa	CONSULTOR EN TOPOGRAFIA	2007	2007
	Demarcación de BM en las intersecciones de calles.				
	Supervisión de cámaras y verificación de alturas según requerimiento de la Empresa.				

3.- MANCOMUNIDAD YUNGUEÑA.

La Mancomunidad yungueñas dedica a prestar servicios al sector nor y sud yungas del departamento de La Paz.

➤ **Proyecto de Alcantarillado Comunidad Miguillas y Luribay.**

EMPRESA	OBJETO DE LA OBRA	DATOS DE DISEÑO	CARGO	AÑOS DE SERVICIO	
				DESDE	HASTA
MANCOMUNIDAD YUNGUEÑA	Levantamiento Topográfico y Ajuste y compensación de poligonal en N,E. mediante el método de mínimos cuadrados.	La comunidad Miguillas y Luribay	CONSULTOR TOPOGRAFO	2007	2007

	Control de la nivelación geométrica implantación de BMs.				
	Replanteo de eje				
	Generación de planos Asbuilt				

4.-CONSULTORA GLOBAL FINANCE CONSULTANTS BOLIVIA S.R.L.

La empresa consultora privada que se dedica a prestar servicios de diseño y supervisión de obras civiles, y presta sus servicios a nivel nacional

- Proyecto para Estudio a Diseño Final del sistema de agua potable del Distrito 7 Viacha.

EMPRESA	OBJETO DE LA OBRA	DATOS DE DISEÑO	CARGO	AÑOS DE SERVICIO	
				DESDE	HASTA
EMPRESA CONSULTORA GLOBAL FINANCE CONSTANTS BOLIVIA SRL	Levantamiento topográfico de toda las urbanizaciones del distrito 7 de Viacha Ajuste y compensación de poligonal en N,E. mediante el método de mínimos cuadrados.	Longitud del tramo 7.5 Km.x 3 Km.	CONSULTOR TOPÓGRAFO GEODESTA	2008	2008
	Control de la nivelación Trigonométrica y geométrica implantación de BMs.	.			

5.- CORPORACION MINERA DE BOLIVIA (COMIBOL)

Corporación Minera de Bolivia institución pública dedicada a la Minería presta sus servicios a nivel nacional

Entidad	OBJETO DE LA CONTRATACIÓN	DATOS	CARGO	AÑOS DE SERVICIO	
				DESDE	HASTA
COMIBOL	<p>Levantamientos Topográficos y geodésicos a los diferentes proyectos de exploración y explotación de los diferentes centros mineros de la Comibol y otros como ser:</p> <p>Medición Relleno Cerro Rico de Potosí.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rehabilitación de la mina Mallku Khota. - Diseño planímetro para la rehabilitación de la maquinaria Catavi. - Recuperación de los Bienes inmuebles en Cochabamba. - Recuperación bien inmueble de noryungas. 	<p>Información recabado en los diferentes distritos mineros</p>	TÉCNICO TOPOGRAFO	2012	2015

- Levantamiento topográfico de la planta de fundición Capuratas ubicado frontera con Chile con el método RTK con equipos GNSS.
- Mensuras superficiales e internas en las minas triunfo, pacachas, colquemina.
- Calculo de volumen de las colas de Pailaviri Cerro Rico de Potosí.
- Calculo de volumen de colas Baremza.
- Mensuras internas en proyecto Concordia Centro minero Caracoles.
- Recuperación de bien inmueble de la ciudad de la paz y tramitación a catastro.

AREA II

CAPÍTULO I

MARCO TEORICO

I.1.- NOCIONES PRELIMINARES DE MINERIA

I.1.1.- ANTECEDENTES HISTORICOS DE LA MINERÍA

La minería es una de las actividades más antiguas de la humanidad. Casi desde el principio de la edad de piedra, hace 2,5 millones de años o más, ha venido siendo la principal fuente de materiales para la fabricación de herramientas. Se puede decir que la minería surgió cuando los predecesores de los seres humanos empezaron a recuperar determinados tipos de rocas para tallarlas y fabricar herramientas. Al principio, la minería implicaba simplemente la actividad, muy rudimentaria, de desenterrar el sílex u otras rocas. A medida que se vaciaban los yacimientos de la superficie, las excavaciones se hacían más profundas, hasta que empezó la minería subterránea. La mina subterránea más antigua que se ha identificado es una mina de ocre rojo en la sierra Bomvu de Suazilandia, en África meridional, excavada 40.000 años antes de nuestra era (mucho antes de la aparición de la agricultura). La minería de superficie, por supuesto, se remonta a épocas mucho más antiguas.

I.1.2.- NOCIONES BASICAS DE MINERIA

I.1.2. 1.- CONCEPTO DE MINERIA

La minería es una actividad económica del sector primario representada por la explotación o extracción de los minerales que se han acumulado en el suelo y subsuelo en forma de yacimientos. También la minería es considerada como el conjunto de individuos que se dedican a esta actividad o el conjunto de minas de una nación o región.

Por lo general, la minería tiene como fin obtener minerales o combustibles. Un mineral puede definirse como una sustancia de origen natural con una composición química

definida y unas propiedades predecibles y constantes. Un recurso mineral es un volumen de la corteza terrestre con una concentración anormalmente elevada de un mineral o combustible determinado.

I.1.3.- MÉTODOS MINEROS

Los métodos de minería se dividen en cuatro tipos básicos:

- Minería por pozos de Perforación
- Minería en Océanos.
- Minería de Superficie.
- Minería Subterránea.

I.1.3.a.- MINERÍA DE SUPERFICIE

La minería de superficie es el sector más amplio de la minería, y se utiliza para más del 60% de los materiales extraídos. Puede emplearse para cualquier material. Los distintos tipos de mina de superficie tienen diferentes nombres, y, por lo general, suelen estar asociados a determinados materiales extraídos. Las minas a cielo abierto suelen ser de metales; en las explotaciones al descubierto se suele extraer carbón; las canteras suelen dedicarse a la extracción de materiales industriales y de construcción, y en las minas de placer se suelen obtener minerales y metales pesados (con frecuencia oro, pero también platino, estaño y otros).

I.1.3.a.1.- MINAS DE CIELO ABIERTO

Son minas de superficie que adoptan la forma de grandes fosas en terraza, cada vez más profundas y anchas. Los ejemplos clásicos de minas a cielo abierto son las minas de diamantes de Sudáfrica, en las que se explotan las chimeneas de kimberlita, depósitos de mineral en forma cilíndrica que ascienden por la corteza terrestre. A menudo tienen una forma más o menos circular.

La extracción empieza con la perforación y voladura de la roca. Ésta se carga en camiones con grandes palas eléctricas o hidráulicas, o con excavadoras de carga frontal,

y se retira del foso. El tamaño de estas máquinas llega a ser tan grande que pueden retirar 50 m^3 de rocas de una vez, pero suelen tener una capacidad de entre 5 y 25 m^3 . La carga de los camiones puede ir desde 35 hasta 220 toneladas. Un avance de la minería moderna consiste en que las palas descarguen directamente en una trituradora móvil, desde la que se saca de la mina la roca triturada en cintas transportadoras.

El material clasificado como mineral se transporta a la planta de recuperación, mientras que el clasificado como desecho se vierte en zonas asignadas para ello. A veces existe una tercera categoría de material de baja calidad que puede almacenarse por si en el futuro pudiera ser rentable su aprovechamiento.

Muchas minas empiezan como minas de superficie y, cuando llegan a un punto en que es necesario extraer demasiado material de desecho por cada tonelada de mineral obtenida, se empiezan a utilizar métodos de minería subterránea.

I.1.3.a.2.- EXPLOTACIONES AL DESCUBIERTO

Las explotaciones al descubierto se emplean con frecuencia, aunque no siempre, para extraer carbón y lignito. En el Reino Unido se obtienen más de 10 millones de toneladas de carbón anuales en explotaciones al descubierto. La principal diferencia entre estas minas y las de cielo abierto es que el material de desecho extraído para descubrir la veta de carbón, en lugar de transportarse a zonas de vertido lejanas, se vuelve a dejar en la cavidad creada por la explotación reciente. Por tanto, las minas van avanzando poco a poco, rellenando el terreno y devolviendo a la superficie en la medida de lo posible el aspecto que tenía antes de comenzar la extracción. Al contrario que una mina a cielo abierto, que suele hacerse cada vez más grande, una explotación al descubierto alcanza su tamaño máximo en muy poco tiempo. Cuando se completa la explotación, el foso que queda se puede convertir en un lago o rellenarse con el material procedente de la excavación realizada al comenzar la mina.

Parte del equipo empleado en las explotaciones al descubierto es el mismo que el de las

minas a cielo abierto, sobre todo el utilizado para extraer el carbón. Para obtener las rocas de desecho situadas por encima, la llamada sobrecarga, se emplean los equipos más grandes de toda la minería. En Alemania existe una excavadora de cangilones que puede extraer 250.000 m³ de material diario. La máquina va montada sobre orugas y es automotriz. Otra máquina de gran tamaño que se emplea sobre todo en explotaciones al descubierto es la excavadora de cuchara de arrastre; una de estas máquinas, empleada en el Reino Unido en el pasado, extraía 50 m³ de sobrecarga cada vez.

I.1.3.a.3.- CANTERAS

Las canteras son bastante similares a las minas a cielo abierto, y el equipo empleado es el mismo. La diferencia es que los materiales extraídos suelen ser minerales industriales y materiales de construcción. En general, casi todo el material que se obtiene de la cantera se transforma en algún producto, por lo que hay bastante menos material de desecho. A su vez, esto significa que al final de la vida útil de la cantera queda una gran excavación. No obstante, debido a los bajos precios que suelen tener los productos de la mayoría de las canteras, éstas tienen que estar situadas relativamente cerca de los mercados. Si no fuera así, los gastos de transporte podrían hacer que la cantera no fuera rentable. Por esta razón, muchas se encuentran cerca de aglomeraciones urbanas. También supone que las cavidades creadas por muchas canteras adquieren un cierto valor como vertederos de residuos urbanos. En las cercanías de las grandes ciudades, puede ser que la excavación creada por la cantera tenga un valor superior al del material extraído. Debido al bajo coste actual del transporte marítimo, se están abriendo nuevos tipos de grandes canteras costeras. Estas canteras pueden servir a mercados alejados porque los gastos de transporte son lo bastante bajos como para que sus productos sigan siendo competitivos

I.1.3.a.4.- DEPÓSITOS DE JALES

Los jales son depósitos de partículas minerales mezcladas con arena o grava. Las minas de jales suelen estar situadas en los lechos de los ríos o en sus proximidades, puesto que la mayoría de los placeres son graveras de ríos actuales o graveras fósiles de ríos

desaparecidos. No obstante, los depósitos de playas, los sedimentos del lecho marino y los depósitos de los glaciares también entran en esta categoría. La naturaleza de los procesos de concentración que dan lugar a los placeres hace que en este tipo de minas se obtengan materiales densos y ya liberados de la roca circundante. Eso hace que el proceso de extracción sea relativamente sencillo y se limite al movimiento de tierras y al empleo de sistemas sencillos de recuperación física, no química, para obtener el contenido útil. El material extraído puede depositarse en zonas ya explotadas a medida que va avanzando la mina, a la vez que se recupera la superficie. Las minas de jales emplean equipos similares a los de otras minas de superficie. Sin embargo, muchas minas de jales se explotan mediante dragado.

I.1.3.b.- MINA SUBTERRÁNEA

Las minas subterráneas se abren en zonas con yacimientos minerales prometedores. El pozo es la perforación vertical principal y se emplea para el acceso de las personas a la mina y para sacar el mineral. Un sistema de ventilación situado cerca del pozo principal lleva aire fresco a los mineros y evita la acumulación de gases peligrosos. Un sistema de galerías transversales conecta el yacimiento de mineral con el pozo principal a varios niveles, que a su vez están conectados por aberturas llamadas alzamientos. Las gradas son las cámaras donde se extrae el mineral.

La minería subterránea se puede subdividir en minería de roca blanda y minería de roca dura. Los ingenieros de minas hablan de roca “blanda” cuando no exige el empleo de explosivos en el proceso de extracción. En otras palabras, las rocas blandas pueden cortarse con las herramientas que proporciona la tecnología moderna. La roca blanda más común es el carbón, pero también lo son la sal común, la potasa, la bauxita y otros minerales. La minería de roca dura utiliza los explosivos como método de extracción

I.1.3.b.1.- ROCA BLANDA: CARBÓN

En gran parte de Europa, la minería se asocia sobre todo con la extracción del carbón. En los comienzos se empleaban métodos de extracción que implicaban la perforación y la voladura con barrenos, pero desde 1950 ya no se utilizan esos métodos, salvo en

unas pocas minas privadas.

En la minería de roca blanda se perforan en la veta de carbón dos túneles paralelos separados por unos 300 m (llamados entradas). A continuación se abre una galería que une ambas entradas, y una de las paredes de dicha galería se convierte en el frente de trabajo para extraer el carbón. El frente se equipa con sistemas hidráulicos de entibado extremadamente sólido, que crean un techo por encima del personal y la maquinaria y soportan el techo de roca situado por encima. En la parte frontal de estos sistemas de entibado se encuentra una cadena transportadora. Los lados de la cadena sostienen una máquina de extracción, la cizalladora, que corta el carbón mediante un tambor cilíndrico con dientes, que se hace girar contra el frente de carbón. Los trozos de carbón cortados caen a la cadena transportadora, que los lleva hasta el extremo del frente de pared larga. Allí, el carbón pasa a una cinta transportadora, que lo lleva hasta el pozo o lo saca directamente de la mina. Cuando se ha cortado toda la longitud del frente, se hace avanzar todo el sistema de soporte, y la cizalladora empieza a cortar en sentido opuesto, extrayendo otra capa de carbón. Por detrás de los soportes hidráulicos, el techo cede y se viene abajo. Esto hace que esta forma de extracción siempre provoque una depresión del terreno situado por encima.

En Sudáfrica, Estados Unidos y Australia, gran parte de la extracción se realiza mediante el método de explotación por cámaras y pilares, en el que unas máquinas llamadas de extracción continua abren una red de túneles paralelos perpendiculares, lo que deja pilares de carbón que sostienen el techo. Este método desaprovecha una proporción importante del combustible, pero la superficie suele ceder menos.

I.1.3.b.2.- ROCA DURA: METALES Y MINERALES

En la mayoría de las minas de roca dura, la extracción se realiza mediante perforación y voladura. Primero se realizan agujeros con perforadoras de aire comprimido o hidráulicas. A continuación se insertan barrenos en los agujeros y se hacen explotar, con lo que la roca se fractura y puede ser extraída. Después se emplean máquinas de carga especiales (muchas veces con motores diesel y neumáticos) para cargar la roca volada y transportarla hasta galerías especiales de gran inclinación. La roca cae por esas galerías y

se recoge en el pozo de acceso, donde se carga en contenedores especiales denominados cucharones y se saca de la mina. Más tarde se transporta a la planta de procesamiento, si es mineral, o al vertedero, si es material de desecho.

Para poder acceder al yacimiento de mineral hay que excavar una red de galerías de acceso, que se suele extender por la roca de desecho que rodea el yacimiento. Este trabajo se denomina desarrollo; una mina de gran tamaño, como la mina sudafricana de platino de Rustenberg, puede abrir hasta 4 km de túneles cada mes. La extracción del mineral propiamente dicho se denomina arranque, y la elección del método depende de la forma y orientación del yacimiento. En los depósitos tubulares horizontales hay que instalar sistemas de carga y transporte mecanizados para manejar la roca extraída. En los yacimientos muy inclinados, una gran parte del movimiento de la roca puede efectuarse por gravedad. En el método de socavación de bloques se aprovecha la fuerza de la gravedad incluso para romper la roca. Se socava el bloque que quiere extraerse y se deja que caiga por su propio peso.

La minería subterránea es la más peligrosa, por lo que se prefiere emplear alguno de los métodos superficiales siempre que resulte posible. Además, la explotación subterránea de un yacimiento exige una mayor complejidad técnica, aunque las instalaciones para la extracción varían notablemente según las características de la estructura del propio yacimiento, del tamaño de la unidad de producción y del coste de la inversión.

I.1.4.- LA MINERÍA EN BOLIVIA

I.1.4.a.- RESEÑA HISTÓRICA

En el actual territorio del Estado Plurinacional de Bolivia, se ha practicado la minería desde cuando el yacimiento argentífero del Cerro Rico de Potosí, fue descubierto casualmente por los españoles. Luego se explotaron otros en la Audiencia de Charcas, principalmente, de: oro, plata, cobre y estaño que abarca desde el siglo XVI hasta el XX;

Entonces, el espacio cronológico del enunciado abarca todo el período virreinal; o sea, el

íntimamente ligado a la explotación de la plata (de 1544 a 1825); su continuación en la República, también con la plata (1825-1885); la explotación del estaño y, en menor escala, del: antimonio-bismuto-cobre-oro-plata-plomo- wolfram-zinc (1885-1985) y la explotación de sulfuros de zinc-plata-plomo y en pequeña escala los anteriores elementos metálicos (1985 hasta nuestros días).

Con la revolución del 52 se crea la Corporación Minera de Bolivia (COMIBOL) fue creada mediante Decreto Supremo 31196 dictado el 2 de octubre de 1952. La creación de la empresa fue un anticipo a la nacionalización de las minas que se encontraban en poder de los Patiño, Hotchschild y Aramayo que se produciría pocos días después, el 31 de octubre asumió la dirección de la administración de la industria minera fiscal para “la exploración, prospección, explotación, beneficio y comercialización de los importantes yacimientos minerales que encierra el subsuelo patrio, dentro de un plan general y racional técnicamente elaborado”, asumiendo la misión de:

- a) Explorar, explotar y beneficiar los minerales de los yacimientos mineros que el Gobierno de la Nación asigne.
- b) Comercializar y explotar los productos minerales en ejecución del Decreto Supremo 3072 de 2 de junio de 1952.
- c) Importar maquinarias, herramientas, materiales, implementos de trabajo minero y artículos de pulpería tanto para la atención de sus necesidades como del resto de la minería nacional.

El Decreto 31196 autorizaba también a la COMIBOL a “constituir sociedades” para la explotación de minas a su cargo, manteniendo para el Estado el 51% de las acciones emitidas. Se constituyó, además, un directorio integrado por dos representantes de la Federación Sindical de Trabajadores Mineros de Bolivia.

En agosto de 1985, con el controvertido Decreto Supremo 21060, que implicó la relocalización de los mineros y convirtiendo al a entidad como administradora de los sectores mineros del país.

En 2006 la COMIBOL, asume el dominio total del cerro Posokoni, así como la dirección y

administración directa sobre los yacimientos nacionalizados del Centro Minero. Posteriormente, a partir de la aprobación de la Ley 3720 de 31 de julio de 2007, la COMIBOL recupera su rol en toda la cadena productiva.

I.1.4.b.- METODOS EMPLEADOS EN LA MINERIA BOLIVIANA

Muy avanzadas eran las técnicas incaicas del laboreo de minas. De ser posible se trabajaban los afloramientos a tajo abierto. Caso contrario, se hacían socavones angostos de hasta 70 metros de longitud.

Tomaremos el ejemplo de Potosí para generalizar lo referente a la explotación de los diversos yacimientos argentíferos de la Audiencia de Charcas a lo que sucedía y practicaba en los otros centros mineros. Los primeros españoles que arribaron a Potosí sabían muy poco y/o desconocían las técnicas de explotación; y por ello confiaron en los mineros de Porco. Consecuentemente, adoptaron la tecnología nativa.

I.1.4.c.- LA EXPLOTACIÓN EN EL CERRO RICO DE POTOSÍ

Para los primeros trabajos en el famoso Cerro, tampoco era necesaria la experiencia, por la bonanza de los minerales. La explotación en los primeros años consistía en tanteos o trabajos superficiales y a tajo o a cielo abierto, siguiendo el curso de las vetas primigenias que afloraban.

Esas vetas fueron así trabajadas hasta donde fue posible; y eran tan hondas que en todo un día un natural hacía el camino de subida, cargando el mineral, en dos etapas. La forma de trabajar de los barreteros en las labores a cielo abierto era siempre en grupos de a dos, que se alternaban uno sujetando el barreno y el otro con el combo cogido con ambas manos.

La tecnología del trabajo subterráneo es tan antigua que los españoles la habían heredado de los romanos, luego la transfirieron a Potosí y junto a las técnicas incaicas en un principio convivieron bien hasta el empleo de puntas aceradas o barretas traídas exprofesamente, que reemplazaron a los implementos nativos a lo sumo recubiertos en la punta con bronce o cobre.

En 1556 fue iniciado el primer socavón, obra del florentino Benino, dirigido a la veta Rica; terminándose 29 años más tarde. Tuvo 209 metros de longitud y 2.4 metros cuadrados de sección. Para su construcción se empleó la técnica de adosado de fuego para romper por dilatación térmica la roca; al llegar a la veta el socavón permitió desarrollar muchas minas encima de él; asimismo mejoró el transporte, ya que era más fácil bajar el mineral 58 metros mediante escaleras, que subir 225 por ellas hasta la superficie.

Hacia 1573 (después de Toledo), Niccolò de Benino nos da a conocer que las minas en el cerro llegaron en promedio a unos 250 metros de profundidad, o sea 165-330 metros.

Los métodos de explotación y extracción no mejoraron en el siglo XVI y parte del XVII, y las minas se iban profundizando más, un hecho notable tecnológico fue la introducción de la pólvora para realizar el arranque fue introducida en la segunda mitad del siglo XVII.

La explotación en el Cerro Rico poco cambió en el siglo XVIII, ya que la tecnología minera se mantuvo casi sin innovación. Todas las operaciones eran efectuadas por los mingas y mitayos, con diverso grado de entrenamiento.

I.1.4.d.- MINAS EN REGIONES DE LA PAZ

En La Paz: Ancoraimas (Omasuyos), Berenguela (Pacajes), Calacoto (Pacajes), Callapa. (Pacajes), Camata (Muñecas), Caquingora (Pacajes), Carabaya (Larecaja), Carabuco (Camacho), Colquiri (Inquisivi), Corocoro (Pacajes), Coroico (Nor Yungas), Chacapa (Larecaja), Choquepiña. (Larecaja), Choquiayapu o Chuquiabu (río en La Paz), La Hoya (Inquisivi), Huarina (Omasuyos), La Paz, Larecaja (Larecaja), Omasuyos (Omasuyos), Pacocaba (cerro cerca de las minas de Berenguela), Santa Juana (cerro, en Pacajes), Sicasica. (Aroma), Tampaya (cerro, en Pacajes), Tipuani (Larecaja), Tiwanacu (Ingavi), Yaco (cerro del Milagro, en Inquisivi) y Yuyolla o Ulloma (Pacajes).

I.1.4.e.- EL INFORME PENTLAND (siglo XIX)

El Informe sobre la minería en Bolivia , escrito en 1827, por el irlandés Joseph Barclay

Pentland para cumplir, entre otros objetivos, con la confección de un mapa geográfico de las provincias, examen geológico; además de una relación del número y capacidad de las minas, con miras a la posible introducción de tecnología y de capital británico, por lo que se detectó las siguientes en La Paz las minas de plata de San Juan de Berenguela (provincia Pacajes/La Paz), muy cerca del pueblo de Santiago de Machaca. Sus minerales eran complejos argentíferos de sulfuros de plomo-cobre y de plata roja y antimonial, en tanto para yacimientos auríferos en el Informe se menciona que en Tipuani (provincia Larecaja/La Paz), se lavaba oro en ambos lados del río.

No sólo se explotaba en el río Tipuani; sino, y aunque en menor escala, en el Mapiri, el Kaka, el Cuca y el Coroico; o sea, los ríos que descienden de la Cordillera Real en las provincias Larecaja y Yungas, y nuestro informante recomendaba la inversión de capitales ingleses o europeos para continuar con esta actividad.

Según Pentland, el Illimani (provincia de Yungas y una altura de 7.376 metros), está conformado por estratos de arcilla en transición, atravesados por un sin fin de vetas de cuarzo, y donde el oro está diseminado o se lo encuentra como piritita aurífera.

Ya en el siglo XXI estas mismas regiones aún siguen siendo objetos de exploraciones y explotaciones mineras.

I.1.5.- LA MINERÍA ESTATAL EN LAS ÚLTIMAS DECADAS

En los últimos 10 años, la minería boliviana se proyecta sobre un nuevo escenario y se adecua al surgimiento de metales que se perfilan con mejores oportunidades en el mercado que el estaño. Entre otros, el zinc, la plata y sobre todo el oro, que presenta el crecimiento más espectacular. Paralelamente, la minería estatal es sustituida por la privada y dentro de ésta se consolida la mediana como el mayor productor, mientras en el sector aurífero las cooperativas adquieren mayor relevancia. La reestructuración de la COMIBOL causa un rápido descenso de la participación del sector minero en el empleo nacional, parcialmente compensado por el crecimiento de las cooperativas, aunque las condiciones que ofrecen no sean nada equivalentes.

Entre las riquezas mineras del país, las mayores se concentran en los departamentos occidentales como Potosí, La Paz y Oruro, en las que se encuentran el estaño (4° productor mundial), plata (11° productor mundial), cobre, tungsteno, antimonio, zinc, etc. En las regiones orientales tropicales, principalmente en los departamentos de Santa Cruz y Beni, se encuentran los yacimientos más importantes de hierro y oro (cerro San Simón). Importantes también las gemas como la Bolivianita, Ayoreita, Anahita, Amatista y Milenium procedentes siempre de las tierras bajas tropicales.

Los grandes yacimientos mineralógicos existentes en suelo nacional como la mina de plata a cielo abierto más grande del mundo, en proceso de extracción, San Cristóbal, El Mutún, el tercer yacimiento de hierro y manganeso del mundo, con una reserva de 42.000 millones de toneladas del primer mineral, en proceso de licitación en junio de 2006, con lo cual proveerá de hierro al país, así como la complementación de una industria siderúrgica, que abastecerá de acero a todo el territorio nacional, así como países vecinos. El Salar de Uyuni, la mayor reserva de potasio y litio del mundo, este último considerado la energía del futuro, así como la de mineral de sal.

I.1.6 PROCESOS DE LA MINERIA

En la minería se encuentra dividida en varios procesos o fases, que son:

- Prospección
- Exploración
- Desarrollo
- Explotación.

La **exploración** y la **prospección** son fases estrechamente ligadas y a veces se las combinan, a menudo los geólogos se ocupan de ellas. El desarrollo y la explotación son las fases, que en general los ingenieros de minas realizan. Las fases están descritas en la tabla siguiente.

Fase	Procedimiento	en años	Costos por tonelada
1. Prospección	<p>Búsqueda de menas</p> <p><i>Métodos de prospección:</i> Directo - física, geología. Indirecto - geofísica, geoquímica.</p> <p><i>Localización de lugares favorables:</i> Mapas, publicaciones, minas antiguas y presentes.</p> <p>geofísicos.</p> <p><i>Superficie:</i> Métodos geofísicos y geológicos.</p> <p>Anomalía - Análisis - Evaluación.</p>	1-3	2.50€US
2. Exploración	<p>Dimensión y valor del depósito mineral</p> <p><i>Muestreo:</i> Excavación, roza, sondeo.</p> <p>Assay test - cálculo de grado.</p> <p>factibilidad.</p> <p>Valor actual = rendimiento - costos.</p>	2-5	1€-1€US
3. Desarrollo	<p>Depósito mineral abierto para la producción</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Derechos de minería 2. Estudio del impacto de minería al medio ambiente 3. Infraestructura 4. Planta 5. Explotación 	2-5	25€-5\$US
4. Explotación	<p>Producción de las menas</p> <p>son geología, geografía, economía, medio ambiente,</p> <p>abierto, open pit, open cast; explotación a grandes cortes.</p> <p>Monitor costs y reserva económica para 3 a 10 años.</p>	10-30	2-100\$US

FIG. 1 FASES EN LA VIDA DE UNA MINA SEGÚN HARTMAN (1987)
FUENTE: GEOVIRTUAL 2.CL

En la **PRIMERA FASE**, en la prospección se quiere lograr un reconocimiento general del área de interés, localizar una anomalía con las propiedades de un depósito mineral y reducir su tamaño. La prospección está enfocada en la búsqueda de las menas ubicadas relativamente cerca con respecto a la superficie aplicando los métodos directos e indirectos de prospección. Para la localización de un depósito mineral se aplica las fotos

aéreas y las imágenes de satélite del área en cuestión, la topografía y los mapas estructurales correspondientes. Directamente se levanta y analiza los afloramientos de un depósito mineral y/o las rocas meteorizadas y/o alteradas, que pueden originar de un yacimiento mineral. En casos más complejos se lleva a cabo un levantamiento de la geología del área de interés como de las formaciones geológicas, de sus dimensiones y de su estructura. Se toma distintos tipos de muestras (método indirecto) como del agua de río, del suelo, de plantas o de rocas y se aplica en ellas los análisis del laboratorio adecuados como los análisis químicos en muestras de agua, los análisis petrográficos (por un micropolariscopio) y geoquímico (por ejemplo el análisis de fluorescencia de rayos X o el análisis por la espectrometría de absorción atómica) en muestras de rocas por ejemplo para obtener informaciones acerca de la calidad, la cantidad y la distribución de los elementos y/o los minerales de interés y acerca de la génesis de la mineralización. Estos métodos también pueden dar resultados en el caso de depósitos minerales descubiertos por ejemplo por una capa de aluviones.

Los métodos indirectos abarcan los métodos geofísicos y los métodos ya mencionados como el 'remote sensing', el muestreo y los métodos geoquímicos.

Los métodos geofísicos sirven para detectar anomalías geofísicas, que pueden ser originadas por depósitos minerales. Los métodos geofísicos en parte son adecuados para el uso aéreo, superficial y subterráneo, como el método magnético, y se puede aplicarlos a partir de la superficie terrestre, a partir del mar o en una mina como el método sísmico.

La **SEGUNDA FASE**, la exploración está enfocada en un reconocimiento detallado del depósito mineral descubierto en la fase de prospección. Ahora se delimitan las dimensiones exactas y el enriquecimiento del depósito mineral principalmente por medio de los mismos métodos aplicados en la prospección, pero en un área reducida y claramente definida. Se realizan sondeos y mediciones geológicas y geofísicas en los pozos generados (borehole logs). Se toman muestras representativas (esquirlas de la superficie, a lo largo de excavaciones, túneles o de perforaciones, rocas compactas) a través de una red de muestreo con espaciado mucho más angosto como aquel establecido en la prospección y se las analizan. Los métodos de exploración se aplican en

la superficie y en el subterráneo. La fase de exploración se termina con un estudio de factibilidad ('feasibility study') en base del conjunto de datos obtenidos en las dos fases. A partir del estudio de factibilidad se puede decidir si se continuará con el desarrollo y la explotación del depósito mineral o si se abandonará este proyecto.

En efecto no existe un límite claramente definido entre la prospección y la exploración, y muchos autores utilizan los dos términos como sinónimos. Las fases del desarrollo y de la explotación son caracterizadas detalladamente en otras asignaturas.

El siguiente diagrama corriente ilustra las vías de decisión posibles durante una campaña de prospección y exploración.

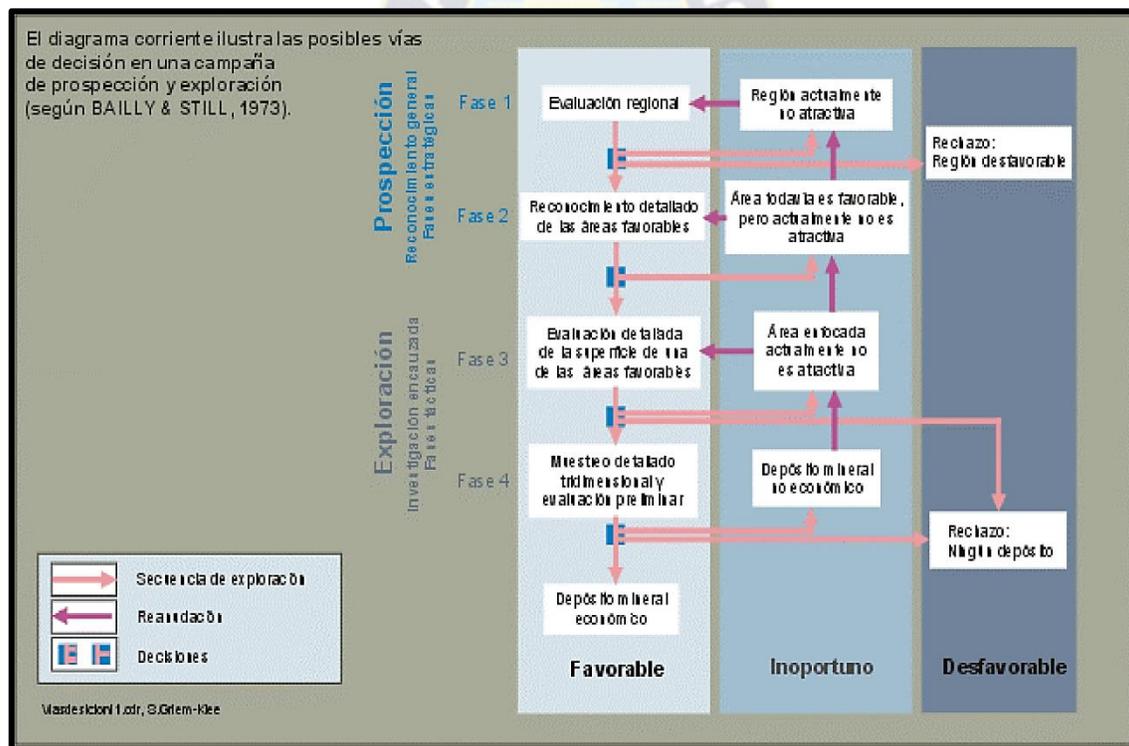


FIG. 2.- DIAGRAMA DE VÍAS DE DECISIÓN EN UNA CAMPAÑA
FUENTE: UCML.ES

En este diagrama se aprecia, que la prospección apunta a un reconocimiento general de una región y que en la exploración se enfoca una investigación encauzada de un área claramente definida y más reducida con respecto al área cubierta en la prospección. En la prospección se desarrolla una estrategia (fases estratégicas), la exploración está caracterizada por las fases tácticas. Cada fase resulta en una evaluación del proyecto y

con la decisión de continuar o terminarlo (de la evaluación regional a la evaluación del depósito mineral). Los varios tipos de decisiones se puede clasificar como sigue en decisiones: Favorables (continuación del proyecto), Inoportunas (proyecto congelado en este momento, pero posiblemente se vuelve favorable luego) y Desfavorables (fin del proyecto).

El primero objetivo de la prospección es la localización de una anomalía geológica con propiedades de un depósito mineral, un objetivo común de la prospección y de la exploración es la reducción del área de investigación. Comúnmente las áreas en consideración se disminuyen de 2500 - 250.000 km² en la primera fase a 2,5 - 125km² en la segunda fase y la tercera fase a 0,25 - 50km² en la última fase.

Un otro objetivo común consta en aumentar las ventajas del área prometedora con respecto a su explotación rentable, como por ejemplo ocuparse de un camino de acceso transitable y de un peritaje del medio ambiente. La exploración se finaliza con el estudio de factibilidad.

En lo siguiente se caracterizará los métodos de prospección/exploración como el método geológico, los métodos geofísicos y geoquímicos y el 'remote sensing'.

I.2.- TOPOGRAFÍA

I.2.a.- INTRODUCCIÓN A LA TOPOGRAFÍA

El levantamiento de una extensión de terreno consiste en tomar en el campo los datos necesarios para que se pueda hacer la representación de ella, en figura semejante, sobre el dibujo, ya sea en proyección horizontal, o bien en proyección vertical. El levantamiento comprende dos operaciones principales: "la planimetría y la altimetría" ocupándose la primera de la determinación de distancias, ángulos, etc., o sea de los datos necesarios para poder hacer la representación sobre un plano horizontal: y la segunda, de la ejecución de las medidas necesarias para poder hacer la representación sobre un plano vertical. Los levantamientos planimétricos pueden hacerse de varias maneras: Con longímetro únicamente, por medio de poligonales, el que consiste en

levantar líneas quebradas en las cuales se van determinando las longitudes de los lados y los ángulos que éstos forman entre si, por medio de triangulaciones, el cuál consiste en cubrir la zona que se va a levantar, con redes de triángulos ligados entre si.

Los levantamientos por medio de poligonales se pueden clasificar de la siguiente manera: levantamientos con brújula y longímetro, o brújula y estadal, o brújula y midiendo las distancias por procedimientos expeditos, Levantamientos con teodolito y longímetro, levantamientos con teodolito y estadal, levantamientos gráficos por medio de la plancheta.

En cuanto a su calidad, puede hacerse la clasificación siguiente: levantamientos precisos, los cuales se ejecutan por medio de triangulaciones o poligonales de precisión, levantamientos regulares, los cuales se ejecutan por medio de poligonales levantadas con teodolito y longímetro, levantamientos taquimétricos, en los cuales se miden las distancias por procedimientos indirectos, levantamientos expeditos, los cuales se ejecutan con brújula, midiendo por lo general las distancias "a pasos" o por otros procedimientos expeditos, los levantamientos precisos se emplean para los gobiernos para fijar los límites entre naciones o estados, o bien para que sirvan de apoyo a levantamientos de detalle para cartas geográficas.

También se emplean con un objeto científico para el estudio de la forma de la tierra. Estos levantamientos se hacen por lo común por procedimientos geodésicos.

Las poligonales de precisión se emplean en levantamientos catastrales en las ciudades en donde tiene gran valor el terreno, en los hechos con objeto de hacer el trazo de caminos y en los ejecutados con el fin de proyectar obras de saneamiento en las ciudades de importancia.

Los levantamientos regulares se emplean para levantar linderos de propiedades, para el trazo de caminos o vías férreas, canales, ciudades pequeñas, etc., y para tener poligonales que sirvan de apoyo a los levantamientos de detalles.

Los levantamientos taquimétricos se emplean para el relleno de un plano, con objeto de

fijar los detalles comprendidas dentro de él; en los trabajos preliminares, en la configuración de los accidentes del terreno y en los levantamientos geográficos para la fijación de los detalles más importantes. En algunas partes de Europa se usa la estadía en levantamientos catastrales, pero en este caso se ejecuta el trabajo con sumo cuidado,

Los levantamientos expeditos o rápidos se ejecutan en los reconocimientos hechos con el objeto de hacer un anteproyecto, en las exploraciones, con los levantamientos militares y en los levantamientos de relleno para fijar detalles de poca importancia.

Es muy frecuente que en un mismo plano se ejecuten operaciones de las cuatro clases anteriores. En los levantamientos geodésicos, por ejemplo, se cubre el terreno con cadenas de triángulos geodésicos en las cuales se apoyan cotas topográficas. Los caminos, poblaciones, ciudades, terrenos, se levantan en seguida por medio de poligonales taquimétricas, y los detalles de menor importancia se pueden fijar por los procedimientos de la topografía rápida. En ciertos casos, para fijar detalles importantes, se pueden emplear poligonales levantadas con teodolito o longímetro.

I.2.b.- TOPOGRAFÍA DE SUPERFICIE

La topografía de superficie comprende todos los trabajos que hacen en el exterior, como la medición de lotes mineros, las triangulaciones o trilateraciones para la fijación en un plano general de todos los lotes de los cuales es concesionaria una misma compañía; los levantamientos taquimétricos de determinada zona, a fin de tener un plano con curvas de nivel cuando se dispone los planos fotogramétricos. Todos los levantamientos se ejecutan con diferentes grados de precisión y son muy variados.

Es necesarios tener presente que los trabajos de superficie deben de estar ligados a los subterráneos, por esta razón el sistema de coordenadas y de elevaciones es el mismo.

Este sistema de coordenadas, que en la superficie esta formado por líneas perpendiculares entre sí y que pertenecen al plano del horizonte, en las minas esta formado por un sistema de planos verticales que pasan por esas líneas o ejes, y los cuales juntos con el plano del horizonte, forman el sistemas de coordenadas ortogonales en el espacio.

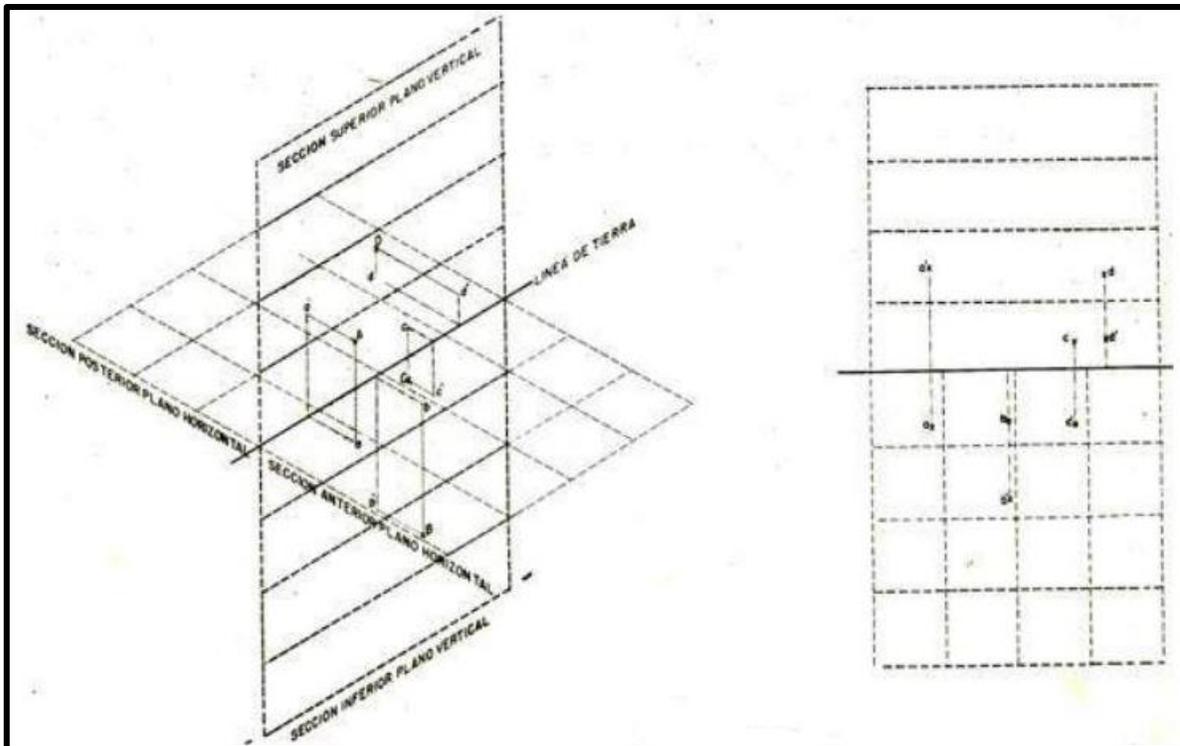


FIG. 3.- SISTEMA DE COORDENADAS HORIZONTAL Y VERTICAL
FUENTE: WWW.DLUGTO.MX

I.2.c.- TOPOGRAFÍA DE MINAS

El control de topografía subterránea lo constituye un sistema de bancos de nivel. Para este También se toman en cuenta la medición de los lotes mineros, que son los primeros trabajos de medición que se hacen en una mina. Estos trabajos sirven para señalar en la superficie el terreno que se ha denunciado ante las autoridades correspondientes, y dentro del cual se ejecutan toda serie de trabajos que se hacen en una mina para la extracción y beneficio de los minerales. Tanto los que se hacen en superficie como los que se hacen en el interior, quedan comprendidos dentro del prisma formado por los planos verticales de profundidad indefinida que pasan por los lados del terreno que forman el lote minero, y los cuales son también los límites del mismo en el subsuelo.

A menudo se compara la búsqueda de un depósito mineral con la búsqueda de una aguja adentro dentro de un pajar. En el caso de algunos países la probabilidad de descubrir un yacimiento mineral favorable para desarrollarlo esc. 1:1000. En base de la abundancia

normal de los elementos en la corteza terrestre se define el factor de enriquecimiento (concentration clarke en inglés) como el factor, con que se debe multiplicar la abundancia normal de un elemento (the clarke) en la corteza terrestre para obtener una concentración económicamente explotable. El cutoff grade para un elemento (el límite inferior de la gestión económica) designa la concentración mínima de la mineralización, que todavía se puede explotar económicamente. Con el cutoff grade variándose por la situación económica mundial o por otros factores variaría el factor de enriquecimiento asimismo. La abundancia normal de varios elementos químicos en la corteza terrestre, se hallan en la tabla de abundancia normal de los elementos químicos en rocas de la corteza terrestre. los cutoff grades y factores de enriquecimiento para algunos elementos químicos.

I.2.d.- EQUIPO TOPOGRAFICO UTILIZADO EN LA MINERIA

I.2.d.1.-TEODOLITOS

El teodolito fue construido en 1787 por el óptico y mecánico Ramsden. Los antiguos instrumentos, eran demasiado pesados y la lectura de sus limbos (círculos graduados para medir ángulos en grados, minutos y segundos) muy complicada, larga, y fatigosa. Eran contruidos en bronce, acero, u otros metales.

El ingeniero suizo Enrique Wild, en 1920, logró construir en los talleres ópticos de la casa Carl Zeiss (Alemania), círculos graduados sobre cristal para así lograr menor peso, tamaño, y mayor precisión, logrando tomar las lecturas con más facilidad.

El teodolito es conocido en América como "tránsito" y es un instrumento para medir ángulos horizontales y verticales. Consiste en un telescopio móvil montado sobre dos ejes perpendiculares, uno en el eje horizontal y otro en el eje vertical.

El teodolito, está compuesto por la base nivelante, la alidada, y el anteojo. La base nivelada donde están los tres tornillos nivelantes, se encuentra sobre la meseta de un trípode.

En los teodolitos sencillos de tipo antiguo, el círculo horizontal es solidario con este conjunto base, en los instrumentos modernos, este círculo puede desplazarse por medio de un botón o por cualquier otro medio.

La alidada, que es una montura en forma de Y, puede girar por su eje vertical (eje de rotación) y sostiene en sus extremos al eje horizontal, al cual van fijados el anteojo y el círculo vertical.

El instrumento se centra sobre el punto del terreno por medio de una plomada o cordón o por una plomada óptica, incorporada o por un bastón de centrado.

Por los movimientos vertical y horizontal, alrededor de sus respectivos ejes el anteojo puede ser dirigido en cualquier dirección y los tornillos de presión y de movimiento fino permiten apuntarlo exactamente hacia una señal.

El teodolito está compuesto de partes ópticas y partes mecánicas.

En su parte interna posee prismas y lentes que al desviar el haz de luz permite una rápida y sencilla lectura de los limbos graduados en grados, minutos y segundos.

La lectura se realiza por medio de un ocular que se encuentra hacia un costado del anteojo.

La topografía conjuntamente con la geodesia tiene por objeto realizar todas las mediciones que determinan la posición relativa de puntos terrestres, como así también realizar los cálculos de dichas mediciones, y utilizar los resultados para realizar planos y mapas.

Para establecer la posición de estos puntos terrestres, es preciso saber, sobre la forma de la superficie en que se opera y determinar el exacto relieve del suelo.

En la ejecución de esta gran diversidad de trabajos se emplean numerosos útiles, aparatos e instrumentos.

En esta oportunidad se menciona al Teodolito, instrumento que se utiliza para medir

ángulos horizontales y verticales, que también se emplea para comparar las direcciones hacia dos o más puntos, así como la inclinación de tales direcciones.

Estas medidas se refieren a un plano horizontal, que pasa por el punto de observación, desde ese punto se deducen los ángulos horizontales y verticales.

Anteriormente al teodolito, los árabes, en el siglo IX utilizaban el astrolabio, que solo permitía medir ángulos inclinados situados en planos que pasaban por el ojo del observador, y los objetos lejanos a medir. Consistía en su parte principal de un círculo graduado y un brazo índice solo movable paralelamente a ese círculo, no podía servir para la medición directa de ángulos horizontales, sino, en el caso particular de hallarse los objetos a medir, en el horizonte del aparato.



FIG. 4.- TEODOLITO UNIVERSAL T2
FUENTE: WEBDELPROFESOR.ULA.VE

I.2.d.2.- GIRÓSCOPOS

Un giroscopio o giroscopio es un dispositivo mecánico que muestra el principio de conservación del momento angular. En física también es conocido como inercia giroscópica.

La esencia del dispositivo es una masa con forma de rueda girando alrededor de un eje. A su vez está montado sobre un sistema que permite que el eje pueda tomar cualquier orientación. Una vez que está girando tiende a resistirse a los cambios en la orientación

del eje de rotación. El giroscopio fue inventado para un experimento relacionado con la rotación de la Tierra por León Foucault en

1852 que le dio el nombre. Sin embargo, ejemplos del fundamento del giroscopio pueden observarse a diario, como es el caso de las carreras de motos: El motorista sólo necesita inclinarse para poder girar al tomar una curva.

Un giroscopio muestra diversos comportamientos que incluyen la precesión y la nutación. El efecto giroscópico puede utilizarse entre otras cosas, para construir una giro brújula que complementa o substituye la brújula magnética utilizada en el levantamiento Topográfico así como en barcos, aviones, naves espaciales y vehículos en general o de la misma manera para ayudar a su estabilidad o ser usado como parte de un sistema de guía inercial.

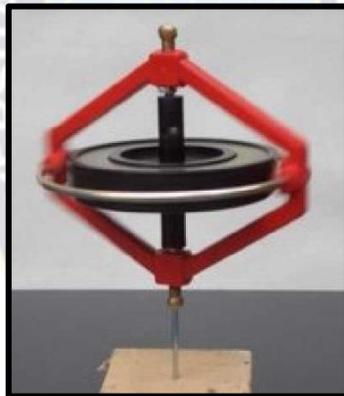


FIG. 5.- GIROSCOPIO
FUENTE: WEBDELPROFESOR.ULA.VE

I.2.d.3.- SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS)

Desde el año 1973 ante exigencias militares era necesario poder hacer navegación en tiempo real más precisa y de forma continua, en tierra, mar o aire, en toda condición meteorológica y en un sistema de cobertura global, empezándose a desarrollar por consiguiente el proyecto de la constelación NAVSTAR (Navigation Satellite Timing and Ranging - Satélite Navegación, cronometría y distanciametría).

El 22 de febrero de 1978 se lanzó el primer satélite naciendo así el sistema Llamado GPS

(Global Position System - Sistema de Posicionamiento Global). La responsabilidad del desarrollo, prueba y despliegue del sistema recae en la Joint Program Office de U.S. Air Force System Division, organismo militar estadounidense, por lo que el sistema es fundamentalmente militar.

Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS) el cual permite determinar en todo el mundo la posición de una persona, (en todo su conjunto incluyendo sus extremidades de ahí que se denomine global) un vehículo o una nave, con una desviación de cuatro metros. El sistema fue desarrollado e instalado, y actualmente es operado, por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos.

El GPS funciona mediante una red de alrededor de 24 satélites que se encuentran orbitando alrededor de la tierra. Cuando se desea determinar la posición, el aparato que se utiliza para ello localiza automáticamente como mínimo cuatro satélites de la red, de los que recibe unas señales indicando la posición y el reloj de cada uno de ellos. En base a estas señales, el aparato sincroniza el reloj del GPS y calcula el retraso de las señales, es decir, la distancia al satélite. Por "triangulación" calcula la posición en que éste se encuentra. La triangulación consiste en averiguar el ángulo de cada una de las tres señales respecto al punto de medición. Conocidos los tres ángulos se determina fácilmente la propia posición relativa respecto a los tres satélites. Conociendo además las coordenadas o posición de cada uno de ellos por la señal que emiten, se obtiene la posición absoluta, o coordenadas reales del punto de medición. También se consigue una exactitud extrema en el reloj del GPS, similar a la de los relojes atómicos que desde tierra sincronizan a los satélites.

La antigua Unión Soviética tenía un sistema similar llamado GLONASS, ahora gestionado por la Federación Rusa y actualmente la Unión Europea intenta lanzar su propio sistema de posicionamiento por satélite, denominado "Galileo".

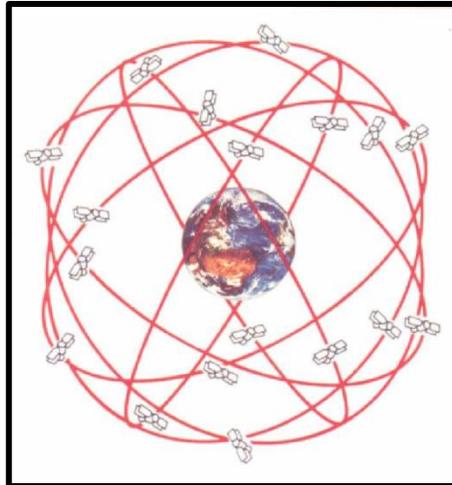


FIG. 6.- GPS – RECORRIDOS ORBITALES
FUENTE: WEBDELPROFESOR.ULA.VE

I.2.d.4.- ESTACIONES TOTALES

Una estación total es un instrumento óptico usado en la topografía moderna. Es una combinación de un teodolito electrónico (tránsito), y un aparato de medición de distancia electrónico (EDM), agregándole a ello interfaces que se conectan con una computadora externa para potenciar su funcionamiento.

Con una estación total se pueden determinar ángulos y distancias del instrumento a los puntos que se examinarán. Con la ayuda de la trigonometría, los ángulos y las distancias se pueden utilizar para calcular las coordenadas de las posiciones reales (X, Y, y Z, la distancia inclinada, la geométrica y la horizontal) de puntos examinados, o la posición del instrumento de puntos sabidos, en términos absolutos. Los datos se pueden descargar del teodolito a una computadora y el software de uso generará un mapa del área que se levantó, Algunas estaciones totales también tienen un interfaz con los GPS.

Tiene aplicación en todos los levantamientos de superficie y actualmente se han desarrollado algunos aparatos para el levantamiento de cavidades que tiene su aplicación en el levantamiento de minas subterráneas.

Un tránsito estándar es básicamente un telescopio con los retículos para avistar una blanco; el telescopio se une a las escalas para medir el ángulo de la rotación del telescopio

(normalmente concerniente al norte como 0 grados) y el ángulo de la inclinación del telescopio (concerniente al horizontal como 0 grados).

Después de rotar el telescopio para tener como objetivo una blanco, uno puede leer el ángulo de la rotación y el ángulo de la inclinación de una escala.

El tránsito electrónico proporciona un lector digital de esos ángulos en vez de una escala; es más exacto y menos propenso a los errores que se presentan de la interpolación entre las marcas en la escala. La lectura es también continua; los ángulos se pueden comprobar en cualquier momento.

La otra parte de una estación total, del aparato de medición o de EDM, medidor de distancia electrónica. El EDM envía un rayo infrarrojo que se refleja en la unidad o blanco, y la unidad utiliza un método de sincronización para calcular la distancia que viajó el rayo. Con pocas excepciones, el EDM requiere que el blanco sea altamente reflexivo, y un prisma de reflejo se utiliza normalmente como el blanco. El prisma de reflejo es un dispositivo cilíndrico sobre el diámetro de cerca de 10 centímetros. En altura; en un extremo está una tapa de cristal y en el otro está un cono truncado con una extensión roscada. Se atornilla normalmente en un estadal; la extremidad acentuada del poste se pone en los puntos que se van a examinar.

La estación total también incluye el cálculo de las localizaciones de los puntos avistados. La calculadora puede realizar las funciones trigonométricas necesarias, observando fijamente los ángulos y la distancia, para calcular la localización de cualquier punto avistado.

Muchas estaciones totales también incluyen memoria de datos. La información en bruto (los ángulos y las distancias) y las coordenadas de los puntos avistados se registran, junto con una cierta información adicional (generalmente códigos ayudan en relacionar las coordenadas con los puntos examinados). Los datos registrados así se pueden descargar directamente a una computadora.



FIG. 7.- ESTACIÓN TOTAL
FUENTE: WEBDELPROFESOR.ULA.VE

I.2.d.5.- ODÓMETROS

Un odómetro es un dispositivo que indica la distancia recorrida en un viaje por automóvil u otro vehículo. Los odómetros mecánicos generalmente están constituidos por una serie de ruedas que muestran los números por una ventanilla. En el caso de los automóviles suelen venir conjuntamente con el velocímetro. Pueden tener totales (kilómetros desde que se fabricó), parciales (desde la última vez que se puso en cero) o ambos.

Los vehículos fabricados actualmente tienen odómetros electrónicos, que permiten manipular el valor de los totales por una simple reprogramación. En algunos lugares, se utilizan odómetros electrónicos de precisión digital para medir distancias en un servicio de transporte, por ser más exactos, y ser más visibles; también se emplean tacómetros que registran gráficamente los datos. Algunos de estos odómetros permiten mantener una lista de las distintas veces que se puso en cero (o los viajes realizados) para control.



FIG. 8.- ODÓMETRO
FUENTE: WEBDELPROFESOR.ULA.VE

I.2.d.6.- BRÚJULA DE MANO Y COLGANTE

La brújula de mano es un instrumento que da el rumbo o dirección con relación a la meridiana magnética. Se compone esencialmente de una aguja imantada que puede girar libremente sobre un pivote colocado en el centro de un círculo graduado por cuadrantes de 0 a 90 grados, correspondiendo los ceros a los dos puntos diametrales opuestos marcados con las letras N y S. En el compás este círculo va unido a una pieza metálica que se atornilla a la llamada rodilla, que

consiste en una pequeña esfera unida al eje que puede moverse dentro de una cubierta metálica de la misma forma. Con la ayuda de un tornillo de presión, esta puede fijarse en cualquier posición para de esa manera determinar el rumbo (es el ángulo formado con la meridiana magnética y se encuentra de 0 a 90 grados desde el norte o desde el sur).

Brújula colgante es una variante de la brújula de mano pero con aplicación para la minería subterránea, esta funciona posicionando los un extremo en uno de los puntos para conocer la posición del otro punto con respecto a un sistema de coordenadas conocidas fijada con la ayuda de un tránsito.



FIG. 9.- BRÚJULA COLGANTE
FUENTE: WEBDELPROFESOR.ULA.VE

I.2.d.7.- CINTAS, ESTADALES, PLOMADAS

La cinta es un instrumento usado para medir las distancias, los existen de varios tipos, los usado en la minería es son tres principalmente, el primero esta hecho de hojas delgadas de acero se encuentra enrollado en una pequeña caja de plástico por lo regular son de 5 mts. de largo, el segundo son cintas de 40 mts. Hechas de plástico y un tercero más conocidos como flexómetro hecho principalmente de madera en tramos de 30 cm. y con un sistema de bisagras para poderlo doblar.

Los Estadales son una especie de barras de aluminio y telescópicas que se emplean para poner sobre ella principalmente los prismas y dianas que se emplean en la minería para localizar objetos y proporcionen mayor precisión e los levantamientos topográficos.

La Plomada un cilindro de metal que por un extremo tiene un colgante o una cuerda que se fija en un punto por encima del aparato y por el otro extremo termina en forma cónica para proporcionar un punto de referencia entre la horizontal y la vertical.

I.2.e.- LEVANTAMIENTO CON TRÁNSITO

I.2.e.1.- APLICACIÓN EN LAS MINAS

Los levantamientos con tránsito en las minas sirven de apoyo para toda clase de levantamientos con brújula. El registro de las operaciones de campo es más extenso, los

ángulos horizontales deben registrarse mínimo dos veces, aceptándose una tolerancia en los ángulos medidos igual a la aproximación del aparato.

Los ángulos verticales deben de medirse en ambas posiciones del anteojo a fin de tomar un promedio del ángulo, evitándose de esta manera el error de índice que pueda tener el aparato.

Si se tiene una obra minera más o menos horizontal, como un socavón, un túnel, una frente, etc. Los ángulos horizontales se miden con el anteojo fijado en esa posición, las distancias entre las estaciones, también así se miden. Hay ocasiones en que no es posible hacerlo así, en cuyo caso se miden inclinadas y se toma el ángulo vertical.

Las estaciones del aparato se ponen en la parte superior o cielo de las frentes. En ellas se da un pequeño barreno y en él se mete un tapón de madera, y en su centro se le encaja un clavo especial que tiene un gancho para suspender una plomada, que puede ser la del aparato. Todos los tránsitos de minas tienen un perno en el centro del eje de alturas para centrar en él la plomada.

Para señalar las estaciones de adelante y de atrás, se suspenden plomadas pesadas en los clavos o puntillas de los tapones.

I.2.e.2.- METODOLOGÍA

La metodología para los levantamientos con tránsito para frentes de desarrollo y cruceros, se ejecutan con el teodolito o tránsito de minas. A veces se hacen esos levantamientos con brújula, pero tienen un carácter de provisionales y siempre en tramos cortos. Esos levantamientos como es sabido no son confiables dada las grandes variaciones que tienen las brújulas. Ya sea que haya cerca cables de energía eléctrica, transformadores o bien las variaciones propias del campo magnético terrestre que influyen en las brújulas. Es verdaderamente inevitable en muchas ocasiones el que se tenga que poner la brújula cerca de tuberías de aire y agua o rieles, etc. Por esta razón es recomendable que los levantamientos deben hacerse con teodolito.

Como generalmente ocurre, las poligonales son abiertas, de allí que se tenga especial

cuidado de repetir los ángulos a fin de poder tomar promedios de las lecturas. Los teodolitos que se usan, tienen el círculo horizontal graduado a 20" a 30".

Pueden usarse los que den el 1' de aproximación, dando un mayor número de lecturas. Las distancias siempre se medirán con cinta de acero, tomando las lecturas al milímetro, repitiendo la medida para mayor seguridad.

El aparato siempre se centra en plomadas suspendidas de un clavo especial, una armella o una grapa, introducida en un tapón de madera metido en un pequeño barreno. Cuando haya marcos de madera, en donde se deba ir una estación, se pone la puntilla en el marco, considerando siempre que en ese caso es provisional. Ya que la madera se pudre rápidamente. Tanto en uno como en otro caso siempre se enumeran las estaciones. Los números se marcan en una lámina redonda de latón o cualquier otro material llamada ficha, de unos 3 centímetros de diámetro con un taladro en donde entre la puntilla para fijarla en el tapón. Se escoge un número base para cada nivel o una letra del alfabeto. Esta siempre ira al principio de la numeración y a continuación ira el número correspondiente, siempre llevando la numeración corrida, para no repetir ningún número. En cada nivel habrá los mismos números, pero no el mismo número base o letra base. Así por ejemplo, en un nivel cualquiera se tienen los números 4-28, 4-260, etc. En el nivel superior se tendrán: 3-12, 3-13. 3-621. etc. En el nivel inferior se tendrán: 5-215, 5-312, etc. Siempre considerando que los números 3, 4 y 5 son los números base del nivel correspondiente. O bien poniendo letras se tiene: C-12, C-19, D-128, D-129, E-215, E-412 etc.

Para que no haya equivocaciones siempre debe de llevarse un libro de registro, en el que se anotan en las columnas respectivas, la fecha de levantamiento, el lugar, el número de las fichas, las distancias de una a otra y el nombre del operador. Antes de ir la mina se consulta el libro para ver qué número progresivo debe de marcarse.

NIVEL	VETA	LUGAR	DE FICHA A FICHA	DIST.	FECHA	ING.
270	VSCR	FTE-270-7995-W-SCR	GCR-1518 A GCR-1519	34.01209	20050317	TVE
270	VSCR	FTE-270-7995-W-SCR	GCR-1519 A GCR-1520	32.92356	20050326	TVE
270	VSCR	FTE-270-7995-W-SCR	GCR-1520 A 09-04-05	18.00657	20050421	TVE

TABLA 1.- TABLA DE BITÁCORA DE LEVANTAMIENTOS
FUENTE: MINAEES/TOPOGRAFIA WWW.UPCT.ES

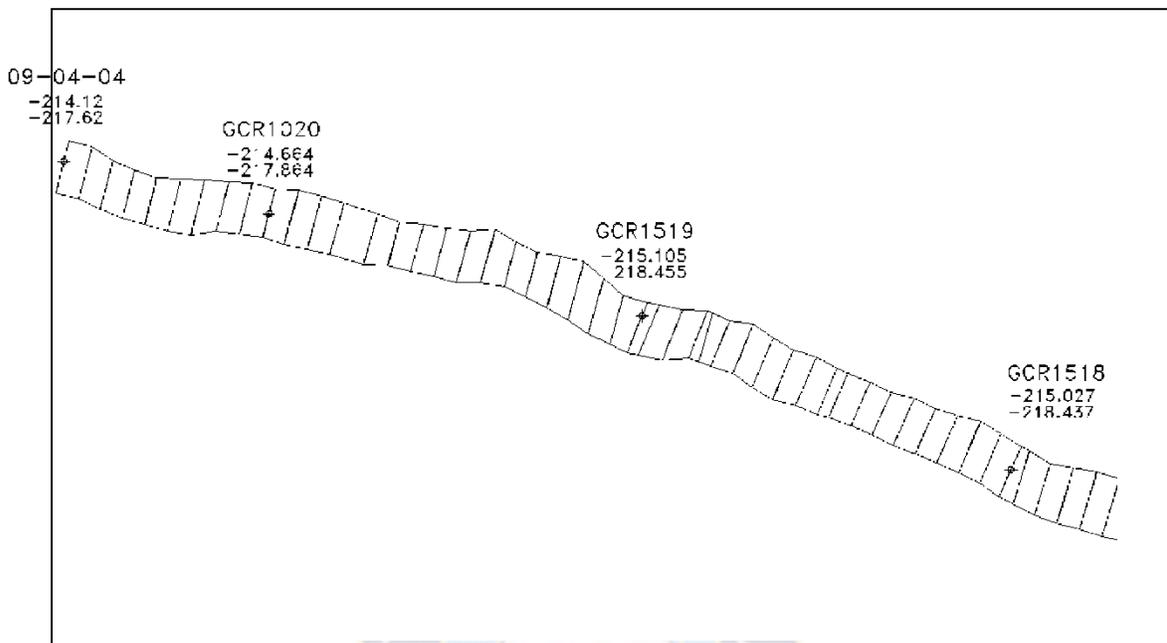


FIG. 10.- DIBUJO DE LAS FICHAS DE LA BITÁCORA DE LEVANTAMIENTO
FUENTE: MINAEEES/TOPOGRAFIA WWW.UPCT.ES

En los levantamientos de frentes el tránsito sirve a la vez como nivel a fin de tener en el registro los datos necesarios para calcular las coordenadas de las estaciones así como sus elevaciones.

Antes de dar la continuar con las operaciones conviene hacer una ligera recomendación de los ajustes del teodolito. Esto es importante, ya que los aparatos deben de estar corregidos para que se puedan medir con seguridad los ángulos horizontales y ángulos verticales así como tener las líneas a nivel.

Un aparato para que esté bien ajustado debe de llenar los siguientes requisitos:

1.- La directriz de los niveles del círculo horizontal debe de estar en un plano perpendicular al eje vertical de tal manera que cuando el instrumento este nivelado, el eje vertical sea verdaderamente vertical y puedan medirse ángulos horizontales en un

punto horizontal.

2.- El hilo vertical de la retícula debe de encontrarse en un plano perpendicular al eje horizontal así se podrá emplear cualquier punta del hilo al medir ángulos horizontales.

3.- La línea de colimación debe de ser perpendicular al eje horizontal en su punto medio. Así al dar vuelta de campana la línea de colimación generara un plano que pasara por el centro del instrumento.

4.- El eje horizontal debe ser perpendicular al eje vertical. Así cuando el aparato este nivelado la línea de colimación generara un plano vertical al dar vuelta de campana.

5.- El eje del nivel del telescopio debe ser paralelo a la línea de colimación, de manera de poder emplear el aparato como nivel.

6.- El vernier del círculo vertical debe de marcar 0 grados cuando el aparato este nivelado con los niveles del platillo y con el nivel del anteojo, de manera de poder medir ángulos verticales.

I.2.e.3.- AJUSTES

1.- Para hacer que la directriz de los niveles del círculo horizontal sea perpendicular al eje vertical se procede a verificarlo por el método de doble inversión. Para esto se pone el nivel en dirección de dos de los tornillos niveladores. Se lleva la burbuja al centro.

- Se gira el aparato 180 grados.
- Si la burbuja queda en el centro, está correcto, de lo contrario se corrige la mitad de la desviación con los tornillos de corrección.

2.- Para hacer que el hilo vertical de la retícula se encuentre en un plano perpendicular al eje horizontal, se procede así:

- Se nivela perfectamente el aparato.

- Se visa el hilo de una plomada con el punto central de la retícula, fijándose los movimientos azimutales.
- Si el hilo vertical no coincide con la plomada, se aflojan ligeramente los tornillos que fijan el anillo de la retícula y con de vuelta ligeramente para que el anillo gire en el sentido conveniente hasta hacer que el hilo vertical coincida con el hilo de la plomada.
- Se vuelven a apretar poco los tornillos ajustadores.

3.- Hacer que la línea de colimación sea perpendicular al eje horizontal.

- Se nivela perfectamente el Instrumento.
- Se pone en 0 grados el círculo horizontal, fijando el movimiento. Con el movimiento general se visa un punto lejano, centrándolo en la cruz filiar, se fija este movimiento.
- Se da vuelta de campana. Con el movimiento particular se hace parar el aparato 180 grados, fijando este movimiento.
- Se visa nuevamente el punto.
- Si el punto no cae en el centro de la retícula, se corrige la mitad de la desviación con los tornillos ajustadores de la retícula.
- Se repite esta corrección cuantas veces sea necesario hasta que quede correcto.
- Si el aparato se invierte, la corrección será en sentido inverso.

4.- Para hacer que el eje horizontal sea perpendicular al eje vertical, se hace lo siguiente:

- Se pone el aparato cerca de una pared alta.
- Se nivela perfectamente.
- Se pone el aparato en 0 grados y se fija al movimiento particular.
- Con el movimiento general se visa un punto en la parte alta y se fija el movimiento.
- Se baja el anteojo y se pene un punto en el piso o en la parte de abajo de la pared (bajo de la tabla).
- Se da vuelta de campana, se hace girar el aparato aproximadamente 180 grados

fijando el movimiento.

- Se vuelve a visar el punto, centrándolo con el tornillo tangencial.
- Se vuelve a bajar el anteojo y se pone otro punto cerca del primero y más o menos en la misma horizontal.
- Se toma la parte media, marcando otro punto.
- Se hace que la cruz filiar quede en el punto medio, moviendo en el sentido conveniente el tornillo de corrección de los apoyos del aparato. Hay que tener en cuenta que los ajustes anteriores deben de verificarse nuevamente, cuando se hayan terminado, a fin de estar seguros de que quedarán correctos.

5.- Para hacer que el eje del nivel del anteojo sea paralelo a la línea de colimación, se procederá así:

- Se clavan dos estacas o trompos chicos en un terreno plano.
- Se mide la distancia entre ellos, poniendo el aparato en la mitad, nivelándolo y fijando el círculo vertical de manera que el anteojo sea aproximadamente horizontal.
- Se hacen lecturas al milímetro a un estadal que se pondrá en cada trompo. La diferencia de lecturas dará el desnivel.
- Se pasa el aparato a uno de los extremos de la línea.
- Se centra de manera que el ocular quede aproximadamente en la vertical del trompo o estacas.
- Con todo cuidado se toma con un metro o con el estadal la altura al milímetro del muñón o centro del eje horizontal a la cabeza de la estaca.
- Se visa el estadal en el otro extremo, poniendo la línea de colimación en una lectura igual a la altura tomada, + o - el desnivel, fijando el aparato
- Se corrige el nivel del anteojo con los tornillos de corrección hasta que la burbuja quede centrada.

6.- Hecha la corrección anterior se verifica el círculo vertical, el cual debe de marcar 0 grados cuando el aparato este nivelado, con los niveles del platillo y con el nivel del anteojo.

- Si no marca 0 grados se mueve el vernier con un tornillo especial hasta que quede correcto.
- Si el vernier no tiene tornillo de corrección se aflojan los tornillos que lo sujetan y se hace la coincidencia, apretando los tornillos sujetadores. Aunque el vernier es fijo, siempre tiene cierto movimiento horizontal.
- Si el círculo vertical tiene nivel de control, se hace que la burbuja quede en el centro, con los tornillos de corrección propios.

I.2.e.4.- FIJACIÓN DE DETALLES

La secuela de operaciones para los levantamientos es la siguiente y fijación de detalles es la siguiente:

- Se pone el círculo vertical en 0 grados y se fija. Esto es lo primero que se haría antes de centrarlo, de otra manera no es posible. El anteojo de los aparatos de Minas tiene en la parte superior del centro del eje de alturas, un perno o un orificio que es donde se centra la plomada y es necesario que el anteojo este en 0 grados para el perno este en la vertical o más bien para que este en el eje azimutal.
- Se centra y nivela el aparato. Las dos acciones anteriores no se hacen al primer intento hay que proceder por aproximaciones sucesivas, centrando y nivelando hasta que quede correcto.
- Se pone el círculo horizontal en 0 grados y se visa a la plomada puesta en la ficha de atrás del lado de liga. Desde luego el hilo de la plomada debe alumbrarse. Para hacerlo mas notable hay que poner de tras del hilo algún objeto como un papel, un cartón o simplemente la mano a la cual se le echa la luz, subiendo o bajando el objeto hasta que esté aproximadamente en el centro de la retícula y entonces se centra el hilo vertical con el movimiento general, fijándolo. En las frentes donde es fuerte la ventilación, es difícil hacer que la plomada permanezca quieta, hay que tomar promedios de las variaciones cuando éstas sean las más pequeñas posibles.
- Con el movimiento particular se visa la plomada de adelante. A esta plomada se le pone un nudo con un pedazo de hilo. Este nudo se sube o se baja hasta que

esté en el centro de la retícula.

- Se lee el círculo horizontal anotando el ángulo en el registro.
- Se repite el ángulo. Para esto se afloja el movimiento general y se visa la plomada de atrás, fijando el aparato. Se afloja el movimiento particular y se visa la plomada de adelante, fijando este movimiento. El ángulo leído en el mismo vernier será teóricamente el doble del primero. Si la diferencia no es mayor de 1' se anota el ángulo, pero si la diferencia es mucho mayor se empieza de nuevo poniendo el aparato en 0 grados. De todas maneras se anota el ángulo aunque sea fuerte la variación. Los ángulos invariablemente se leerán de izquierda a derecha o sean ángulos a la derecha. Si las condiciones en que se ejecuta el levantamiento son enteramente desfavorables, sea porque hay una fuerte corriente de aire, sea porque la temperatura del lugar es muy elevada o haya gas, o por cualquier otra condición desfavorable, debe de admitirse el doble del ángulo hasta 2 minutos, como caso excepcional.
- La repetición puede hacerse también de la siguiente manera:

Una vez que ya se ha visado la plomada de atrás, fijando el aparato y visado la plomada de adelante, se da vuelta de campana, se afloja el movimiento general y se visa la plomada de atrás y se fija el aparato. Se afloja el movimiento particular y se visa la plomada de adelante con el aparato invertido.

Se anota el ángulo leído como en el primer paso.

Para hacer esta manera de repetir el ángulo se necesita que el aparato esté bien corregido de la línea de colimación. Ambas maneras de hacer la repetición son correctas. Lo único recomendable es que el ingeniero se acostumbre a un método.

- Se mide la distancia horizontal desde el nudo hasta el Centro .del eje de alturas, leyéndola al milímetro. La cinta debe de estar bien tensa. Se hace una segunda lectura para mayor seguridad.
- Con un metro se toman las distancias verticales al milímetro de la puntilla al nudo en la plomada de adelante y de ate al riel, así como la distancia de la puntilla al

centro del eje de altura en donde esté el aparato.

También puede ponerse nudo en la plomada de atrás haciendo las mismas lecturas que en la plomada de adelante. Para el círculo de las elevaciones da el mismo resultado.

Las lecturas para las elevaciones también deben checarsse. Para esto, hay que sumar las lecturas arriba y abajo cuando se dan adelante que deben de resultar teóricamente igual cuando se dan atrás en la misma plomada con diferentes alturas de nudo.

- Se pone la cinta de género del aparato al nudo de adelante y se dan detalles o distancias horizontales cada dos metros a la izquierda y a la derecha de la cinta nada más. Estos detalles sirven para dibujar la frente en los planos generales planos base o Base Maps en Ingles. Estos planos se dibujan en planta o proyección horizontal. En ellos se muestran las proyecciones horizontales de las frentes o cruces en los diferentes niveles.

I.2.e.5.- REGISTRO DE LEVANTAMIENTO Y DE DETALLES

Los datos del levantamiento se anotan en registros de rayado especial. Como son los mismos datos los que tienen que anotar, la disposición de las columnas es indiferente. A continuación se pone un modelo de registro que consta de dos hojas. La hoja de la izquierda sirve para anotar los datos tomados: con el teodolito, la hoja de la derecha para anotar los detalles del levantamiento como puede apreciarse. Si se usa un registro de una sola hoja, entonces los detalles de la frente se anotan inmediatamente abajo de los datos del tránsito. Estas hojas deben de conservarse en un archivo especial poniéndoles su número de orden, a fin de poderlas consultar cuando haya necesidad. Es de recomendarse que el papel que se use sea resistente, pues con el calor, el sudor y el agua pueden deteriorarlo fácilmente y se pierde el trabajo.

Vista Atrás	Intr.	Vista Ad.	Ang. Horiz.	Ang. Vert.	Dist. Inc.	Dist. Vert. At.	Alt. Inst.	Alt. Est. Ad.
GCR-1918	1.5	GCR-1918	109d45'13"	60d45'34"	34.567	34.53443917	1.5	2.9
GCR-1919	1.24	GCR-1920	98d10'05"	65d34'21"	38.4567	38.43670349	1.24	2.75
GCR-1920	1.45	GCR-1921	78d45'34"	62d34'22"	25.4433	25.40194904	1.45	2.8

**TABLA 2.- REGISTRO DE LEVANTAMIENTO DE TOPES DE DESARROLLO
FUENTE: MINAEES/TOPOGRAFIA WWW.UPCT.ES**

HOJA DERECHA (Levantamiento de detalles)				
Vista At.	Estación	Vista Ad.	Ang. Horiz.	Ang. Vert.
GCR-1918	GCR-1919	GCR-1920	273D21'53"	87D25'07"
Alt. Int.	Alt. Punto.	Dist. Incl.	Dist. Hor.	
0	0	16.597	16.58	
Dist. Det.	Izq.	Der.	Arr.	Ab.
0	0.8	3.7	1.6	1.5
2.7	2.2	2.3	1.7	1.4
5.5	2.8	1.1	1.5	1.6
7.4	2.3	2.6	1.8	1.9
9.9	2.5	2.7	2.1	2.2
12.8	2.8	2.4	1.5	1.8
15.4	2.5	2.7	1.6	1.4
16.597	2.2	2.4	1.6	1.4

**TABLA 3.- TABLA PARA REGISTRO DE LEVANTAMIENTO DE DETALLES
FUENTE: MINAEES/TOPOGRAFIA WWW.UPCT.ES**

I.2.e.6.- CÁLCULOS Y TRABAJO DE ESCRITORIO

Los trabajos de escritorio consisten en el cálculo y dibujo de las fichas puestas y los detalles de la frente.

Lo primero que se hace es calcular los promedios de los ángulos los cuales se anotan en una hoja especial llamada hoja de cálculo.

Una vez calculados estos promedios se procede a calcular los rumbos, partiendo del rumbo que tenga al lado de liga. Los rumbos pueden calcularse de varias maneras, sean por azimutes o directamente con los rumbos. Si se usan los azimutes, hay que calcular primero estos y después reducirlos a rumbos.

El rumbo detallado de liga se transforma en azimut y después se aplica la regla conocida que en términos generales dice: .al azimut inverso del lado anterior se le agrega el ángulo leído; si la suma pasa de 360 grados, se le resta esa cantidad.

Para no estar sacando azimutes inversos, esta misma regla se aplica como sigue: se transforma el rumbo del lado de liga en azimut; a esté azimut se le suma el ángulo y se tiene el primer azimut. A este primer azimut se le agrega el segundo ángulo y se tiene el segundo azimut y así por consiguiente. Hay que tener presente que los azimutes que se van obteniendo, unos son directos y otros inversos simultáneamente, por lo que hay que fijarse como sale el primero para irle poniendo a un lado la letra "D" o "I", iniciales de directo e inverso. En ambos casos, hay que transformarlos a rumbos, los que se anotan en la hoja de cálculos.

Otra manera de calcular los rumbos es la siguiente:

Como el sistema de levantamiento es el de "ángulos a la derecha", siempre los consideramos como positivos, y en cuanto a los rumbos, serán positivos los que se encuentran en los cuadrantes NE y SW y serán negativos lo que se encuentren en los cuadrantes NW y SE.

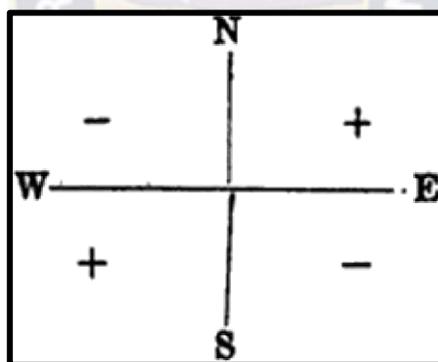


FIG. 11.- REGLA PARA DEFINICIÓN DE AZIMUTES + O -
FUENTE: MINAEES/TOPOGRAFIA WWW.UPCT.ES

I.2.f.- DISTO LÁSER

El Disto Láser es un instrumento de medición utilizado en trabajos de superficie por diferentes áreas de la ingeniería y por diferentes profesiones y oficios. Este aparato nos brinda la posibilidad de efectuar mediciones mediante un láser. En el mercado se ofertan de varios tipos, y cuyas principales diferencia recaen en el grado de precisión, el margen de error y la distancia nominal de medición.

I.2.g.- LEICA DISTO D8

El medidor láser Disto D8, es el equipo más completo y profesional, es un equipo todo terreno válido tanto para interiores como para exteriores. Gracias a su visor digital no tendrá problemas en realizar sus mediciones a plena luz del día.

Además el equipo viene con Bluetooth incorporado, lo que le permitira traspasar las mediciones realizadas automáticamente a su ordenador, pda, o móvil Android (Con la aplicación necesaria). Gracias a su potente inclinómetro de 360° y la combinación de ángulos y distancias podrá tomar medidas en situaciones donde fallan los métodos convencionales.

- Precisión ± 1.0 mm
- Visor digital (4x zoom)
- 2.4" Pantalla a color
- Sensor de inclinación integrado ($\pm 360^\circ$)
- Función trapezoidal
- Diseño de interfaz de usuario optimizado
- Modo de largo alcance (LR)
- Pie abatible multifunción
- Robusto, con protección IP54
- Power Range Technology Bluetooth
- Software conexión Pc
- Mediciones indirectas con el sensor de inclinación
- Mediciones de perfil de altura



FIG. 12.- LEICA DISTO™
FUENTE: WEBDELPROFESOR.ULA.VE

I.2.h.- CATASTRO MINERO

La pertenencia minera es la unidad de medida de las concesiones mineras según la nueva Ley de Minería de 2014, se mantiene esta unidad de medida denominada cuadrícula que

tiene una forma de volumen piramidal cuyo vértice es el centro de la tierra, su límite exterior es la superficie topográfica, planimetricamente corresponde a un cuadrado de cien metros de lado, medido y orientado al sistema de cuadrícula de la Proyección Transversa de Mercator.

I.2.h.1- LA CUADRICULA MINERA

La cuadrícula minera constituye la unidad de medida de la concesión minera.

La cuadrícula minera tiene forma de un volumen piramidal invertido, cuyo vértice inferior es el centro de la Tierra y su límite exterior la superficie topográfica, planimétricamente corresponde a un cuadrado de quinientos metros por lado con una extensión total de veinticinco hectáreas.

Sus vértices superficiales están determinados mediante coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator), referidas al **Sistema Geodesico Mundial (WGS-84)**. La cuadrícula esta medida y orientada de Norte a Sur, y registrada en el Reticulado Minero Nacional, elaborado conjuntamente entre el **IGM** y el **SETMIN**.

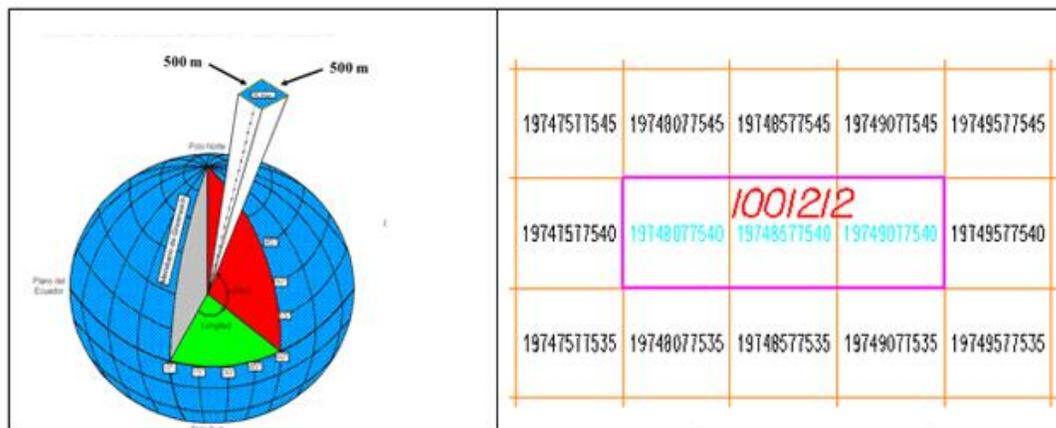


FIG. 13: CUADRICULA MINERA Y REPRESENTACIÓN DE UNA ATE MINERA EN EL RETICULADO DE LA CUADRICULA MINERA
FUENTE: AJAM -BOLIVIA

I.2.h.2.- IDENTIFICACION DE LA CUADRICULA MINERA

Cada cuadrícula tiene un código compuesto por 11 dígitos:

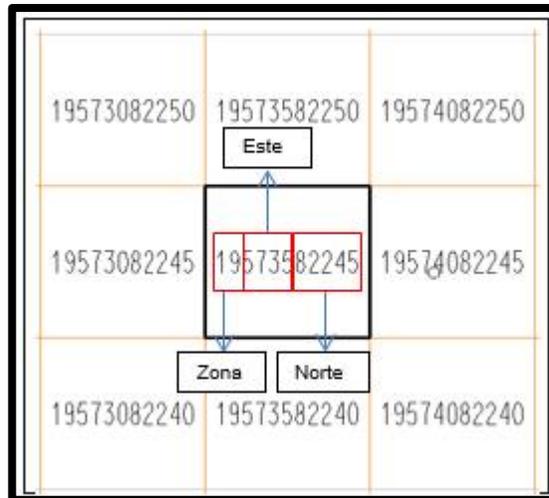


FIG.14: CÓDIGOS DE CUADRICULAS MINERAS
FUENTE: AJAM -BOLIVIA

- Los dos primeros dígitos representan la zona geográfica de la Proyección Universal Transversa de Mercator; que para Bolivia son las zonas 19, 20 y 21.
- Los cuatro siguientes representan a la coordenada Este.
- Los últimos cinco a la coordenada Norte, del vértice inferior izquierdo de la cuadrícula minera.
- En los dos últimos casos, se debe añadir dos ceros para obtener los verdaderos valores de las coordenadas Este y Norte.

En Bolivia existen 453.488 cuadrículas mineras, cada una con posición única y precisa, de manera que no es posible la superposición de las solicitudes mineras. El sistema de cuadrícula constituye por ello un catastro automático que evita los litigios entre operadores mineros.

I.2.i.- PROYECCIÓN UTM

La proyección universal transversa de Mercator (UTM), entre las proyecciones conformes es la más adecuada para basar sobre ella un sistema cartográfico mundial.

La universalidad del sistema de representación UTM, funda en el hecho de que la superficie de la tierra, cuya versión geométrica es el elipsoide de revolución que gira alrededor de su eje terrestre.

De esta forma los parámetros se convierten en secciones circulares del elipsoide, y los meridianos en elipses iguales. Ello permite la división del elipsoide de referencia elegido en 60 zonas de proyecciones UTM, 6 grados de amplitud que se transforman, también iguales, aunque referidas a distintos orígenes y que admitan las fórmulas y tablas de transformación que se calculan para cada uno de las 60 zonas de proyecciones UTM.

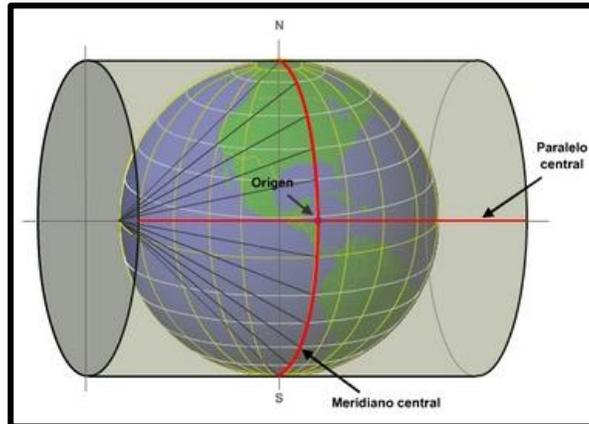


FIG. 15. – PROYECCIÓN TRANSVERSA DE MERCATOR
FUENTE: ODISEAGEOGRAFICA.BLOGSPOT.COM

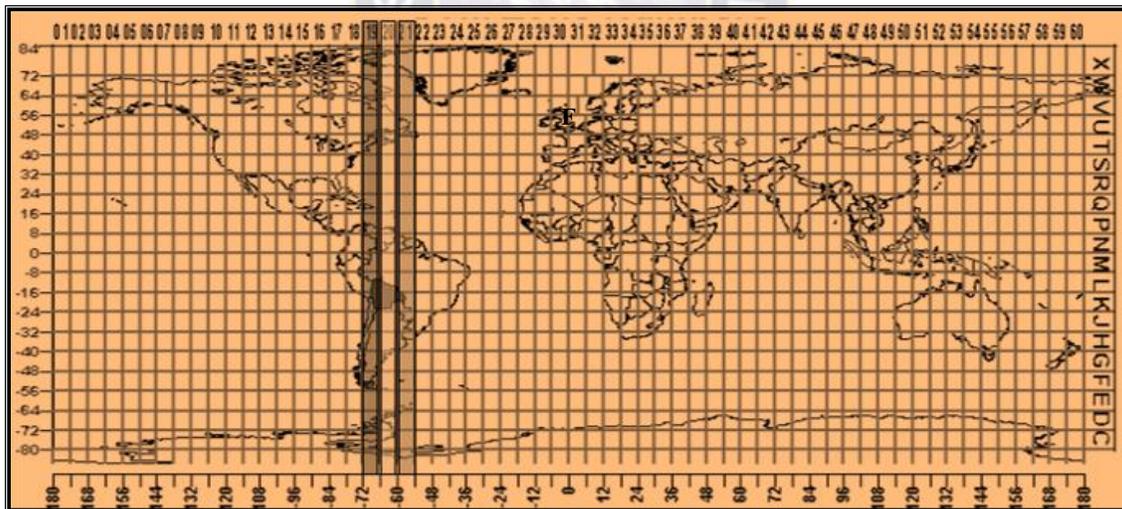


FIG. 16. – PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR (UTM) SISTEMAS DE REPRESENTACIÓN Y N° DE ZONA
FUENTE: ODISEAGEOGRAFICA.BLOGSPOT.COM

Las especificaciones de la Cuadrícula Universal Transversa de Mercator son:

- Proyección Transversa de Mercator, en zonas de amplitud de 6°.

- Longitud origen: El meridiano central de cada zona.
- Latitud origen: 0° (Ecuador).
- La unidad de medida en CUTM: metros.
- Para el hemisferio sur, en el meridiano central de cada zona:
- Ordenada falsa 10000000m.
- Abscisa falsa 500000m.
- Factor de escala del meridiano Central: 0.9996.
- Numeración de zonas: Comenzando con la zona uno, comprendida entre los 180° w y 176° w y aumentando progresivamente hacia el este, hasta llegar a la zona 60 que está comprendida entre los 174° Este y 180° Este.
- Límite de zona y traslapo: Los datos para cada zona pueden traslapar en 30 minutos a las zonas adyacentes.

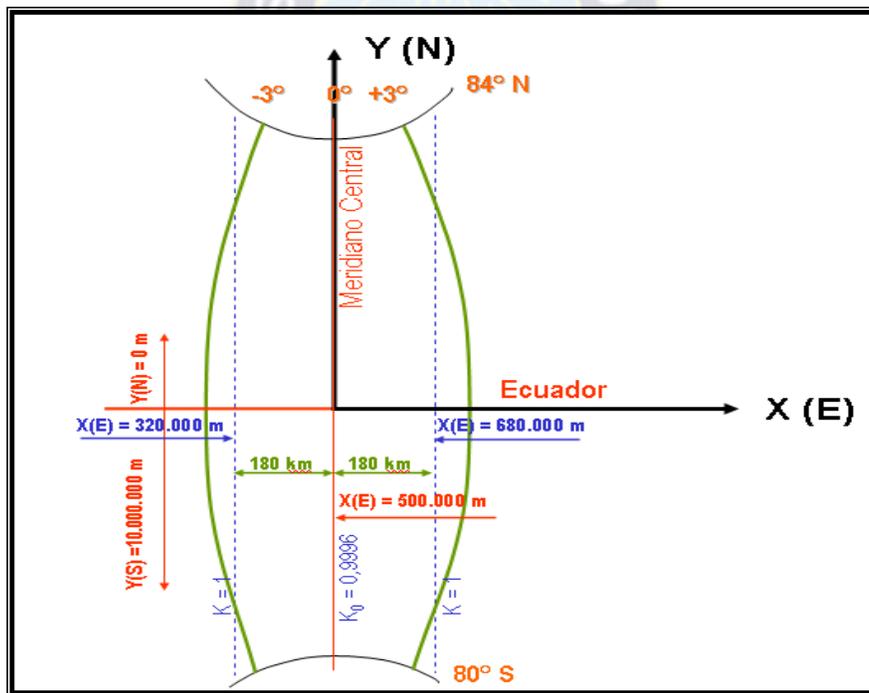


FIG.: 17. – CARACTERÍSTICAS DE UNA ZONA DE PROYECCIÓN UTM (ZONA UTM)
FUENTE: ODISEAGEOGRAFICA.BLOGSPOT.COM

I.2.j.- FINALIDADES EN LA PRESENTACION PLANOS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

Las normas internacionales de todo trabajo o explotación subterráneos indican que deben

existir los siguientes planos:

- Plano topográfico de toda la superficie afectada por la explotación minera.- Escala mínima 1/5.000. Deben figurar en él las obras exteriores y edificaciones de la mina, los poblados, carreteras, líneas eléctricas, cauces de agua, etc. Deben situarse los pozos y polvorines, con indicación de la cota. En este plano figurarán, asimismo, los límites del grupo minero.
- Plano general de labores.- Escala 1/2.000. Debe representar las labores ejecutadas y en ejecución, identificando claramente aquellas que se encuentren abandonadas.
- Plano de detalle de tajos y cuarteles.- Escala 1/1.000, normalmente. Se emplean proyecciones horizontales y verticales, secciones longitudinales y transversales. Cuando existen plantas distintas, se emplean colores distintos para diferenciarlas. En minas metálicas debe elaborarse un plano de metalizaciones, en proyección horizontal. Si existen varios cuerpos mineralizados se emplean proyecciones separadas para identificarlos claramente.
- Plano general de ventilación.- Escala 1/5.000. Debe figurar la dirección de la corriente de aire y su distribución, caudales en litros/sg., etc.
- Plano general de la red eléctrica.
- Plano general de la red de aire comprimido.
- Plano general de la red de comunicaciones interiores.
- Plano general de la red de aguas, si procede.
- Plano general de transporte.
- Plano general de exteriores.
- Plano de situación de la explotación y de comunicaciones.- Escala 1/50.000. Puede emplearse una fotocopia de parte de la hoja del Mapa Topográfico Nacional, marcando en él la situación de la explotación y los accesos a la misma.
- Plano de concesiones mineras.- Escala 1/5.000.

I.3.- LA TOPOGRAFIA Y RELACION CON OTRAS CIENCIAS

Para poder entender la relación entre las distintas geociencias, analizamos y las definiciones de cada una de las ciencias y tecnologías, se puede definir principios de la

geodesia y la cartografía, que son base para el resto de las geociencias.

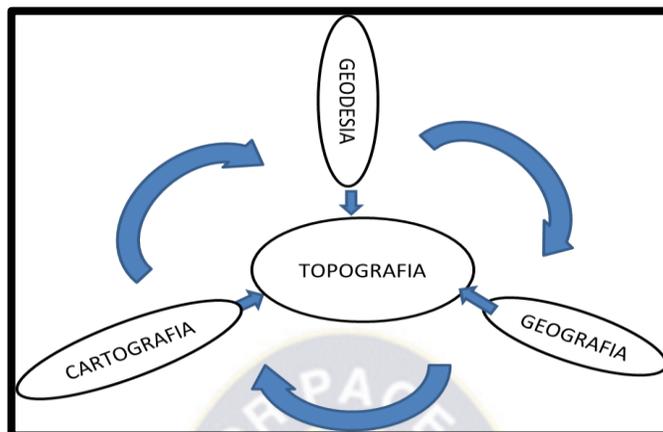


FIG. 18.- RELACIONES ENTRE LAS GEOCIENCIAS
FUENTE: PROPIA

I.3.a.- GEODESIA

Ciencia que estudia la forma y dimensiones de la tierra y su campo de gravedad. Para su estudio considera a la forma de la tierra desde dos puntos de vista, el matemático, donde se trabaja sobre un elipsoide de revolución y el físico, donde se trabaja sobre una superficie denominada geoide.

Dos aspectos caracterizan los estudios y actividades geodésicas, un aspecto práctico, que se encarga de la determinación de una red de puntos, con coordenadas planialtimétricas que sirven de apoyo o control para todo el resto de los trabajos de mensuras, formando un marco de referencia y constituyéndose en las redes geodésicas horizontal y vertical, para todo un país, las que a su vez se encuentran generalmente enlazadas a redes continentales. En el aspecto teórico, permanentemente se sigue estudiando la forma, dimensiones y el campo gravitacional que mejor la definen.

I.3.b.- CARTOGRAFÍA

La cartografía (del griego $\chi\acute{\alpha}\rho\tau\iota\varsigma$, chartis = mapa y $\gamma\rho\alpha\phi\epsilon\iota\nu$, graphein = escrito) es la ciencia que se encarga del estudio y de la elaboración de los mapas geográficos,

territoriales y de diferentes dimensiones lineales. Por extensión, también se denomina cartografía a un conjunto de documentos territoriales referidos a un ámbito concreto de estudio.

La cartografía se presenta como el conjunto de estudios y operaciones científicas, técnicas y artísticas, teniendo por base los resultados de observaciones directas o del análisis de documentación, se utilizan para la elaboración de mapas, cartas u otras formas de expresión en la representación de objetos, elementos, fenómenos de los ambientes físicos y socioeconómicos, como también su utilización.

Para la obtención de los datos de la superficie terrestre se vale de la geodesia, topografía, fotogrametría y teledetección.

I.3.c.- GEOGRAFÍA

Es la ciencia que tiene por objeto el estudio de la superficie terrestre y la distribución espacial y las relaciones recíprocas de los fenómenos físicos, biológicos y sociales que en ella se manifiestan. Dentro de la geografía existen varias divisiones, dependiendo del área de estudio o interés, clasificándose a las que tienen que ver con las geomensuras dentro de la geografía matemática.

En la actualidad una nueva tecnología permite relacionar las geociencias y las técnicas relacionadas son los denominados **SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG o GIS)**, es una herramienta computacional para el mapeo y el análisis de los elementos y eventos que ocurren en la tierra.

I.4.- NOCIONES DE GEODESIA GEOMÉTRICA

La geodesia es una ciencia que tiene como fin el de estudiar la forma y dimensiones de la tierra y su campo gravitacional, la superficie física real de la tierra, y sus dimensiones, sus medidas y la forma matemática que más se adapta, de las que toma en cuenta las distintas formas de la tierra tanto en su forma Topográfica (Superficie), física (Geoide) y Geométrica (Elipsoide).

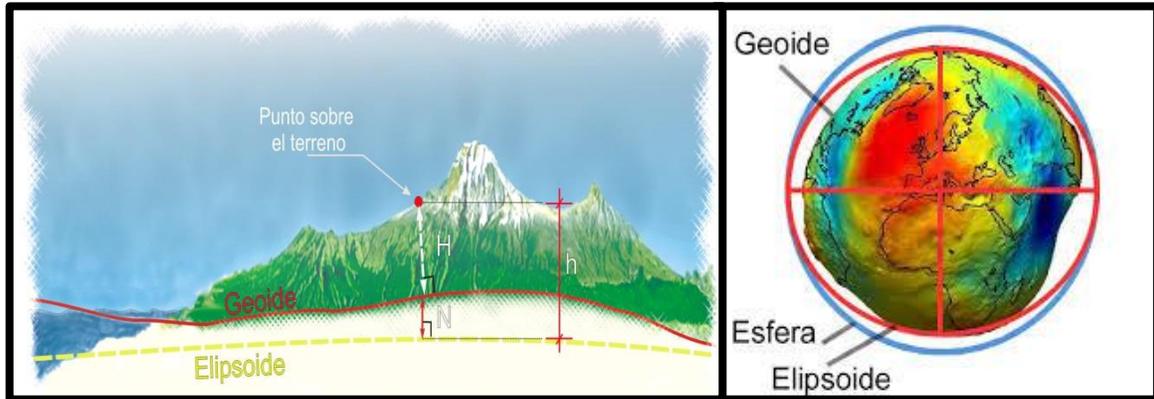


FIG. 19.- FORMAS DE LA SUPERFICIE TERRESTRE
FUENTE: ALBIREO TOPOGRAFIA.ES

I.4.a.-CONCEPTO DE GEODESIA

Etimológicamente la Palabra Geodesia, proviene de las voces griegas, “**Geo** que significa Tierra, y **daien** significa Dividir”, como ciencia tiene el fin de estudiar la forma y dimensiones de la tierra y su campo gravitacional; la superficie física real de la tierra, y sus dimensiones, la determinación de las medidas y de la forma matemática que represente la tierra.

Para Brigadier G. Bomford (1992), el significado literal de la Geodesia es la división de la tierra su primer objetivo es el de proporcionar un armazón o estructura geométrica precisa para el apoyo de los levantamientos topográficos, esta geometría significa, la representación analítica y gráfica de las distintas formas de la tierra que se consideran en geodesia tales como:

- ✓ **LA FORMA TOPOGRÁFICA (la superficie de la tierra).**

Es la superficie real de la tierra, la que normalmente vemos a lo largo del horizonte, con característica irregular y variable con el tiempo, por acciones naturales y artificiales.

- ✓ **LA FORMA FÍSICA (el Geoide).**

Corresponde al Geoide, es una superficie aproximada al nivel de los océanos en reposo, es la superficie equipotencial del campo de gravedad de la tierra, es la mejor aproximación al

nivel medio de los mares.

✓ **LA FORMA GEOMÉTRICA (el Elipsoide).**

Es la superficie de referencia geométrica de la forma de la tierra, que mejor se aproxima a la forma del geoide, es un elipsoide de revolución alrededor del eje menor, achatado en los polos y ensanchado en el ecuador, es el que nos sirve para fundamentar los cálculos de posición de los puntos Geodésicos y determinar respecto a ella la configuración del geoide, las dimensiones del Elipsoide Terrestre fueron obtenidas sobre la base de resultados de observaciones Astronómicas Geodésico-Gravimétrico.

Para cada uno de los países del mundo, se ha optado por emplear distintos elipsoides de referencia para los levantamientos geodésicos, así por ejemplo en nuestro país se optó por utilizar el Elipsoide Internacional Hayford 1909, esto por la recomendación de la asamblea de la Unión Geodésica y Geofísica y Geofísica Internacional celebrada en Madrid 1924.

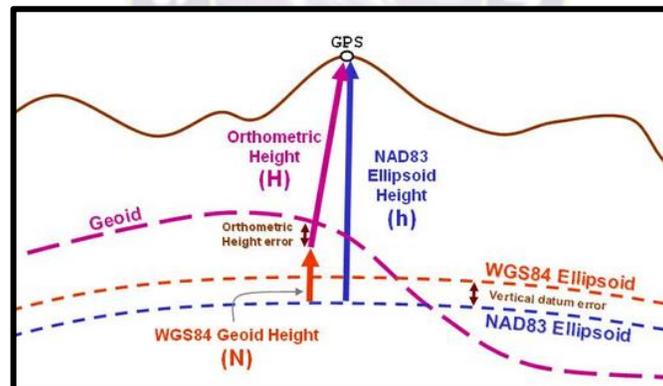


FIG. 20.- REPRESENTACIONES GEOMÉTRICAS
FUENTE: VRMAPPING.NET

I.4.b.- SISTEMA DE COORDENADAS GEODÉSICAS

El sistema más antiguo de ubicación está basado en las coordenadas geográficas de Latitud y Longitud, que se representan con líneas equidistantes a los polos Norte a Sur, denominadas meridianos y los círculos con orientación Este-Oeste alrededor de esta esfera paralela a la línea del ecuador.

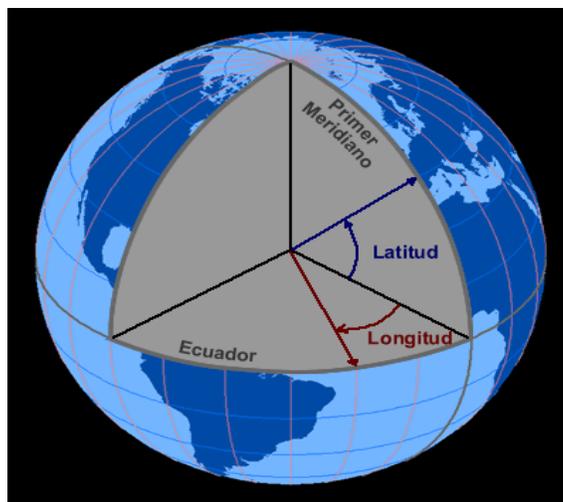
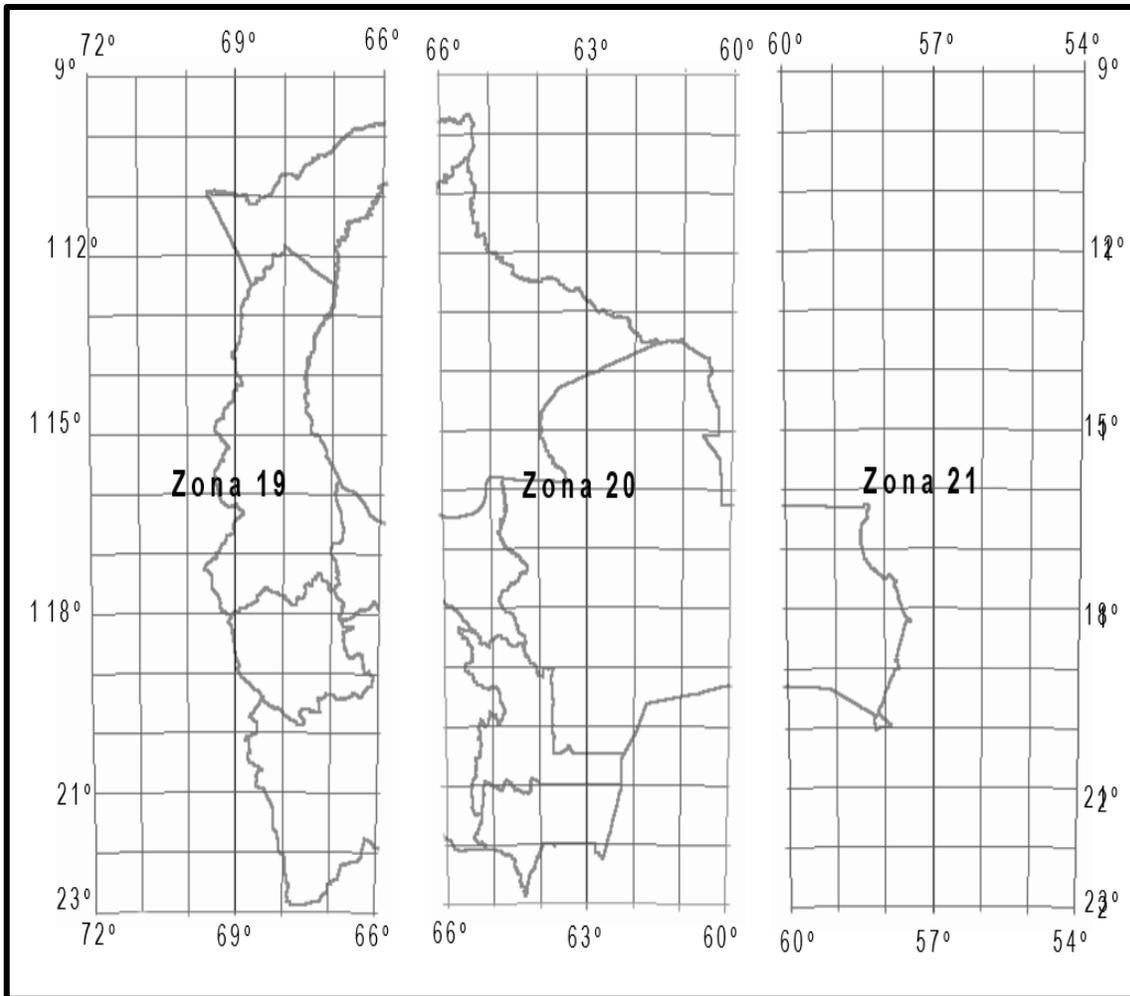


FIG 21.- SISTEMA DE COORDENADAS
FUENTE: VRMAPPING.NET

LATITUD.- Es la distancia que se encuentra un punto al norte o al sur de la línea del ecuador, y los círculos alrededor de la tierra paralelos al ecuador son conocidos como Paralelos de Latitud.

LONGITUD.- Es la distancia a la que está un punto al este u oeste de una línea que corre de polo a polo, son círculos conocidos como Meridianos de Longitud.

En el (Figura 22) se aprecia un mapa de Bolivia y las coordenadas geodésicas aproximadas de los puntos extremos, donde se determina que está ubicada en el hemisferio sur-oeste, por lo tanto los valores de latitud y longitud son negativos.



**FIG.22: COORDENADAS GEODÉSICAS DE BOLIVIA (APROXIMADAS)
FUENTE: PROYECCIONES CARTOGRAFICAS EN BOLIVIA**

I.5.- SISTEMA GLOBAL DE NAVEGACIÓN POR SATÉLITE (GNSS)

Un Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS en su acrónimo inglés) es una constelación de satélites que transmite rangos de señales utilizados para el posicionamiento y localización en cualquier parte del globo terrestre, ya sea por tierra, mar o aire.

Estos permiten determinar las coordenadas geográficas de un punto dado como resultado de la recepción de señales provenientes de constelaciones de satélites artificiales de la Tierra para fines de navegación, transporte, geodésicos, hidrográficos, agrícolas, gaseosa y otras actividades afines.

En síntesis, el GNSS es un término general que comprende a todos los sistemas de navegación por satélites, los que ya han sido implementados (GPS, GLONASS) y los que están en desarrollo (Galileo) y otros.



FIG.: 23. SEGMENTO GNSS
FUENTE: WEBDELPROFESOR.ULA.VE

- **Segmento Espacial** Está compuesto por los satélites que forman el sistema, tanto de navegación como de comunicación. Mientras que los primeros orbitan alrededor de la Tierra, repartiéndose en distintos planos orbitales, los segundos son los que forman los llamados sistemas de aumento que sirven para la corrección de errores de posicionamiento.
- **Segmento de control** El conjunto de estaciones en tierra que recogen los datos de los satélites. Este segmento es complejo en su definición, siendo propio de cada país o coalición de países. Sus funciones son garantizar las prestaciones del sistema mediante monitoreo del segmento espacial y aplicar correcciones de posición orbital y temporal.
- **Segmento del Usuario** Formado por los equipos GNSS que reciben las señales que proceden del segmento espacial. Este dispositivo está formado por un conjunto de elementos básicos que son: Antena receptora de GNSS a la frecuencia de

funcionamiento del sistema.

- **Receptor:** es del tipo heterodino, basado en la mezcla de frecuencias que permite pasar de la frecuencia recibida en la antena a una baja frecuencia que podrá ser manejada por la electrónica del receptor.

I.6.- FUNDAMENTOS DE TELEDETECCIÓN ESPACIAL

Es aquella técnica que permite adquirir imágenes de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales, estamos asumiendo que entre la tierra y el sensor existe una interacción energética, ya sea por reflexión de la energía solar o de un haz energético artificial, ya por emisión propia, a su vez es preciso que ese haz energético recibido por el sensor sea almacenado convenientemente bien a bordo del satélite, o en las estaciones receptoras, de cara a que pueda interpretarse para una determinada aplicación.

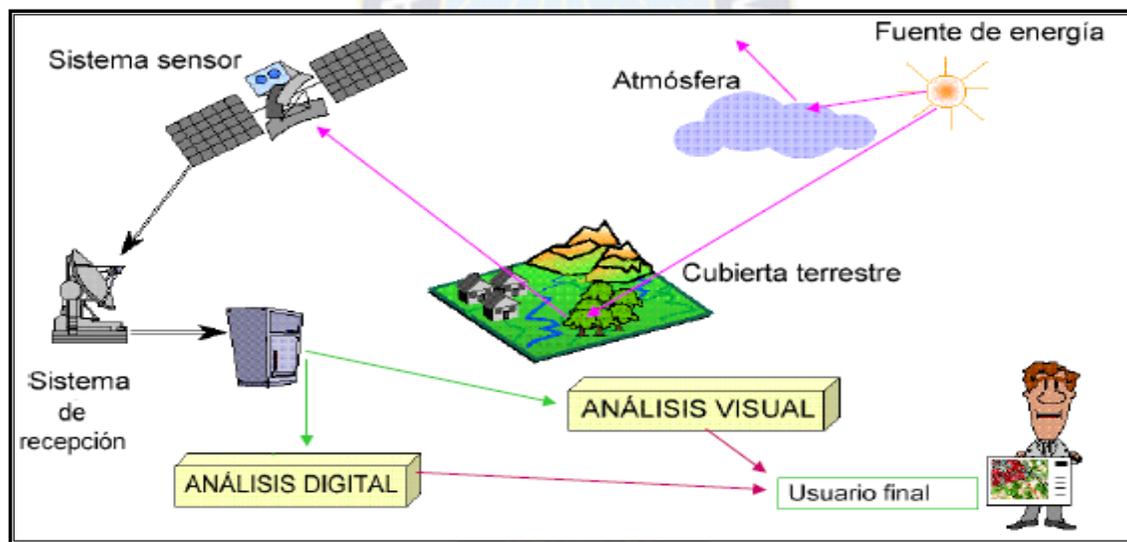


FIG. 24 ANÁLISIS DE LA TELEDETECCIÓN ESPACIAL FUENTE: GUÍA DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN
FUENTE: WEBDELPROFESOR.ULA.VE

I.7.- METODOLOGÍA DE AIDAA

Este método tiene sus raíces en el método tradicional de levantamiento topográfico de obras mineras subterráneas levantamiento con teodolito, cinta y libreta de campo para fijación de detalles con el empleo de un distanciómetro y el reemplazo de la libreta de

campo por tecnología Colector, Palm o Table.

El uso de la Metodología de Levantamiento Topográfico de Obras Subterráneas AIDAA le brindará la posibilidad de efectuar el detallado semiautomático de sus obras mineras con una capacidad de hasta 3000 mil mediciones con el uso de la variante AIDAA-Distanciómetro que emplea el Láser Disto Pro A de Leica Geosystems, y por otro lado empleando una capacidad nominal de 25Mb según la memoria interna de la Palm o table con window.

La aplicación informática desarrollada para el Método AIDAA estará en el uso de la tecnología existente y el software requerido por los mineros y organizacional, incluirá el desarrollo de una pequeña aplicación que se montará sobre el sistema y tendrá como fin tomar los datos que se bajen del distanciómetro o de la Palm efectuando el detallado automático.

El desarrollo de método AIDAA está limitado al empleo de las dos tecnologías antes mencionadas.

I.7.1.- LECTURAS DEL METODO AIDAA

Centrado de aparato y toma de lecturas iniciales:

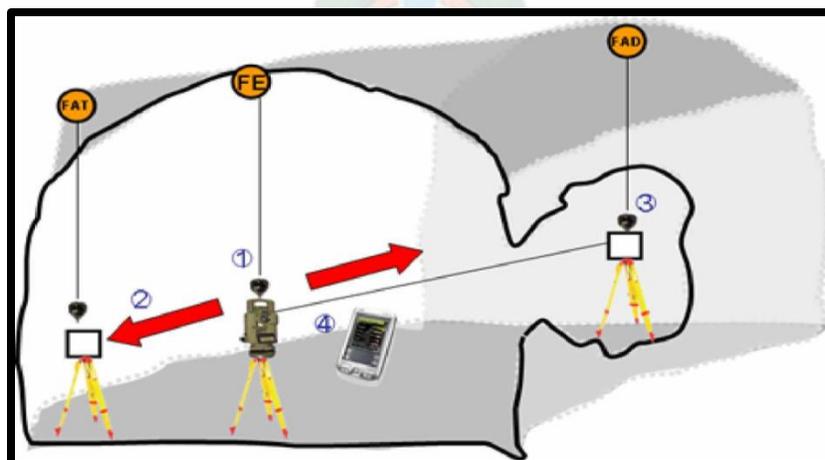


FIG. 25.- CENTRADO DE APARATO Y LECTURAS INICIALES
FUENTE: PROPIA

- A continuación se describe que se está haciendo en cada paso (Para más detalles sobre centrado de aparato y ajustes.

- 1.- Se centra el aparato con las ficha estación (FE).
- 2.- Se visa al punto atrás (FAT).
- 3.- Se visa al punto adelante (FAD)
- 4.- Se toman las Lecturas en la PALM
 - a.- Vista Atrás
 - b.- Estación
 - c.- Vista Adelante
 - d.- Angulo Horizontal
 - e.- Angulo Vertical
 - f.- Altura al Instrumento
 - g.- Altura al Punto
 - h.- Distancia Inclínada
 - i.- Distancia Horizontal

- Después de realizar esta toma de lecturas se realiza la toma de los detalles de la forma siguiente:

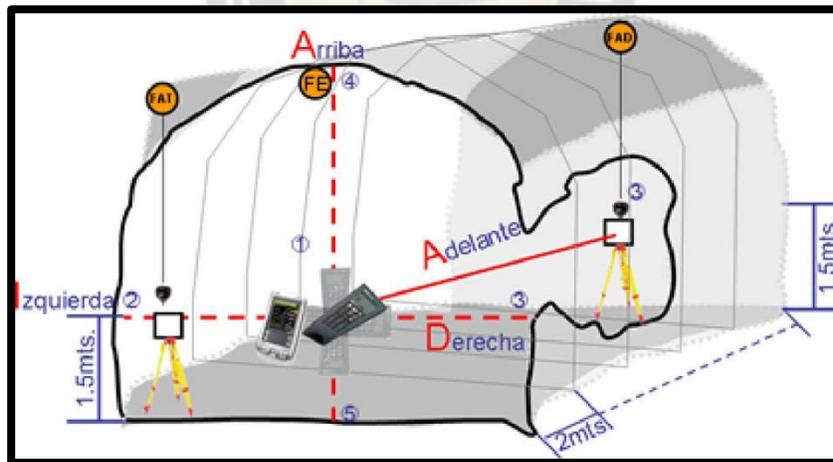


FIG. 26.- LECTURAS DE DETALLES CON DISTANCIOMETRO Y PALM O TABLE
FUENTE: PROPIA

CAPÍTULO II

MARCO JURIDICO

II.1.- CONSTITUCION POLITICA DEL ESTADO

La Carta Magna fundamental del Estado Plurinacional de Bolivia hace mención en un capítulo entero cuál es la política de Estado referente al ámbito minero en el cual se delinea lo siguiente:

Capítulo Cuarto

Artículo 369°.- El Estado será responsable de las riquezas mineralógicas que se encuentren en el suelo y subsuelo cualquiera sea su origen y su aplicación será regulada por la ley. Se reconoce como actores productivos a la industria minera estatal, industria minera privada y sociedades cooperativas. Los recursos naturales no metálicos existentes en los salares, salmueras, evaporíticos, azufres y otros, son de carácter estratégico para el país. Será responsabilidad del Estado la dirección de la política minera y metalúrgica, así como el fomento, promoción y control de la actividad minera. El Estado ejercerá control y fiscalización en toda la cadena productiva minera y sobre las actividades que desarrollen los titulares de derechos mineros, contratos mineros o derechos preconstituidos.

Con el presente artículo podemos resaltar que el Estado tiene el control de las áreas mineras y que en lo principal toma la dirección del fomento y promoción de la actividad minera para lo que justifica que se estudien nuevas áreas de exploración minera a efectos de generar un desarrollo sustentable de la minería a favor del Estado.

Artículo 370°.- El Estado otorgará derechos mineros en toda la cadena productiva, suscribirá contratos mineros con personas individuales y colectivas previo cumplimiento de las normas establecidas en la ley. El Estado promoverá y fortalecerá las cooperativas mineras para que contribuyan al desarrollo económico social del país. El derecho minero en toda la cadena productiva así como los contratos mineros tienen que cumplir una función económica social ejercida directamente por sus titulares. El derecho minero que comprende las inversiones y trabajo en la prospección, exploración, explotación, concentración, industria o comercialización de los minerales o metales es de dominio de los titulares. La ley definirá los alcances de este derecho. El contrato minero obligará a los beneficiarios a desarrollar la actividad minera para satisfacer el interés económico social. El incumplimiento de esta obligación dará lugar a su resolución

inmediata. El Estado, a través de sus entidades autárquicas, promoverá y desarrollará políticas de administración, prospección, exploración, explotación, industrialización, comercialización, evaluación e información técnica, geológica y científica de los recursos naturales no renovables para el desarrollo minero.

De este articulado se puede resaltar que efectivamente la Corporación Minera de Bolivia es la entidad autárquica fundamental para promover la exploración de nuevas áreas mineras para explotación.

Artículo 372°.- Pertenecen al patrimonio del pueblo los grupos mineros nacionalizados, sus plantas industriales y sus fundiciones, los cuales no podrán ser transferidos o adjudicados en propiedad a empresas privadas por ningún título. La dirección y administración superiores de la industria minera estarán a cargo de una entidad autárquica con las atribuciones que determine la ley. El Estado deberá participar en la industrialización y comercialización de los recursos mineralógicos metálicos y no metálicos, regulado mediante la ley. Las nuevas empresas autárquicas creadas por el Estado establecerán su domicilio legal en los departamentos de mayor producción minera, Potosí y Oruro.

Propiamente en el precedente artículo se observa que la COMIBOL tiene la dirección y administración de la industria minera para lo cual deber invertir en las exploraciones futuras, así como pueden existir nuevas empresas estatales dedicadas al desarrollo de la cadena productiva minera.

II.2.- LEY DE MINERIA 535 DE 28 DE MAYO DE 2014

Los artículos que mencionaremos a continuación están seleccionados meramente a los trabajos de exploración, y su relación con la Corporación Minera de Bolivia aplicables al presente caso de estudio.,

LEY DE MINERÍA Y METALURGIA

TÍTULO I

DISPOSICIONES GENERALES

CAPÍTULO I

OBJETO, DOMINIO Y ALCANCE

Artículo 1. (OBJETO).

La presente Ley tiene por objeto regular las actividades minero metalúrgicas estableciendo principios, lineamientos y procedimientos, para la otorgación, conservación y extinción de derechos mineros, desarrollo y continuidad de las actividades minero metalúrgicas de manera responsable, planificada y sustentable; determinar la nueva estructura institucional, roles y atribuciones de las entidades estatales y de los actores productivos mineros; y disponer las

atribuciones y procedimientos de la jurisdicción administrativa minera, conforme a los preceptos dispuestos en la Constitución Política del Estado.

Acá se puede advertir que todo tipo de actividad minera está regulada por una ley especial y que sus alcances son también para las empresas estatales como es el caso de la COMIBOL y los proyectos que desarrolla.

Artículo 6. (BASES PARA EL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD MINERA).

Son bases prioritarias para el desarrollo de la actividad minera:

- a) *Prospección y exploración como actividades imprescindibles de los actores productivos mineros: estatal, privados y cooperativas mineras, para ampliar y desarrollar el potencial minero en todo el territorio boliviano.*

Por mandato de la ley se observa que una base fundamental del desarrollo de la actividad minera es la prospección y exploración algo que se pone en práctica como es el caso del proyecto Triunfo de Marne a la cabeza de la COMIBOL.

Artículo 14. (UNIDAD DE MEDIDA DEL ÁREA MINERA Y CONSOLIDACIONES).

I. La unidad de medida del área minera es la cuadrícula. La cuadrícula tiene la forma de una pirámide invertida, cuyo vértice inferior es el centro de la tierra, su límite exterior en la superficie del suelo corresponde planimétricamente a un cuadrado de quinientos metros por lado, con una extensión total de veinticinco hectáreas. Sus vértices superficiales están determinados mediante coordenadas de la proyección Universal y Transversal de Mercator UTM, referidas al Sistema Geodésico Mundial WGS 84. Una cuadrícula no es susceptible de división material.

Artículo 15. (CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA MINERA).

I. El Área Minera como extensión geográfica está formada por una o más cuadrículas colindantes al menos por un lado.

II. Las cuadrículas están orientadas de Norte a Sur y registradas en el cuadrículado minero nacional preparado por el Instituto Geográfico Militar IGM y el ex Servicio Técnico de Minas SETMIN.

III. Cada cuadrícula se identifica por la coordenada en su vértice sudoeste y se ubica por el número de la Hoja de la Carta Geográfica Nacional a escala 1:50.000 publicada por el Instituto Geográfico Militar IGM y por el sistema matricial de cuadrículado minero establecido por el ex Servicio Técnico de Minas SETMIN.

Una cuadrícula deberá ubicarse en el terreno por las coordenadas Universal y Transversal de Mercator UTM de cada uno de sus vértices.

Artículo 64. (ESTRUCTURA DE LA CORPORACIÓN MINERA DE BOLIVIA COMIBOL Y SUS EMPRESAS).

I. La Corporación Minera de Bolivia COMIBOL tendrá la siguiente estructura:

- a) *El Directorio es la máxima instancia de dirección, control y fiscalización de las políticas de gestión corporativa y estratégica.*
- b) *La Presidenta o Presidente Ejecutivo es la máxima autoridad ejecutiva y ejerce la representación legal de la Corporación Minera de Bolivia COMIBOL y es designado por el Presidente del Estado Plurinacional de una terna propuesta por la Cámara de Diputados.*
- c) *Área Gerencial.*
- d) *Área Operativa.*
- e) *Órgano Interno de Fiscalización.*

Con este artículo mostramos lo consolidado y globalizado que son el uso de medidas internacionales que al fin de cuentas son empleadas en los trabajos de mensura minera.

Artículo 77. (RÉGIMEN ECONÓMICO DE LA CORPORACIÓN MINERA DE BOLIVIA COMIBOL CON SUS EMPRESAS FILIALES).

I. Un porcentaje de los excedentes de las utilidades netas disponibles de las empresas filiales y subsidiarias, después de establecerse provisiones de inversión y reinversión para mejoras y ampliación de operaciones, serán transferidas a la COMIBOL.

II. La Corporación Minera de Bolivia COMIBOL se financiará con recursos económicos provenientes de:

a) Las operaciones minero metalúrgicas de la ejecución de sus proyectos.

El presente artículo hace entrever que toda labor efectuada por la COMIBOL debe hacerse con seriedad y la mayor precisión posible, puesto que es ejecuta una cantidad considerable del presupuesto de la entidad y así mismo los frutos que se den a futuro serán sustento de la entidad.

II.3.- NORMATIVA APLICABLE A LA CORPORACION MINERA DE BOLIVIA (COMIBOL)

LEY N° 3720, 31 DE JULIO DE 2007

Artículo 1°.- *La Corporación Minera de Bolivia participará directamente en la cadena productiva con las siguientes funciones:*

- a. Prospección y exploración;*
- b. Explotación;*
- c. Concentración;*
- d. Fundición y refinación*
- e. Comercialización de minerales y metales;*
- f. Administrar las áreas fiscales.*

Con la presente ley la Corporación Minera de Bolivia COMIBOL deja de ser una entidad estatal administradora del área minera y se convierte nuevamente en la empresa estatal minera que debe participar de la cadena productiva en pro de coadyuvar en el desarrollo del país para lo cual los trabajos de exploración deben hacerse minuciosamente y con total responsabilidad para dar cumplimiento a la norma y a la sociedad, por lo que toda actividad que se desarrolla en el Proyecto Triunfo de Marne es válida y legal.

CAPITULO III

METODOLOGIA DE TRABAJO

III.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el proceso de mensura en interior mina y superficie, cuando se realiza el trabajo de mensura, generalmente se utiliza el Método Directo, este proceso de mensura es moroso y requiere más tiempo y personal.

Se vio como alternativa en estas mensuras en interior mina la aplicación, del método AIDAA a través de equipos electrónicos conjuntamente con los mecánicos y que tradicionalmente se utilizan.

III.2 JUSTIFICACION

El avance de la ciencia, tecnología y los métodos que se usan deben ser aprovechados para todo el proceso minero desde la exploración hasta la comercialización de los mismos, y si aminorar tiempos y costos en su ejecución, puesto que el desarrollo de un proyecto minero bien ejecutado demora de acuerdo a los profesionales expertos del área unos 5 años solo para exploración minera, en este entendido para el caso específico del presente trabajo se demuestra los beneficios que otorga a la minería actual y de acuerdo a los instrumentos técnicos y algunas limitaciones con los que cuenta la Corporación Minera de Bolivia el empleo de la metodología AIDAA (Adelante, Izquierda, Derecha, Arriba y Abajo) del levantamiento topográfico recorte triunfo de Marne. a través de equipos electrónicos conjuntamente con los mecánicos y que anteriormente se utilizaban.

III.3.-OBJETIVOS

III.3.1.- OBJETIVO GENERAL

Desarrollar la metodología AIDAA (Adelante, Izquierda, Derecha, Arriba y Abajo) con herramientas electrónicas para levantamiento topográfico a detalle en interior mina proyecto recorte Triunfo de Marne a menor tiempo y reducción de recursos humanos.

III.3.2.- OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Mostrar que la metodología AIDAA emplea el menor tiempo de medición.
- Mostrar que la metodología AIDAA reduce el personal de apoyo requerido en un levantamiento topográfico.
- Obtener una eficaz información en el momento en favor al área minera que beneficie al actor productivo, sea empresa estatal, empresa privada o cooperativa.
- Demostrar que mediante nuevos equipos tecnológicos usados en la mensura, se obtienen datos de manera eficaz y de forma rápida.

III.4 METODO EMPLEADO

Metodología AIDAA (Adelante, Izquierda, Derecha, Arriba y Abajo) con herramientas electrónicas para levantamiento topográfico en interior mina.

III.5.- ÁREA DE ESTUDIO

El Proyecto Triunfo de Marne se encuentra en el Cantón Quime, Provincia Inquisivi del Departamento de La Paz. Dista aproximadamente 243 km desde la ciudad de La Paz hasta el campamento del Ingenio Molinos y de aquí al Recorte Triunfo 2.4 Km.

III. 6.- MATERIALES E INSTRUMENTOS FISICOS Y DIGITALES EMPLEADOS

III. 6.1.- INSTRUMENTOS EMPLEADOS

Para la ejecución del proyecto se usaron los accesorios y equipos geodésicos de triple frecuencia (Stonex).

A) GPS/GNSS de precisión Stonex (Triple Frecuencia) Base y Rover

- Cargador de baterías
- Dos baterías
- Cable de Bajado de Datos
- Estuche



FIG 27: GPS GNSS STONEX Y ACCESORIOS
FUENTE: WEBDELPROFESOR.ULA.VE

- Base nivelante más tribachs
- Trípode

B) Estación total Sokkia Set 510

- Estación total
- Cargador
- Flexo metro
- Dos batería
- Puntero
- Trípode
- Varilla
- Cuatro prismas
- Cuatro jalones y Mini prisma para interior mina
- Cable para el bajado de datos USB

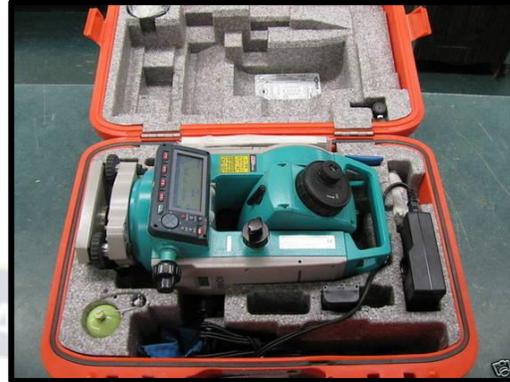


FIG. 28: ESTACIÓN TOTAL TRIMBLE R3 Y ACCESORIOS
FUENTE: PROPIA

C) Receptor GPS Navegador (Etrex)



FIG 29: GPS NAVEGADOR (ETREX)
FUENTE: WEBDELPROFESOR.ULA.VE

D) Distanciometro



FIG. 30.- DISTO
FUENTE: WEBDELPROFESOR.ULA.VE

E) Computadora Dell CORE i5 de 4.0 GB de memoria RAM 200 GB de espacio en disco duro.

F) Cámara fotográfica Digital (Samsung)

III. 6.2.- MATERIALES UTILIZADOS

En la mensura se usaron los siguientes materiales.

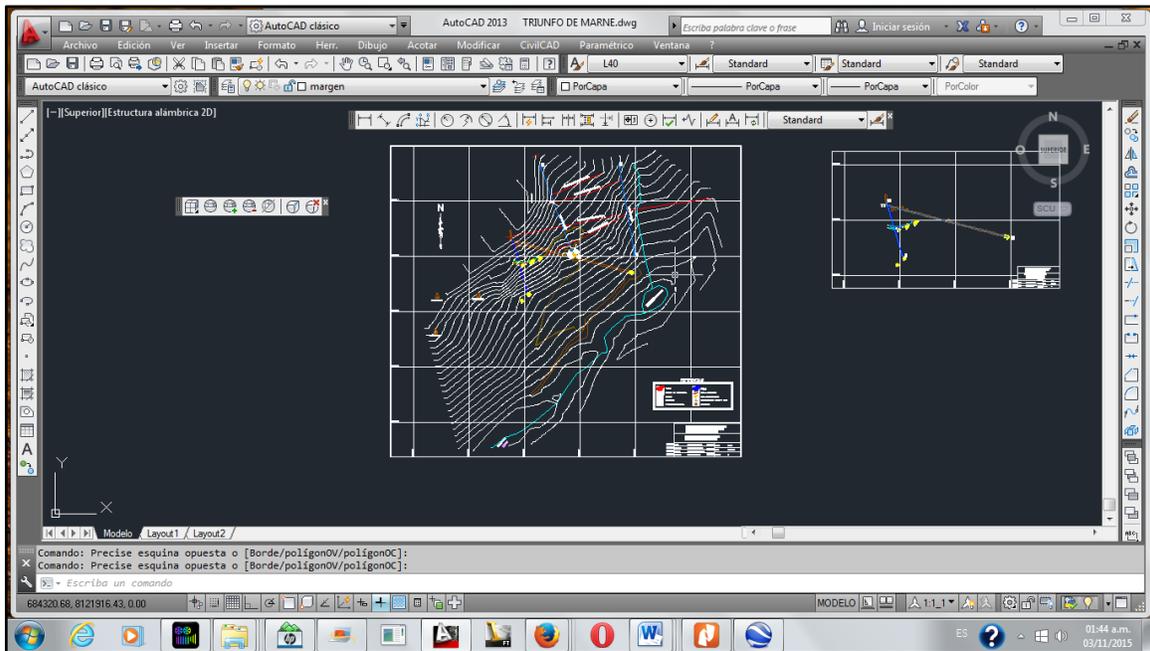
- Estacas de madera
- Cemento
- Pintura al aceite aerosol rojo – blanco
- Clavos de calamina
- Valde barrilejo
- Barreno
- Material de escritorio

III. 6.3.- INSTRUMENTOS DIGITALES

III.6.3.a.-EMPLEO DEL SOFTWARE AUTO CAD CON PLATAFORMA CIVIL.

Una de las herramientas principales para la mensura de las minas usando Imágenes, el proceso se la realiza mediante la digitalización (**operación de codificar la información en cifras**), la digitalización se aplica habitualmente a la codificación de la información gráfica (mapas y planos convencionales) pero puede ser aplicada con propiedad a todo tipo de

información para la construcción de bases de datos digitales.



**FIG. 31: SOFTWARE AUTO CAD.
FUENTE: PROPIA**

El amplio uso que tiene el AutoCad es de poder mostrar desde la creación hasta la culminación de los datos de entrada proceso y salida, los mismos trataremos de mostrar algunos ejemplos.

Métodos para el ingreso de datos:

- Digitalización de Mapas
- Escaneo de documentos en papel
- Ingreso de coordenadas por teclado
- Archivos de datos externos
- Ingreso de Imágenes Corrección de datos en:
 - Detección de nodos libres
 - Eliminación de líneas dobles
 - Eliminación de vértices innecesarios
 - Detección de áreas abiertas
 - Elementos sin ID

III.7.- METODOLOGÍA DE TRABAJO

III.7.1.- TRABAJO DE CAMPO

- Viaje de inspección para medición del área de trabajo “Recorte Triunfo de Marne”.

III.7.2. TRABAJO EN GABINETE

- Tres días de trabajo de gabinete por cada viaje realizado al área de trabajo.



CAPITULO IV

CASO DE ESTUDIO REAL

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO EN INTERIOR MINA PROYECTO “RECORTE TRIUNFO DE MARNE”.

IV. 1.- INTRODUCCIÓN

La presente memoria técnica muestra como la DIRECCION DE PROYECTOS, dependiente de la Corporación Minera de Bolivia (COMIBOL), usando medios y metodologías tradicionales y modernas como la metodología AIDAA (Adelante, Izquierda, Derecha, Arriba y Abajo) de levantamiento topográfico para efectuar mediciones dentro del proyecto minero Triunfo de Marne que se desarrolla en cumplimiento a la Constitución Política del Estado y otras normas del área y así cumplir con la misión de COMIBOL encargada de administrar la cadena productiva de la minería, logrando niveles superiores de producción, potenciándose y promoviendo la diversificación de actividades minero metalúrgicas, para contribuir en la generación de excedentes económicos y aportar significativamente al desarrollo del país, lo cual conlleva a implantar nueva tecnologías y metodologías de trabajo, con el fin de reducir el tiempo de ejecución sin dejar de lado las consideraciones técnicas y jurídicas.

IV.2.- INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO TRIUNFO DE MARNE

PROYECTO TRIUNFO DE MARNE			
Ubicación	Departamento: La Paz		
	Provincia: Inquisivi		
	Municipio: Quime		
Coordenadas de la concesión U.T.M.	N°	Norte (m)	Este (m)

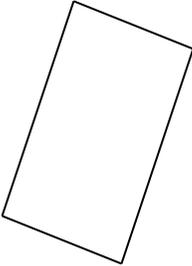
	1	8122607.73	683863.82
	2	8122346.43	684403.94
	3	8121446.24	683968.43
	4	8121707.55	683428.32
Superficie	60 hectáreas		
Altura Máxima	4872 m.s.n.m.		
Altura Mínima	3700 m.s.n.m.		

TABLA. 4. INFORMACION GENERAL
FUENTE: PROPIA

IV.2.a.- UBICACIÓN Y ACCESO

La concesión Triunfo de Marne se encuentra en el cantón Quime, Provincia Inquisivi del Departamento de La Paz. Dista aproximadamente 250 km desde la ciudad de La Paz hasta el campamento del Ingenio Molinos y de aquí a la Escuela Alfredo Guillen Pinto 1.5 km hacia el NW, para luego caminar por una senda siguiendo la ribera del río Molinos con dirección NE de aproximadamente 1 km, llegando a un campamento en ruinas (zona SE de la concesión). Esta región pertenece a la parte suroeste del batolito Quimsa Cruz.

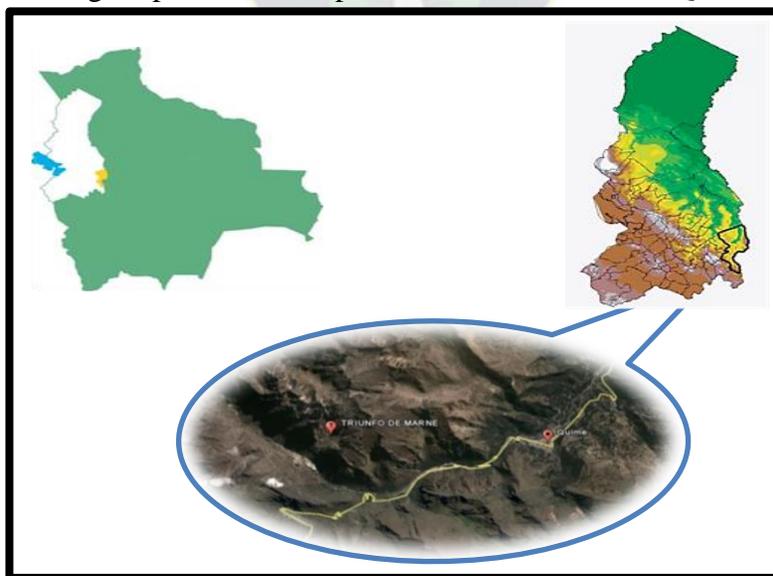


FIG. 32 UBICACIÓN TRIUNFO
FUENTE: PROPIA



**FIG. 33 ACCESO A TRIUNFO DE MARNE
FUENTE: PROPIA**

IV.2.b.- CLIMA - TEMPERATURAS MÁXIMAS Y MÍNIMAS

Es necesario hacer notar que las temperaturas máximas extremas se dan entre los meses de octubre a enero, en los meses previos a la época más lluviosa (entre enero y marzo), mientras que las temperaturas mínimas extremas se presentan en los meses sin lluvias (mayo a agosto). Por otro lado, en la mayor parte del Municipio las precipitaciones tienen una distribución regular generalmente desde el mes de octubre hasta marzo, periodo que está asociada a una elevada humedad en el ambiente que da lugar a la formación de neblina matinales.

Los riesgos climáticos en el municipio de Inquisivi están asociados principalmente a las bajas temperaturas (heladas), exceso de lluvias y alta humedad, las que en muchos años afectan significativamente la producción agrícola.

IV.2.c.- MARCO GEOLOGICO REGIONAL

IV.2.c.1.- GEOLOGÍA Y MINERALIZACIÓN GENERAL

La región donde se encuentra la concesión Triunfo de Marne es la Faja axial noroccidental de la Cordillera Oriental con posibles mineralizaciones de Sn.W como primera prioridad y Pb-Sb-Ag-Au-Zn-Cu-Bi-Mo como segunda prioridad, pertenecientes a yacimientos vetiformes asociados a plutones félsicos y vetiformes asociados a series sedimentarias.

La geología regional del área presenta afloramientos de sedimentitas del ordovícico superior y silúricas depositadas en una cuenca marina de ante país. Las cuales fueron emplazadas por intrusiones ígneas en la Cordillera de Quimsa Cruz y finalmente la formación del cuaternario reciente.

En el área la Formación Amutara de 800 m de potencia es la más antigua, de facies marina areno-pelíticas regresiva y progradante. Seguida de una mega secuencia subsidente de diamictitas glacio-marinas denominada Formación Cancañiri de 100 m de potencia, a estas suprayacen las pelitas de plataforma subsidente, correspondientes a la Formación Uncía con 1000 m de potencia y finalmente tenemos las facies intercaladas de psamitas y pelitas de la Formación Catavi con 500 m de potencia. (mapa geológico Inquisivi 1997 corregido en este informe)

IV.2.c.2.- GEOLOGIA CONCESION TRIUNFO DE MARNE

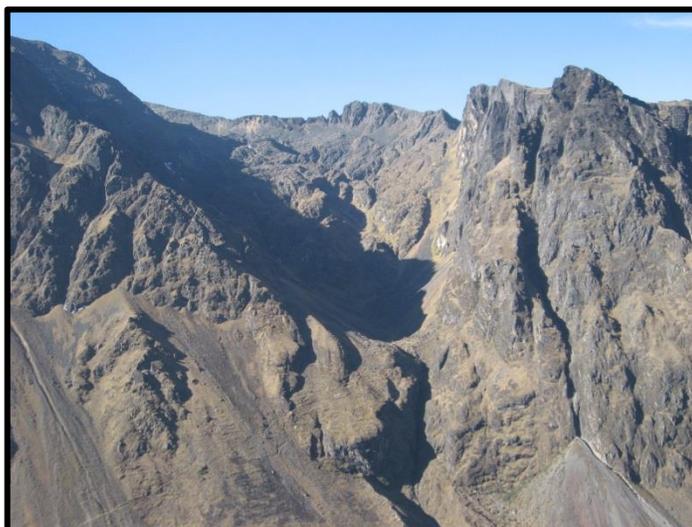
- **Geomorfología**

La geomorfología en la concesión corresponde a la Cordillera Oriental, con serranías de dirección preferencial NW-SE y elevaciones entre 4000 y 4600 m.s.n.m.

La región es parte constituyente de la unidad morfoestructural de la Cordillera Tres Cruces y está conformada por una serie de serranías y valles que descienden de las partes altas, las mismas que desde su origen, se deben a la intensa acción glacial, dando lugar a la formación de geoformas.

Los sallerios están con desniveles desde 200 a 400 m y mayores a 45° de pendiente y los macizos de roca con más de 80° de pendiente.

En la zona se puede observar profundos valles en “U” de elevada gradiente, donde uno de los valles tiene un cauce de agua permanente (río San José)



**FIG. 34: TOPOGRAFÍA ABRUPTA. CONCESIÓN TRIUNFO DE MARNE.
FUENTE: PROPIA**

El acceso al área podría considerarse en términos generales a partir de Caxata hasta la concesión como peligrosa debido al camino carretero de alta montaña y angosta. Todo el recorrido para el trabajo de investigación en Triunfo de Marne es por sendas muy empinadas y muchas de ellas de difícil acceso.

- **Geología Estructural**

La zona está intensamente plegada (fuerte tectonismo), donde las rocas de la formación Catavi se encuentran muy fracturadas y metamorfozadas por contacto a cuarcita. Estas rocas cubren casi el 90% del área de la concesión Triunfo de Marne.

El contacto entre el intrusivo y la cuarcita no presenta importantes estructuras mineralizadas a excepción de algunas vetillas transversales, constituidas esencialmente por cuarzo y algunos cristales de casiterita y turmalina tal como muestra los análisis minerográficos.

Estructuralmente las rocas sedimentarias constituyen el flanco occidental de un sinclinal asimétrico fuertemente plegado. La falla principal que se encuentra cerca de la concesión es la falla regional inversa ubicada al SW de la concesión con dirección NW – SE paralelo al Río Molinos (Mapa regional). En interior mina se observó fallas menores con dirección E – W y movimiento vertical, cuyo origen se puede asumir debido a la intrusión del cuerpo plutónico, además de movimientos distensivos y compresionales.

Las estructuras presentes en la zona (pliegues y fallas), tienen un rumbo general de N20°-30°E, al igual que la mayoría de los que forman el contexto general del sector. Este rumbo casi N-S que asume la mayoría de los pliegues del área y su paralelismo con el eje cordillerano, prueban la dirección E-W en la que actuaron las fuerzas compresionales.

Entre las estructuras principales tenemos al sinclinal que pasa por el cerro Triunfo de Marne; el cual está desarrollado en rocas de la Formación Catavi y sobresale nítidamente por su magnitud. Se encuentra fuera del área de la concesión, exactamente al norte de esta, pero se lo menciona, por ser una de las estructuras más importantes de la región, con un rumbo NW – SE. Otro rasgo importante es la falla que pasa por el flanco SE de la concesión, de alto ángulo con rumbo N20°E que coloca a las rocas de la Formación Catavi una sobre otra. Es por esta falla que corre el río San José.

Además de esta falla, ocurren pequeñas fallas transversales con desplazamientos horizontales y movimientos locales de bloques, posiblemente debidas a movimientos tensionales y/o de ajuste; con direcciones de N60°E y N30°W.

- **Estructuras Mineralizadas**

Las estructuras mineralizadas del yacimiento de la Concesión Minera Triunfo de Marne, son exclusivamente de tipo filoniano de origen hidrotermal, donde las vetas no son observables en su verdadera longitud como afloramiento en superficie, debido principalmente a dos causas, uno a la abrupta topografía que presenta la zona y otro al escape cuaternario (coluvial y aluvial) que se encuentran cubriendo una mayor parte la superficie de la concesión.

Sistema de Vetos

En el área de Triunfo de Marne se advierte una amplia e intensa distribución de fracturas, producto de la acción o actividad tectónica regional y de la misma intrusión granodiorítica. En consecuencia existen una serie de sistemas de fracturamiento que han permitido la circulación de las soluciones hidrotermales y la posterior mineralización; a su vez éstas soluciones han debido afectar a las distintas rocas de manera diferente.

De acuerdo a las rosetas de fracturamiento, en el yacimiento de Triunfo de Marne se ha determinado 3 sistemas principales de fracturas, donde el primer sistema tiene un rumbo general E-W con buzamiento al N, el segundo tiene una dirección predominante NE-SW con buzamiento al NW y un tercer sistema que tiene una trayectoria NW-SE con buzamiento al NE. Cabe señalar que los dos primeros sistemas se consideran como importantes por presentar mineralización y en el último sistema se advierte una mineralización insipiente.

IV.3.- DESARROLLO DEL TRABAJO

IV.3.a.- TRABAJO DE CAMPO

- **FASE 1 (RECONOCIMIENTO DE AREA DE TRABAJO)**

En la primera fase se realizó una inspección del área de trabajo, mediante interpretación de la hoja topográfica a escala 50.000 el código 6143 III obtenido del Instituto Geográfico Militar IGM ubicado en los archivo de la EMC- Caracoles y una imagen satelital obtenido por google earth, para delimitar el límite del área a medir e inclusive realizar topografía en sectores que se necesita como información relevante para la área técnica del Distrito Minero Caracoles.

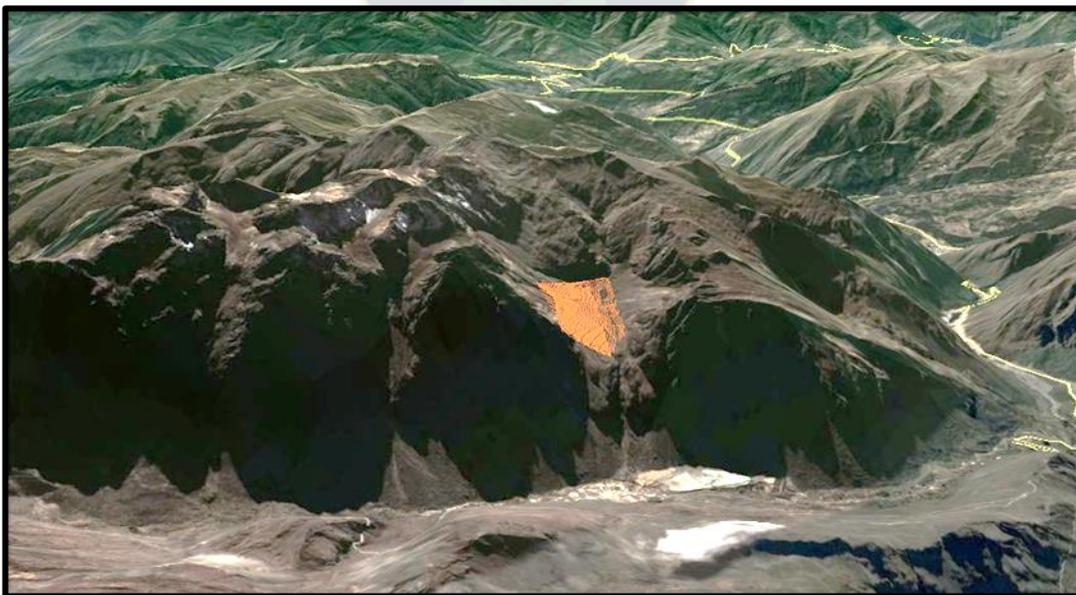


FIG. 35. VISTA PANORAMICA EN 3D

FUENTE: PROPIA

Posteriormente una vez localizado el área a medir, se implantaron mojones de concreto con una varilla de metal de unos 80 cm. de largo y grosor $\frac{1}{4}$, visibles entre sí en este caso los nombramos MOL-1, MOL-2 y MOL-3.

Conjuntamente con el Superintendente de Mina se procedió a dar con la ubicación de los puntos de partida al recorte en este caso 3 puntos que lo denominaremos F-1, F-2 y AUX-2, estos puntos están amojonados con fierro de $\frac{1}{2}$ pulgada de grosor con 30 cm. de largo.

Todos estos mojones se realizaron con estas características para que no desaparezcan y estén bien consolidadas para uso de futuros proyectos que beneficien a diferentes áreas civiles, eléctricos, hidráulicos y mineros etc. Con la ayuda de los trabajadores mineros se perforaron a una profundidad de 80 cm. ya sea en terreno pedregoso y tierra normal, se implantaron los mojones con revestimiento de piedras y cemento para evitar posibles desplazamientos que puedan ser ocasionados por personas o por factores naturales.

Según nuestra base de datos de los puntos CM densificados en diferentes lugares de todo nuestro territorio, se ubicó el CM-315 ubicado en la cima del cerro Condoriri de la Provincia Inquisivi con los siguientes datos:

LATITUD	LONGITUD	ALTURA ELIPSOIDAL	ESTE	NORTE
16°56'41,72092" S	67°19'6,83433" W	4972,289	679051,049	8125772,02

**TABLA 5 DATOS DE PUNTO DE CONTROL
FUENTE: PROPIA**

Estos datos nos ayudan a contar con una base para las mediciones de cualquier otro tipo de trabajo o proyecto, y que el trabajo este enlazado a la red geodésica de clase C y nuestra medición tendrá mayor precisión.



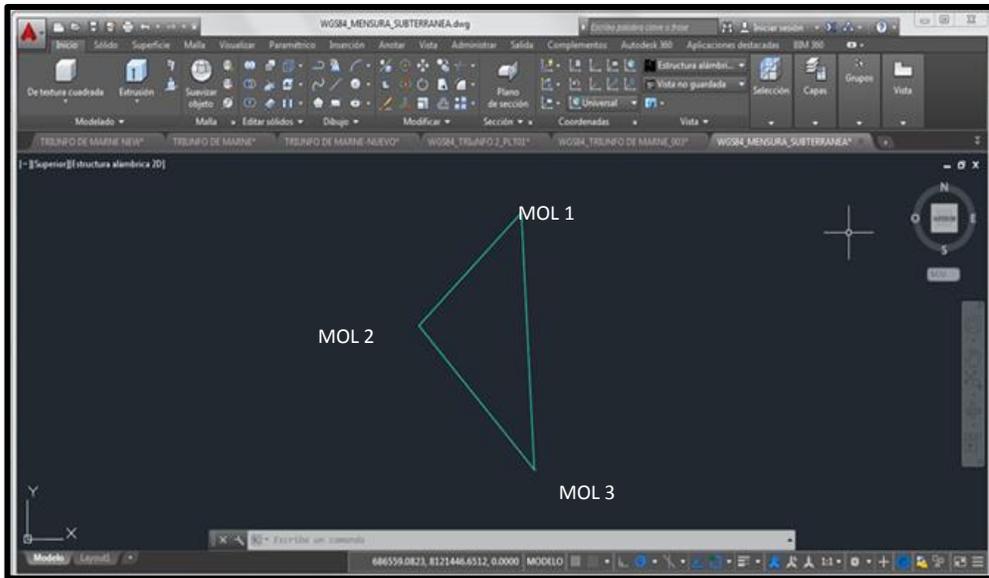
**FIG.: 36 PUNTOS DE CONTROL CM-315 ENLACADOS MOL 1,2,3
FUENTE: PROPIA**

- **FASE 2 (MEDICION METODO RTK CON EQUIPOS GPS/GNSS STONEX)**

Una vez obtenido los mojones en su lugar y descritos con el nombre correspondiente, nos dirigimos al punto de partida CM-315, con el equipo GPS/ GNSS de triple frecuencia incluido el método RTK con precisión de ángulos $H_z = \pm 15\text{mm}$. $V_t = 20\text{mm}$. Y con una antena de rango de 4 a 30 Km. de radio en comunicación con el Rover, instalamos la base del equipo configurando e introduciendo los datos del CM-315 para la transmisión de datos actuales por el método RTK y dar valores en coordenadas UTM WGS-84 a los mojones dichos anteriormente, nos transportamos por el camino en la movilidad con el GPS/GNSS ROVER también configurado con el mismo sistema y datum e incluyendo la altura del jalón, más la altura del vehículo al piso, el recorrido se hizo con una velocidad de 40 Km/Hrs verificando continuamente la señal de los satélites y la conexión entre BASE y ROVER, existió comunicación continua para evitar contratiempo, es así que en la base se dejó a un trabajador minero con una radio para que comunique en la señalización de satélites y la transmisión de ambos GPS's .

En dirección al mojón MOL-2 en este caso nos percatamos que la señal era intermitente (bajaba y subía) sin embargo aún se contaba con los datos en UTM y con precisión de $H_z = 30\text{mm}$. Y $V_t = 50\text{mm}$., se esperó por 15 minutos en el mojón escribiendo las coordenadas del mojón unas 10 veces para luego poder promediarla, es así que posteriormente se realizó el mismo procedimiento para los demás mojones MOL-3 y MOL-1.

Obtenido las coordenadas de los mojones en UTM WGS-84, se inicia la compensación por mínimos cuadrados y poder dar el valor más preciso a cada uno de los mojones esto para no tener problemas en el levantamiento con Estación Total.



**FIG. 37 TRIANGULACION PUNTOS DE CONTROL
FUENTE: PROPIA**

- **FASE 3 (MEDICION TOPOGRAFICA SUPERFICIAL)**

Una vez obtenido las coordenadas compensadas de los mojones o bulones, se empezó a medir con la Estación Total la topografía superficial, la estación del equipo para el avance rápido de los alarifes se ubicó en el Mojón MOL-2 y se tomó la orientación y verificación de las coordenadas a los mojones MOL-1 y MOL-3, iniciando el trabajo con 4 alarifes, empleado el método radial, que consiste en la obtención de coordenadas UTM desde una estación, el barrido por parte de los alarifes consistió en dar a detalle el sector ubicando caminos (camino de herradura, lagos, casas, lo más primordial las vetas) y todo detalle requerido en la topografía en cuestión, el cambio de estación se hizo a lo más cercano a la bocamina con el MOL-1 y puntos auxiliares en adelante, para poder medir lugares no visibles de la primera estación con barrido de los alarifes a cada 5 metros de equidistancia entre cada uno.

Terminado el trabajo con el más mínimo detalle, empezamos a elaborar el plano topográfico con fines de planificación e ubicación de mojones de partida para el recorte Triunfo de Marne y a la vez graficar una descripción a detalle de las vetas del área, en nuestro caso se nombró a las vetas con el nombre de Veta Triunfo, veta San Jorge, Veta Triunfo 1, Veta Triunfo 2 y Veta Joyita etc., obteniendo las curvas de nivel a cada metro para la elaboración de los perfiles longitudinales incluidas las vetas con sus respectivos buzamientos y así tener en un plano la dirección de las vetas y planificar por parte los

ingenieros de minas el cálculo en tiempo y material para cortar a la veta.



**FIG 38: ESTACION MOL 2
FUENTE: PROPIA**

- **FASE 4 (REPLANTEO DE ESTACAS EN LA CANCHA MINA PARA ALINEAMIENTO)**

Una vez realizado el levantamiento topográfico superficial y elaborado el plano topográfico, en coordinación con el superintendente de minas de la Empresa Minera Caracoles y Supervisor Ingeniero de Minas y ya descrito los puntos de partida del recorte, empezamos a replantear los 3 puntos: 2 ubicados en la cancha mina y 1 más lejano, una vez replanteados los puntos de la cancha mina con los nombres F-1, F-2 y el lejano Aux-2 se empieza a dar el alineamiento al recorte perpendicular a la Veta Triunfo bajo los siguientes datos:

ESTACA	NORTE	ESTE	ALTURA
F-1	8121925,16	684243,741	4104,779
F-2	8121926,06	684240,24	4104,88
Aux-2	8121884,51	684307,531	4084,938

TABLA 6 COORDENADAS DE PUNTOS DE BOCA MINA

Introducidas las coordenadas de los puntos de alineamiento a la Estación Total el instrumento toma como estación a la estaca F-2 y orienta a la estaca Aux-2, posteriormente visa a la estaca F-1 una vez realizada la posición a la estaca F-1 se alinea

en dirección a la veta Triunfo y replanteamos 2 tarugos de alineamiento que le sirve al perforista en alinearse por lo menos a 10 metros o menos.



**FIG: 39 ESTACION EN TARUGO PARA ALINEAMIENTO
FUENTE: PROPIA**

La dirección del Recorte Triunfo de Marne se la ha planificado con los siguientes datos:

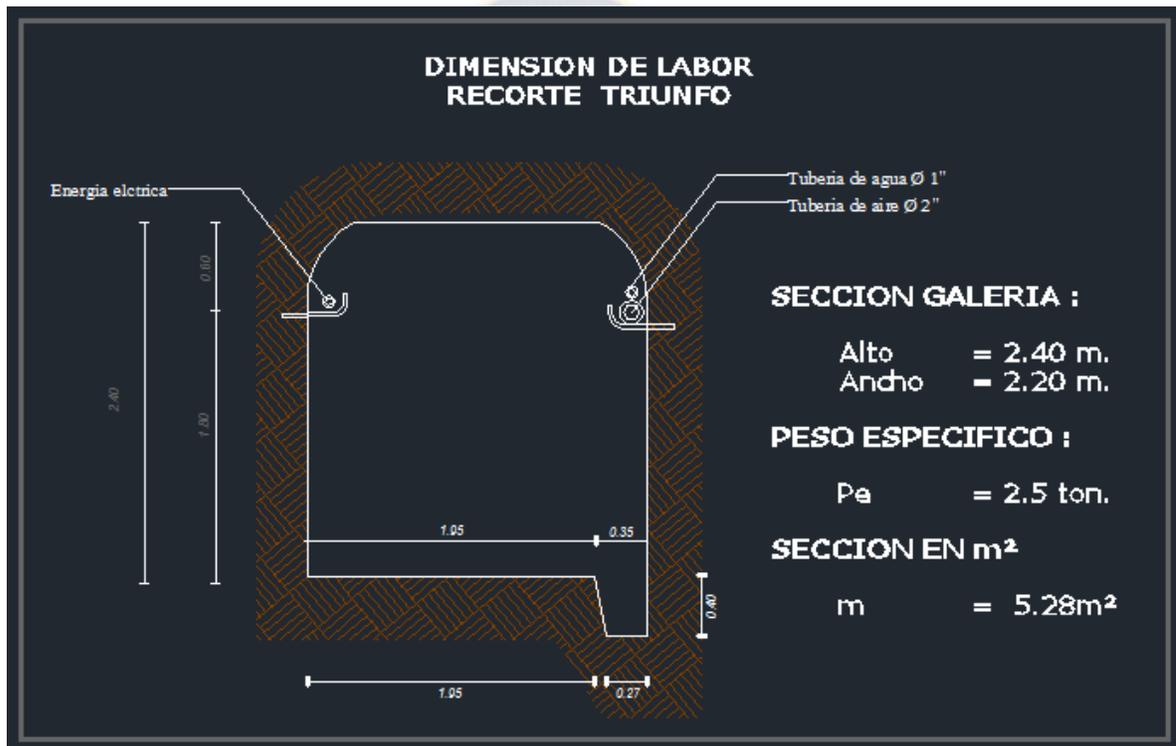
- Dirección del recorte respecto al Norte Magnético N $75^{\circ}31'42.8''$ W
- Angulo Horizontal $161^{\circ}57'46.5''$ a partir de:
 - Punto Atrás: AUX-2,.
 - Estación Equipo Punto: F-1
 - Punto adelante: Tope (centro) del recorte

A partir de estos puntos de control (AUX-2 y F-1) se está realizando el control de dirección del Recorte continuamente y se está colocando los respectivos tarugos de dirección con equipo topográfico, para que el perforista y su ayudante puedan trazar y llevar correctamente la dirección y gradiente de 0.5%.



**FIG. 40 ALINEAMIENTO DE TARUGOS
FUENTE: PROPIA**

La sección del Recorte es 2.20 m de ancho y 2.40 m de alto, además considerando en la sección recomendada la construcción de la cuneta para que no tener inconvenientes con el desagüe de la mina con una eficiencia de voladura del 90%, Longitud de la barra de 1.80 m, con 23 disparos/mes se había estimado un avance mes de 37.26 m.l. y culminar con los 205 m.l hasta mes de Marzo 2013. El recorte tiene armado la línea decauville de 50 Lb/yd en una longitud de 98 m.l., dos cambios de 40 Lb/Yd con una trocha de 0.60 m.



**FIG: 41 DIMENSION DE LABOR DE RECORTE
FUENTE: PROPIA**

A partir de estos 3 puntos de control se está controlando la dirección del recorte con equipo topográfico y colocando las placas y tarugos de Dirección cada 20m, para que al momento de alinear los mismos él perforista no tenga inconvenientes en marcar el centro del recorte y en consecuencia llevar la dirección de la galería de acuerdo al Proyecto establecido.

Datos Técnicos en la Ejecución del Recorte:

Datos generales	
Longitud del proyecto XC	205 m
Rumbo	N 75°31'W
Gradiente	0.5%
Ancho	2.20 m
Alto	2.40 m
Sección	5.28 m
Peso específico caja	2.5
Longitud de los taladros	1.80 m
Numero taladros perforados/Tope	26
Eficiencia de voladura	90%
Arranque Efectivo	1.62 m
Metros perforados por dispare	46,8 m
Volumen/disparo	8.55 m ³
Toneladas avance/dispare	13.2 ton
Días trabajados mes	25
Días Disparados	23
Avance estimado mes	37.26 m

TABLA 7 DATOS DE EJECUCION DE RECORTE
FUENTE: PROPIA

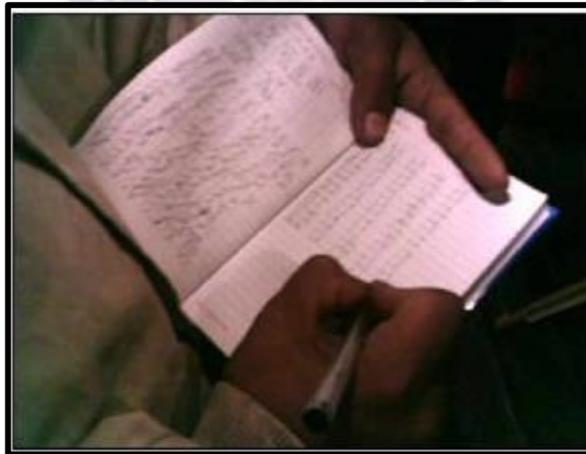
- **FASE 5 (MEDICION EN INTERIOR MINA)**

Con la coordenadas de la cancha mina F-1, F-2 y Aux-2, se realiza la mensura interna en cada supervisión por parte de la brigada topográfica, para este fin en primera instancia no se utilizaban equipos electrónicos a excepción del estación total, la medición se basaba con métodos tradicionales (winchas, flexor , cuaderno de apuntes, cordón y trabas o ganchos), la metodología consistía en proporcionar datos en coordenadas UTM, altura y ángulo entre ambos tarugos, para la mensura a detalle se

utilizan un lienzo de tarugo a tarugo y wincha, a cada 2 metros se media con flexor la nomenclatura de arriba, abajo, derecha e izquierda transcribiendo las medidas en un cuaderno de apuntes, esto para el mayor detalle del recorte y así sucesivamente para los siguientes tarugos en adelante.



**FIG.: 42 TOMA DE DISTANCIA DE TARUGO A TARUGO
FUENTE: PROPIA**



**FIG.: 43 TOMA DE DATOS DE LA SECCION
FUENTE: PROPIA**

La utilización de equipos electrónicos que sirvió para la medición en superficie e interior mina se contó con Estación Total, distanciómetro, colector GNSS.

El uso de la estación total proporciona el cálculo de coordenadas y distancias e inclusive cálculo áreas al instante, reiterando que el método AIDAA significa adelante izquierda, derecha, arriba y abajo y al ser empleado en el proyecto desarrollado aminoró el personal de apoyo topográfico por el uso de los equipo electrónicos, se obtuvo las

coordenadas de los tarugos y el alineamiento una vez obtenido los datos de los tarugos colocamos las plomada en un tarugo y con la ayuda del láser del distanciometro obtenemos la distancia de tarugo a tarugo y cada 2 metros medimos empleamos el método AIDAA (arriba abajo derecha e izquierda) y todos los datos se guardaron en la memoria del distanciometro y por bluetooth se exporto a la computadora portátil , incluido un software de dibujo, y se empiezo al instante a dibujar e inclusive se calculó el volumen de la sección y no así tradicionalmente se almaceno en la memoria del distanciometro posteriormente se exporto al computador para realizar trabajo de gabinete.

El distanciometro utilizado contaba con una memoria de almacenamiento de gran capacidad y con conexión a bluetooth y su transmisión al GNSS hecho que también facilitó el trabajo de campo, concluyendo así con la medio n del recorte de la veta triunfo con un resultado final de 215 mt lineales y continuar con una programación consistente en perforación a diamantinas para la localización exacta de una veta aflorada.



**FIG.44. TOMA DE LECTURA DE DISTANCIOMETRO
FUENTE: PROPIA**



**FIG.45. DISTANCIA IZQUIERDA
FUENTE: PROPIA**



**FIG.46. DISTANCIA ABAJO
FUENTE: PROPIA**



**FIG.47. DISTANCIA DERECHA
FUENTE: PROPIA**



**FIG.48. DISTANCIA ARRIBA
FUENTE: PROPIA**



**FIG. 49. DISTANCIA ADELANTE
FUENTE: PROPIA**



**FIG.50 TOMA DE DISTANCIA AL PUNTO
FUENTE: PROPIA**

FASE 6 (REPETICIONES DE MEDICION)

Paulatinamente a cada supervisión que se realizó la brigada de topografía, se hacia la medición correspondiente al avance del perforista con el método AIDAA en el menor tiempo posible, y así adelantar los trabajos de perforación a dinamita y evitar los resgos que podrían presentarse debido al exceso de gas concentrado y o derrumbes en interior mina.

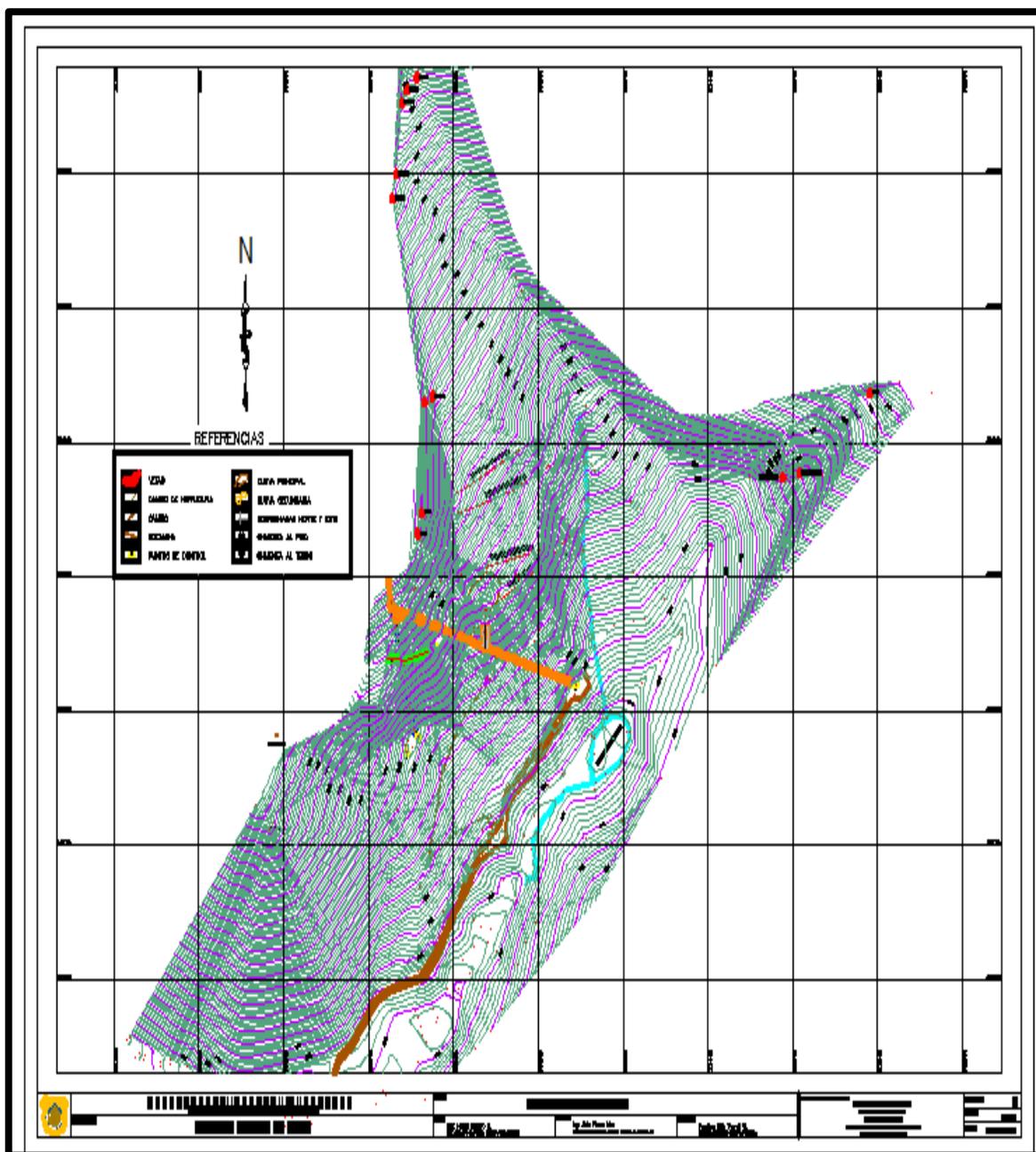


FIG. 51 PLANO TOPOGRAFICO FINAL
FUENTE: PROPIA

IV. 3.a.1 COMPARACION DE METODOS

LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO A INTERIOR MINA		
METODOS	AIDAA	TRADICIONAL
TIEMPO	2 DIAS/244 ML.	4 DIAS / 244 ML.
PERSONAL MINERO	1	3
INSTRUMENTO	DISTANCIOMETRO	TAQUIMETRO
	ESTACION TOTAL	ESTACION TOTAL
		WINCHA
		FLEXOR
		LIBRETA DE CAMPO
HARDWARE	COLECTOR, PC PORTATIL	PC PORTATIL
SOFTWARE	AUTO CAD	AUTO CAD, ARCGIS

TABLA 8 CUADRO COMPARATIVO
FUENTE: PROPIA

IV.3.b.-TRABAJO EN GABINETE

- **FASE 1 INFORMES Y PLANOS**

El dibujo de planos e informes se lo realizó en las oficinas centrales de la ciudad de La Paz, dentro de los tres días siguientes a la visita de supervisión, trabajos que eran conjuncionados con los informe del área geológica y minera y verificada por el Director de Proyectos antes de ser remitida a Gerencia de Operaciones.



FIG.52. TRABAJO DE GABINETE
FUENTE: PROPIA

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

V.1 CONCLUSIONES

Mediante el anterior trabajo desarrollado se buscó dar a conocer en primer lugar, que ya sea prestar servicios en empresas privadas o estatales se aplican los conocimientos aprendidos gracias a los docentes de la carrera y se va creando una experiencia laboral amplia de acuerdo a las circunstancias que se presenten e incluso en situaciones que nos llevan a descubrir o escudriñar en nuevas y optimas formas para desempeñarnos como profesionales.

Por otro lado una revisión y actualización de conceptos topográficos y mineros que se amplían al desarrollo del trabajo así como un breve marco jurídico ayudaran a los lectores del trabajo poder comprender el desarrollo del mismo.

Finalmente con la elección de la metodología AIDAA con el uso de herramientas digitales para llevar a cabo el levantamiento topográfico del recorte Triunfo de Marne y de acuerdo a los resultado obtenidos se ha cumplido con los objetivos planteados tanto el objetivo general como los objetivos específicos que a continuación se sintetiza:

- Dentro de mi experiencia propia este método coadyuvó en gran manera a la exploración minera de un área estatal pues acorto tiempo para efectuar una perforación segura y además disminuir los gastos emergentes de la contratación de mayor personal de apoyo para el levantamiento topográfico del recorte “Triunfo de Marne” con un total de 244ml efectuados
- Esta metodología acorto el tiempo que se empleaba de medición, ya que una vez concluido el recorte del área, la medición final efectuada se consiguió en un lapso de dos días ya que empleando el método tradicional de hubiese demorado unos 4 días más aproximadamente.
- Así mismo en cuanto al personal de apoyo (alarifes mineros) empleado se precisó solo contar con uno sólo a diferencia de que con el método tradicional se

empelarían 3 o más colaboradores.

- Por otro lado gracias a los instrumentos digitales como el distanciómetro y GNSS de nueva tecnología la información recolectada fue de mayor precisión de fácil manejo y permite una traslación de datos de un equipo digital a otro, lo que asegura que los datos serán difícilmente distorsionados.

Por lo que podemos concluir que se han alcanzado los objetivos planteados y que han sido plasmado de manera clara y concisa en el desarrollo del presente trabajo teniendo como base un caso real y que puede ser aplicado fácilmente en el mediciones subterráneas, más cabalmente en la minería ya que es una actividad muy común en el occidente del el país.

V.2 RECOMENDACIONES

Como es sabido un ser humano nunca deja de aprender, por lo que a quienes pueda facilitarles el empleo de la metodología AIDAA dentro de su área laboral deben y /o debemos experimentar continuamente su eficacia con los nuevos aparatos de medición y equipos de computación que van inventando cada día, volviéndonos profesionales proactivos y dinámicos que podamos aportar no sólo en el ámbito nacional sino internacional.

Por último y no menos importante es menester que cada profesional cumpla con responsabilidad y probidad su trabajo para dar cumplimiento al plan de desarrollo nacional y mejora la calidad de vida de los bolivianos que va de la mano de su desarrollo, ya sea desde un ámbito público o privado.

BIBLIOGRAFÍA

- Bedregal Guillermo, (1998), COMIBOL Una historia ÉPICA, Fondo Editorial de los Diputados, La Paz-Bolivia.
- Centro de Estudios Minería y Desarrollo CEMYD, (1990), Desempeño y Colapso de la Minería Nacionalizada en Bolivia, Edit. Imprenta Corcel, La Paz – Bolivia,.
- Constitución Política del Estado plurinacional de Bolivia 2009. Gaceta Jurídica La Paz-Bolivia
- Curso de Minería y Medio Ambiente (EXPLORACIONES MINERAS) Disponible en:
- <http://www.uclm.es/users/higueras/MAM/index.htm> septiembre 2015
- Dávila Oscar (1999), Espirales de Viento, Historia Novelada de la Minería del Estaño en Bolivia, Muela del Diablo Editores, Primera Edición, La Paz-Bolivia.
- Estruch Serra, M y Tapia, Gómez, A (1990), Topografía Subterránea para minería y obras. Ediciones UPC
- Fases de la minería (Exploraciones Mineras) Disponible en:
<http://www.geovirtual2.cl/EXPLORAC/TEXT/01000i~1.htm> - septiembre 2015
- Fernández Fernández, L. 1998 ,Topografía Minera. Edit. Universidad de León. Madrid-España.
- Geometría descriptiva a la minería Disponible en:
<http://www.di.ugto.mx/minas/Materias/Geometr%C3%ADa%20Descriptiva/Literatura/G.D%20Enrique%20Montes/GD%20Montes.compressed.pdf>/ octubre 2015
- Instrumentos Topográficos Disponible en:
<http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/lnova/Archivos/FORMATO-PDF/CAPITULO-2.pdf>/octubre 2015
- Levantamientos Topográficos Disponible en:
http://www.upct.es/~minaees/topografia_minera.pdf/septiembre 2015
- LEY N° 3720, (2007) Gaceta Jurídica La Paz Bolivia
- Ley de Minería y Metalurgia N° 535 (2014) Gaceta jurídica La Paz Bolivia.
- Nabor Ballesteros, (1990) Topografía Clásica editorial México-DF.
- Serrano Bravo Carlos (2004) Historia De La Minería Andina Boliviana (Siglos XVI-XX) publicado por consultoría en la UNESCO Potosí -Bolivia.
- Topografía Basica Disponible en:
<http://www.albireotopografia.es/topografia-basica-iii-la-forma-de-la-tierra/>octubre 2015

