

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE TOPOGRAFÍA Y GEODESIA**



**EXAMEN DE GRADO**

**Nivel Licenciatura**

**“CONTROL HORIZONTAL, OBSERVACION, CALCULO Y COMPENSACION POR MINIMOS CUADRADOS DE UNA POLIGONAL CERRADA, MINIMO OCHO LADOS CON DETALLE, SALAR DE UYUNI”**

**DEPARTAMENTO DE POTOSI**

**Postulante:** Univ. Jorge Luis Espejo Quispe

**Tribunal:** Lic. Jaime Silva Mollinedo

Lic. Richard Salazar Espinoza

Lic. Luis Elizardo Mamani Mamani

La Paz – Bolivia

2016

### **Agradecimiento**

A DIOS por darme vida y salud, a mis padres, hermanos, esposa e hijos por brindarme su apoyo incondicional, a mis docentes de la carrera de Topografía y Geodesia (UMSA) por la alta enseñanza que me brindaron en mi formación profesional, a mis amigos y compañeros por la lealtad hermandad y sinceridad

### **Dedicatoria**

Dedico este esfuerzo a toda mi familia en especial a mis padres, mi esposa e hijos que han sido mi apoyo y mi fortaleza en mi estudio, a todos los docentes de la carrera de Topografía y Geodesia (UMSA)

## **Resumen del trabajo**

El presente trabajo de aplicación se realizó en el departamento de Potosí en la provincia Antonio Quijarro, municipio de Uyuni, exactamente en el salar de Uyuni en el cual se realizó la poligonal con puntos de control establecidos por el Servicio Nacional de Aerofotogrametría.

El presente trabajo tiene por objetivo fundamental realizar una poligonal de 11 puntos, posteriormente realizar el ajuste de datos mediante un control horizontal, la observación calculo y compensación por el método de mínimos cuadrados, el desarrollo de campo y gabinete nos mostrara el alcance que tiene dicho método y su aplicación en posteriores trabajos.

Al mismo tiempo realizar una comparación con coordenadas PTL (Plano Topográfico Local), la categoría del presente trabajo e encuentra dentro del segundo orden topográfico, tanto en cierre angular como lineal.

## ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN .....	7
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
3. JUSTIFICACIÓN .....	7
4. OBJETIVOS .....	8
4.1. OBJETIVO GENERAL .....	8
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	8
5. UBICACIÓN – LOCALIZACIÓN .....	8
6. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	9
7. FUNDAMENTO TEÓRICO.....	10
7.1. GEODESIA .....	9
7.1.1. SISTEMA DE REFERENCIA.....	9
7.1.2. GEOREFERENCIA .....	9
7.1.3. DATUM .....	9
7.1.4. COORDENADAS GEODESICAS .....	10
7.1.5. CORRECCION GEOMETRICA .....	10
7.1.6. FACTOR DE ESCALA (k).....	11
7.1.7. FACTOR DE ELEVACION (Fe).....	11
7.1.8. FACTOR COMBINADO (Fc) .....	11
7.1.9. GEODESIA SATELITARIA .....	11
7.1.10. GPS (SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL) .....	11
7.1.11.RECEPTORES GPS .....	11
7.1.12. CLASIFICACION .....	12
7.2.COORDENADAS UTM .....	14
7.2.1. PROYECCION CILINDRICA .....	13
7.2.3. CUADRICULA UTM .....	13
7.3.TOPOGRAFÍA.....	15
7.3.1.CLASIFICACION DE ANGULOS.....	14
7.3.2.CLASIFICACION DE SISTEMAS .....	16
7.3.3.POLIGONALES.....	16
7.3.4.TIPOS DE ERRORES .....	18
7.3.4.FUENTES DE ERROR.....	19

CONTROL HORIZONTAL, OBSERVACIÓN, CÁLCULO Y COMPENSACIÓN POR MÍNIMOS CUADRADOS DE UNA POLIGONAL CERRADA, MÍNIMO OCHO LADOS CON DETALLE.

---

7.3.5.CLASES DE ERROR .....	19
7.4.MÍNIMOS CUADRADOS.....	20
7.4.1.AJUSTE DE POLIGONOS .....	20
7.4.2.CIERRE AZIMUTAL .....	21
7.4.3.CIERRE LINEAL .....	21
7.5.PLANO TOPOGRÁFICO LOCAL .....	23
8.DESARROLLO DEL TRABAJO .....	25
8.1.TRABAJO DE CAMPO.....	25
8.1.1.RECONOCIMIENTO .....	24
8.1.2.AMOJONAMIENTO DE PUNTOS .....	24
8.1.3.LEVANTAMIENTO DE DATOS CON ESTACION TOTAL .....	25
8.1.4.INSTRUMENTOS UTILIZADOS .....	26
8.2.TRABAJO DE GABINETE.....	28
8.2.1.CALCULO DE LA POLIGONAL PRINCIPAL .....	28
8.2.2.CALCULO DE AZIMUT DE PARTIDA Y LLEGADA .....	27
8.2.3.DATOS OBTENIDOS EN CAMPO .....	28
8.2.4.ELABORACION DE PLANILLA DE COORDENADAS.....	32
8.2.5.CALCULO DE ERRORES .....	33
8.2.6.TOLERANCIA EN LAS MEDICIONES .....	34
8.2.7.CORRECCION POR EL METODO DE MINIMOS CUADRADOS .....	36
8.2.8.PLANILLA DE COORDENADAS AJUSTADAS (UTM) .....	41
9. CONCLUSIONES .....	43
10. RECOMENDACIONES. ....	43

**CONTROL HORIZONTAL, OBSERVACIÓN CÁLCULO Y COMPENSACIÓN  
POR EL MÉTODO DE MÍNIMOS CUADRADOS DE UNA POLIGONAL  
CERRADA MININO OCHO LADOS CON DETALLE**

**1. INTRODUCCIÓN**

En el campo de la topografía la aplicación de las poligonales ha alcanzado un papel muy importante para el uso de las diferentes obras civiles, como ser carreteras, urbanizaciones y demás.

En estos tipos de trabajos se debe cumplir con una serie de parámetros y tolerancias establecidos por entidades superiores, para poder desarrollar y continuar con la compensación de dichas poligonales.

**2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Gran parte de los trabajos topográficos, apunta en determinar poligonales de precisión para lo cual se realiza mediciones en campo tanto en Angulo y distancia, claramente cada medida parcial estará afectada de un error accidental expresado en la unidad correspondiente (Angulo y distancia) y que la suma de los mismas no dará exactamente los valores teóricos.

Además de realizar poligonales referenciados a un sistema de referencia y que pueda ser utilizada en el ámbito civil, se debe analizar si es necesaria la reducción de la distancia a la superficie donde se realizaran los cálculos geodésicos.

**3. JUSTIFICACIÓN**

La finalidad del presente trabajo es para conocer y comprender el uso correcto de este método, lo cual nos sirve y servirá para realizar levantamientos topográficos de precisión. Que, para tales trabajos se debe realizar el uso indispensable de la corrección, el ajuste y la compensación de errores en la determinación de una poligonal base.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar el control horizontal, observación calculo y compensación por el método de mínimos cuadrados de una poligonal cerrada por ecuaciones de condición.

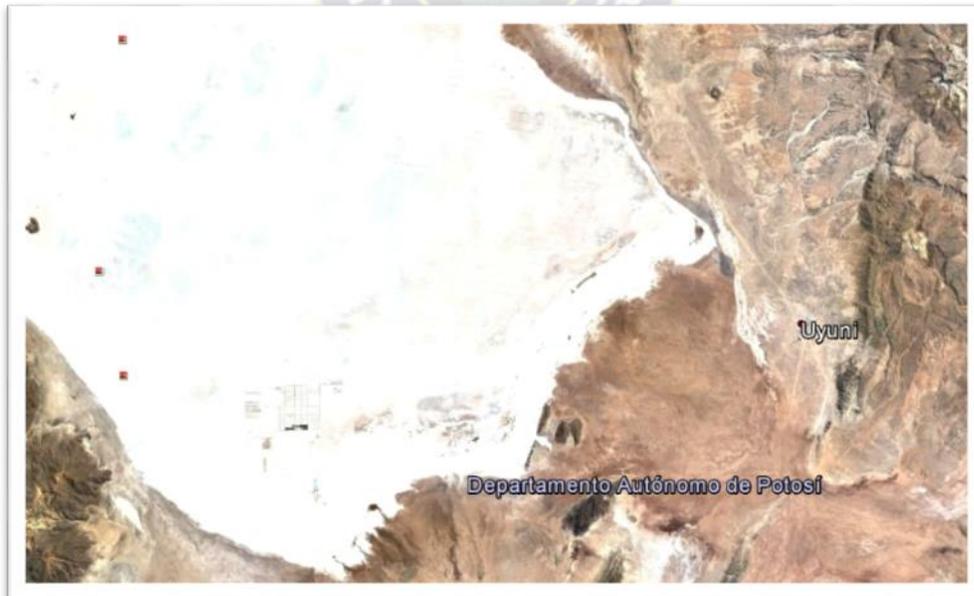
### 4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el levantamiento de datos con Estación Total, como ser ángulos y distancias.
- Realizar una comparación de la poligonal con coordenadas UTM y con coordenadas PTL, utilizando en ambos casos factor combinado 1.
- Comprender la necesidad del uso del método de mínimos cuadrados en el ajuste de una poligonal.
- Determinar las tolerancias y verificar si los errores cometidos en dicho trabajo estén dentro de las tolerancias dadas.
- 

## 5. UBICACIÓN – LOCALIZACIÓN

*Departamento* : *POTOSÍ*  
*Provincia* : *ANTONIO QUIJARRO*  
*Municipio* : *UYUNI*  
*Lugar* : *SALAR DE UYUNI*

*Imagen N°1: Ubicación del trabajo*



*Fuente: Elaboración propia*

## 6. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

*El área de intervención del presente proyecto se encuentra en las siguientes coordenadas geográficas:*

*Ubicación:*

Latitud Sur: 16° 29' S  
Longitud Oeste: 68° 08' W  
Altura: 3652 m.s.n.m.m.



## 7. FUNDAMENTO TEÓRICO

### 7.1. GEODESIA

Geodesia es la ciencia que define la forma y dimensiones de la Tierra, así como el estudio y medida de grandes extensiones, además define la posición de un punto sobre la superficie de la tierra que está determinada por un par de coordenadas geográficas denominadas latitud y longitud. Teniendo en cuenta la curvatura de esta, su representación gráfica constituye la cartografía.

#### 7.1.1. SISTEMAS DE REFERENCIA

Los sistemas de referencia están definidos a partir de consideraciones matemáticas y físicas mediante los cuales especifican los parámetros, puntos de origen, planos, etc.

- **Sistemas de referencias Geodésicos Locales.** - Un sistema geodésico local queda definido por la elección de un elipsoide de referencia y por un punto origen (datum) donde se establece su ubicación en relación con la forma física de la tierra (geoide).
- **Sistemas de referencia Geodésicos Globales.**- Es un sistema de referencia geocéntrico en el centro del elipsoide coinciden con el centro de masas de la tierra este elipsoide de referencia global es el que mejor se adapta al geoide de la tierra.

#### 7.1.2. GEOREFERENCIACIÓN

Procedimiento mediante el cual un objeto, sobre la superficie de la tierra, recibe una localización que identifica su posición espacial con respecto a un punto de coordenadas conocidas o marco de referencia.

#### 7.1.3. DATUM

Datum es un modelo matemático para modelar la forma esférica de la tierra. El modelo óptico es el de un elipsoide de revolución.

En Bolivia se utiliza dos tipos de datum's que son el PSAD-56 (desarrollado para Sud América) se presenta cuando se trabaja con las cartas del Instituto Geográfico Militar y el WGS-84(Sistema Geodésico Mundial).

El datum WGS-84 utiliza un elipsoide centrado en el geocentro, con su utilización es posible localizar precisamente un determinado punto sobre la superficie de la tierra.

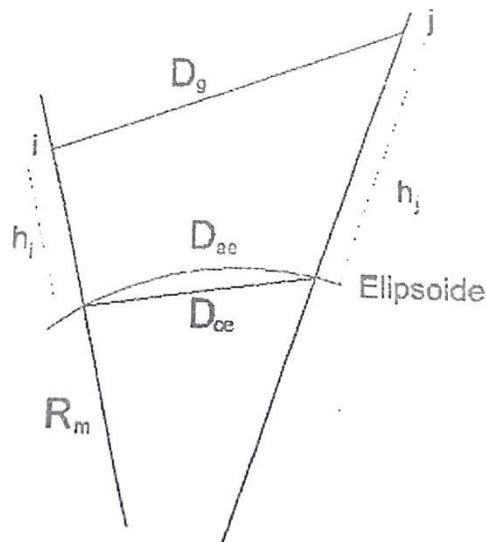
#### 7.1.4. COORDENADAS GEODÉSICAS

- **Latitud ( $\phi$ ).**- Es el ángulo formado entre la normal del elipsoide y el plano del ecuador en un punto cualquiera que se encuentre sobre la elipsoide. Las latitudes se miden de  $0^\circ$  a  $90^\circ$  en sentido Norte (positivo) y Sur (negativo), según la ubicación.
- **Longitud ( $\lambda$ ).**- Es el ángulo diedro formado entre el plano del meridiano origen y el plano del meridiano del lugar. Las longitudes se miden de  $0^\circ$  a  $180^\circ$  a uno y otro lado del meridiano origen, añadiendo la denominación Este o positiva u Oeste o negativa, según la ubicación.
- **Altura Elipsoidal ( $h$ ).**- Es la distancia vertical que se obtiene o se mide a lo largo de la normal al elipsoide; entre el elipsoide y el punto sobre la superficie topográfica.

#### 7.1.5. CORRECCIÓN GEOMÉTRICA

Para realizar trabajos referenciados a un determinado sistema de referencia y que pueda ser utilizada en el cálculo de posiciones o se quiera transformara distancia plana en algún sistema de proyección es necesario realizar la reducción de la distancia inclinada con (corrección atmosférica). A la superficie donde se realizarán los cálculos geodésicos.

Figura N° 1: corrección geométrica



Fuente: Forocartesia.org

### 7.1.6. FACTOR DE ESCALA (k)

Multiplicador utilizado principalmente en los sistemas de proyección conformes para convertir distancias del elipsoide en distancias sobre el plano y viceversa.

$$k = k_0 \left[ 1 + P^2 \cdot \frac{1}{2} \cos \varphi^2 \cdot \sin 1''^2 \cdot (1 + n^2) \cdot 10^8 \right]$$

### 7.1.7. FACTOR DE ELEVACIÓN (Fe)

Factor que influye de gran manera en la medida de distancias en superficies elevadas tal como se encuentra en el municipio de uyuni.

$$F_e = \frac{RM}{RM + H_M}$$

Dónde:  $R_M = \sqrt{M * N}$   $H_M = \frac{H_A + H_B}{2}$

### 7.1.8. FACTOR COMBINADO (Fc)

Resultado de combinar un factor de escala y un factor de elevación que multiplicado por la distancia horizontal medida en la superficie nos determina la distancia proyectada lo cual es expresada mediante.

$$F_c = k * F_e$$

Dónde:

Fc: factor combinado

K: factor de escala

Fe: factor de elevación

### 7.1.9. GEODESIA SATELITARIA

Es una rama de la geodesia que tiene como finalidad determinada la posición tridimensional de puntos ubicados sobre la superficie de la tierra, valiéndose para ello de la recepción de señales satelitales ubicados en el espacio.

### 7.1.10. GPS (Sistemas de Posicionamiento Global).

Es un sistema de localización geográfica de puntos sobre la superficie de la tierra basado en posiciones de satelitales, con una exactitud que varía, dependiendo de la calidad del receptor GPS y la técnica que se utilice en la medición.

Este instrumento fue desarrollado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos el año 1973 con uso restringido; a partir del año 1993 se declara totalmente operable para el uso civil.

El GPS ha mejorado en cuanto a precisión y actualmente se tiene bastantes aplicaciones.

### 7.1.11. RECEPTORES GPS

Los equipos que se utilizan de las aplicaciones topográficas y geodésicas constan de los siguientes elementos:

- **ANTENA GPS:** Recibe y amplifica la señal recibida de los satélites.
- **RECEPTOR GPS:** Ordenador que decodifica la señal recibida por la antena y registra las observaciones.
- **TERMINAL:** Es una interface de usuario que permite conocer el estado de la recepción, proceso de cálculo.

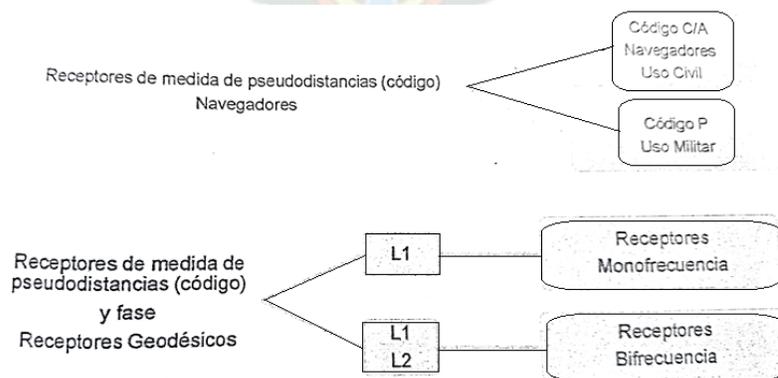
### 7.1.12. CLASIFICACIÓN

Si los clasificamos en función del observable que emplean para determinar la posición del punto, distinguimos entre receptores de medida de pseudodistancias (código), que son los navegadores y los receptores de medida de pseudodistancias y fase (receptores geodésicos).

Los receptores también se pueden clasificar en receptores que registran la frecuencia L1 (código C/A), o bien registran conjuntamente las frecuencias L1 y L2 (receptores bifrecuencia).

Un esquema general sería el siguiente

Receptores de medida de pseudodistancias (código)



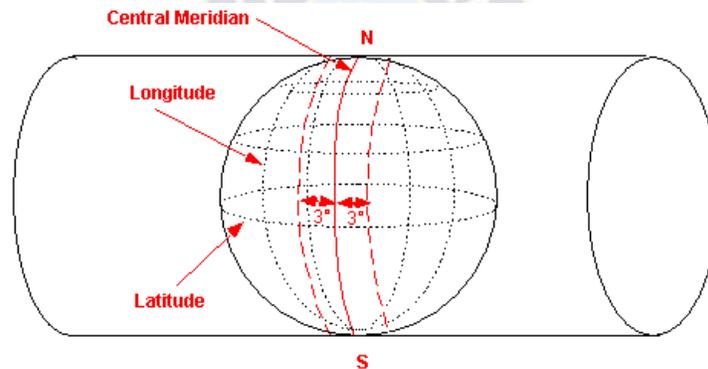
## 7.2. COORDENADAS UTM

Es una de las proyecciones más conocidas. Fue introducido en el año 1569, como un elemento ideado para la navegación náutica. Llamada UTM en honor al famoso matemático y geógrafo Holandés Gerhard Kremer, más conocido como Mercator.

### 7.2.1. PROYECCIÓN CILÍNDRICA

Es una proyección que se utiliza sobre cuerpos desarrollables (cuerpos geométricos). Al hacer un cilindro secante al globo fue con un propósito, que dentro la longitud del área de secancia se proyecte los territorios de manera conforme.

Figura N° 2: proyección UTM



Fuente: Nociones de Cartografía

### 7.2.2. CUADRICULA UTM

- Se llama cuadrícula al sistema de coordenadas rectangulares ortogonales que permiten determinar posiciones, calcular distancias y direcciones en un mapa.
- Consiste en dividir el elipsoide terrestre en 60 zonas norte-sur de  $6^\circ$  de amplitud en longitud cada una.
- Cada zona con su respectivo meridiano central.
- La coordenada norte (N) tiene como origen un punto ubicado a 10.000.000 m. del ecuador valor conocido como “falso norte” el cual no coincide con el polo.
- El sistema de abscisas se sitúa a 500.000 m. al este y menos 500.000 m. al Oeste del meridiano central para cada uso, por lo tanto, habrá 60 puntos en todo el mundo con las mismas coordenadas CUTM.
- La escala del meridiano central viene multiplicada por 0,9996 a fin de reducir deformaciones en los extremos.

### 7.3. TOPOGRAFÍA

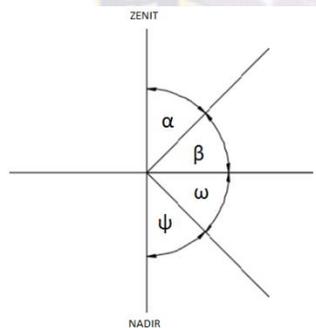
La topografía es una ciencia que se encarga de determinar las posiciones relativas o absolutas de los puntos sobre la tierra, así como la representación en un plano de una porción (limitada) de la superficie terrestre. En otras palabras, la topografía estudia los métodos y procedimientos para determinar las mediciones sobre el terreno y su representación gráfica a una escala determinada.

De todo lo dicho se deduce que la Topografía es el estudio de los métodos necesarios para llegar a representar un terreno con todos sus detalles naturales o creados por la mano del hombre, así como el conocimiento y manejo de los instrumentos que se precisan para tal fin.

#### 7.3.1. CLASIFICACIÓN DE ÁNGULOS

##### 7.3.1.1. ÁNGULOS VERTICALES

Se miden sobre el plano vertical, el punto que se encuentra en la vertical que se encuentra sobre nosotros es el Cenit y el punto que se encuentra en la vertical bajo nosotros es el Nadir (contrario al Cenit) los ángulos verticales son: el ángulo cenital, ángulo nadiral, ángulo de elevación y ángulo de depresión.



Dónde:

$\alpha$ : Ángulo cenital

$\beta$ : Ángulo de elevación

$\omega$ : Ángulo de depresión

$\psi$ : Ángulo nadiral

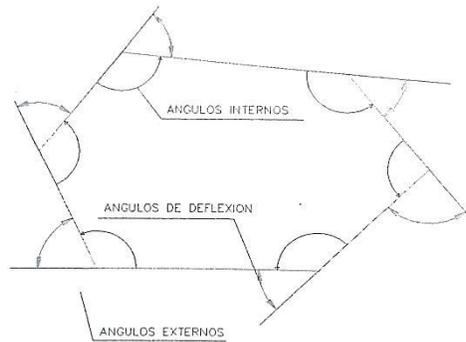
Fuente: Elaboración propia

##### 7.3.1.2. ÁNGULOS HORIZONTALES

Una poligonal en topografía se entiende como una sucesión de alineamientos, que puede ser abierta o cerrada y que sirven de esquema geométrico de referencia para los levantamientos topográficos. En cada uno de los vértices se pueden medir tres tipos de ángulos:

- **ÁNGULOS DE DERECHA:** Son los ángulos medidos en el sentido horario o de las manecillas del reloj, los cuales se consideran de signo positivo, ya que tienen el mismo sentido del azimut.
- **ÁNGULOS DE IZQUIERDA:** Son los ángulos medidos en sentido antihorario o contrario al de las manecillas del reloj. Se consideran de signo negativo por ir en sentido contrario al azimut.

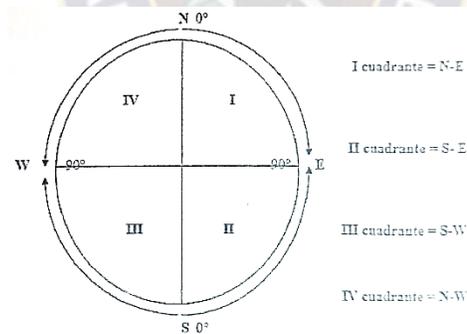
- **ÁNGULOS DE DEFLEXIÓN O DE GIRO:** Son los ángulos medidos entre la prolongación del alineamiento anterior y el alineamiento siguiente y puede ser de sentido izquierdo (-) o derecho (+).  
Mientras que los ángulos de derecha e izquierda están entre  $0^{\circ}$  y  $360^{\circ}$ , los ángulos de deflexión o de giro están entre  $0^{\circ}$  y  $180^{\circ}$ .



Fuente: elaboración Propia

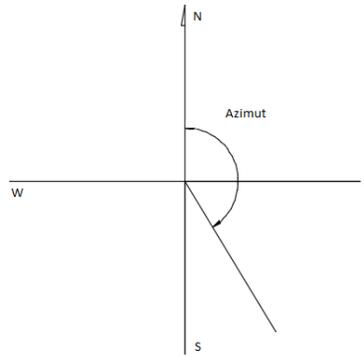
### 7.3.1.3. ÁNGULOS DE DIRECCIÓN

- **RUMBOS:** Es el ángulo agudo horizontal formado desde el norte magnético o norte geográfico y una dirección de la línea. El ángulo se mide a partir del Norte o del Sur hacia el Este o el Oeste y varía desde  $0^{\circ}$  a  $90^{\circ}$ .



Fuente: Topografía Básica

- **AZIMUT:** Es el ángulo horizontal que se miden en el sentido de las agujas de las manecillas del reloj, ya sea a partir del norte geográfico o norte magnético, los mismos varían de  $0^{\circ}$  a  $360^{\circ}$ .



Fuente: Elaboración propia

Para la obtención del azimut de un vértice siguiente se utiliza la siguiente fórmula.

$$\text{Az. Nuevo} = (\text{Az. Anterior} + \text{Angulo Horizontal}) \pm 180$$

### 7.3.2. CLASIFICACIÓN DE DISTANCIAS

#### 7.3.2.1. DISTANCIA NATURAL

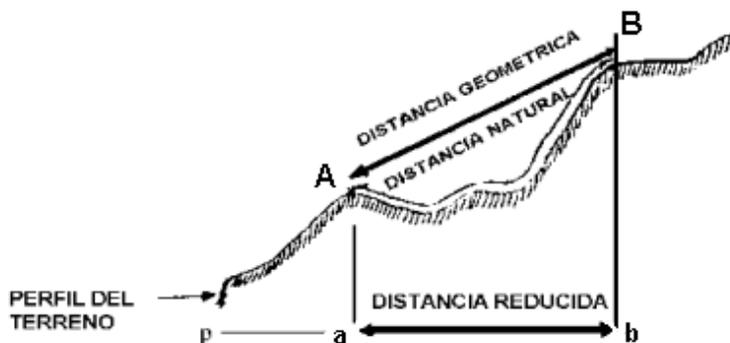
Distancia que existen entre dos puntos sobre el terreno.

#### 7.3.2.2. DISTANCIA GEOMÉTRICA

Comúnmente conocido como distancia inclinada es la distancia que existe entre dos puntos medida en línea recta.

#### 7.3.2.3. DISTANCIA REDUCIDA

Es la proyección de la distancia geométrica sobre un plano de proyección.



Fuente: <http://detopografia.blogspot.com>

### 7.3.3. POLIGONALES

Un poligonal es una sucesión de líneas, conectadas entre sí en los vértices. Para determinar la posición de los vértices de una poligonal en un sistema de

coordenadas rectangulares planas, es necesario medir el ángulo horizontal en cada uno de los vértices y la distancia horizontal entre vértices consecutivos.

El uso de poligonales es uno de los procedimientos topográficos más comunes. Se usan generalmente para establecer puntos de control y puntos de apoyo para el levantamiento de detalles y elaboración de planos.

En forma general, las poligonales pueden ser clasificadas en:

### 7.3.3.1. POLIGONALES CERRADAS

En las cuales el punto de inicio es el mismo punto de cierre, proporcionado por lo tanto control de cierre angular y lineal.

Condición que debe cumplir en cuanto a ángulos internos es la siguiente:

$$\sum \angle \text{ang. internos} = 180^\circ(n - 2)$$

Dónde:  $n$  = número de lados

Por otro lado, si se cuentan con ángulos externos de polígono cerrado debe cumplir la siguiente condición:

$$\sum \angle \text{ang. externos} = 180^\circ(n + 2)$$

Dónde:  $n$  = número de lados

Dada estas ecuaciones en poligonales cerradas se pueden compensar los errores angulares.

Para hallar el error lineal se utiliza la siguiente formula:

$$\text{Error Lineal} = \sqrt{(\text{Error } x)^2 + (\text{Error } y)^2}$$

Dónde:

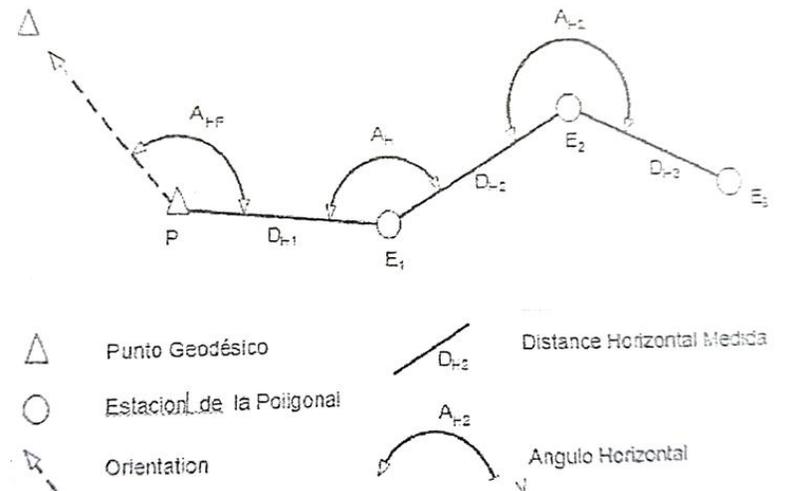
Error  $x$ = es la sumatoria entre positivos y negativos en las coordenadas parciales  $x$ .

Error  $y$ = es la sumatoria entre positivos y negativos en las coordenadas parciales  $y$ .

También podemos determinar las diferente  $v$  de las coordenadas parciales realizando la diferencia entre las coordenadas de llegada al punto de control.

### 7.3.3.2. POLIGONALES ABIERTAS

De enlace con control de cierre en las que se conocen las coordenadas de los puntos inicial y final y la orientación de las alineaciones inicial y final, siendo también posible efectuar los controles de cierre angular y lineal.



Fuente: Elaboración propia

Su cierre angular está determinado por la siguiente fórmula:

$$Az. final - Az. inicial = \sum \angle Ang. horizontales - 180^\circ(n + 2)$$

Dónde:

n= número de vértices más el cierre.

Su cierre lineal está dado por la diferencia de coordenadas de llegada

Su cierre lineal está dado por la diferencia de coordenadas de llegada hacia el punto de control y se calcula con la fórmula:

$$Error Lineal = \sqrt{(Error x)^2 + (Error y)^2}$$

### 7.3.4. TIPOS DE ERRORES

Las medidas o magnitudes reales en los levantamientos topográficos no existen, son medidas o magnitudes probables.

Al referirnos a las medidas es importante distinguir entre **exactitud y precisión**.

- **Exactitud.** - Es una absoluta aproximación a sus verdaderos valores de las cantidades medidas o el grado de conformidad con un patrón.
- **Precisión.** - Se refiere al grado de refinamiento o consistencia de un grupo de mediciones y se evalúa con base en la magnitud de las discrepancias. El grado de precisión depende de la sensibilidad del equipo empleado y de la habilidad del observador.

### 7.3.5. FUENTES DE ERROR

- **Errores Instrumentales.** - Se originan por imperfecciones o ajustes defectuosos de los instrumentos con que se toman las medidas.
- **Errores Personales.** - Se producen por falta de habilidad del observador para manejar los instrumentos.
- **Errores Naturales.** - Se debe a las variaciones de los fenómenos de la naturaleza como son: la gravedad, temperatura, presión atmosférica, humedad, viento, etc.
- **Errores Groseros.** - Son aquellos que se dan por equivocación o distracción o por mala utilización de los instrumentos, por ejemplo; pasar mal los datos a la libreta de apuntes, entre otros.

### 7.3.6. CLASES DE ERROR

- **Errores sistemáticos.** - Para condiciones de trabajo fijo, en el campo son constantes y del mismo signo, por lo tanto, son acumulativos; siguen una ley definida matemática o física y se pueden determinar, así como corregir aplicando métodos matemáticos en el trabajo de campo o aplicando correcciones a las medidas.
- **Errores accidentales.** - Se deben a una combinación de causa que no alcanza el observador a controlar. Para cada observación la magnitud y el signo algebraico del error dependen del azar y no pueden determinarse.

Como todos los errores accidentales tienen las mismas probabilidades de ser **POSITIVOS (+)** que **NEGATIVOS (-)** existe cierto efecto compensador, solo se puede reducir por medio de un mayor cuidado en las medidas y aumentando el número de ellos.

## 7.4. MÍNIMOS CUADRADOS

La compensación de datos Topográficos está basada en los mínimos cuadrados que indica, que la sumatoria de los cuadrados de los errores aparentes sea mínimo.

$$V_1^2 + V_2^2 + V_3^2 + \dots + V_n^2 = \min \Rightarrow \sum_{i=1}^n V_i^2 = \min$$

La probabilidad de aparición de errores aparentes se determina por la ecuación de probabilidades.

$$Y = \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 v^2}$$

(Ecuación de la curva normal de gauss)

La probabilidad simultánea de que se produzca un conjunto particular de medidas es el producto de sus probabilidades individuales.

Si  $V_1, V_2, \dots, V_n$ , residuales e  $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$ , sus probabilidades

$$Y_s = Y_1 * Y_2 * Y_3 * \dots * Y_n$$

$$Y_s = \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 v^2} \dots \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 v^2} \dots \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 v^2}$$

$$Y_s = \left(\frac{h}{\sqrt{\pi}}\right)^n e^{-h^2(v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_n^2)}$$

Para esta acción sea máxima, la expresión  $V_1^2 + V_2^2 + \dots + V_n^2$  debe ser mínima porque esta suma forma parte del exponente negativo por lo tanto la sumatoria.

$$\sum_{i=1}^n V_i^2 = Min$$

Cuando las observaciones son ponderadas los mínimos cuadrados serán:

$$\sum_{i=1}^n P_i V_i^2 = Min$$

#### 7.4.1. AJUSTES POLIGONALES

Para la corrección de los polígonos se hace uso de un cierre azimut y un cierre lineal.

#### 7.4.2. CIERRE AZIMUT

Debemos hallar los azimuts en cada uno de los vértices, en este caso realizaremos para cuatro vértices.

$$\alpha_1 = \alpha_1 + \theta_1 - 180^\circ + V_{\alpha_1}$$

$$a_2 = \alpha_2 + \theta_2 - 180^\circ + V_{\alpha_2}$$

$$a_3 = \alpha_3 + \theta_3 - 180^\circ + V_{\alpha_3}$$

$$a_4 = \alpha_4 + \theta_4 - 180^\circ + V_{\alpha_4}$$

Sumando las ecuaciones:|

$$a_f = \alpha_1 + \sum_{i=1}^4 \theta_i - 4 \times 180^\circ + V_{\alpha_1} + V_{\alpha_2} + V_{\alpha_3} + V_{\alpha_4}$$

$$a_f - \left( \alpha_1 + \sum_{i=1}^4 \theta_i - 4 \times 180^\circ \right) = V_{\alpha_1} + V_{\alpha_2} + V_{\alpha_3} + V_{\alpha_4}$$

Generalizando:

$$a_f - \left( \alpha_1 + \sum_{i=1}^n \theta_n - n \times 180^\circ \right) = V_{\alpha_1} + V_{\alpha_2} + V_{\alpha_3} + \dots + V_{\alpha_n}$$

### 7.4.3. CIERRE LINEAL

Nos basaremos en las coordenadas parciales.

$$\Delta x = d \sin Az$$

Diferenciando:

$$\Delta x = \Delta y d Az + \frac{\Delta x}{d} dD$$

$$(x - x') = (y - y') d Az + \frac{(x - x')}{d} dD$$

Ahora diferenciamos las coordenadas parciales Norte.

$$\Delta y = d \cos Az$$

Diferenciando:

$$\Delta y = \Delta x d Az + \frac{\Delta y}{d} dD$$

Reemplazando:

$$(y - y') = (x - x')dAz + \frac{(y - y')}{d} dD$$

En forma general tendremos:

$$(x_n - x'_n) = \sum_{i=1}^n (y - y')V_{Az} + \frac{(x_{i+1} + x'_i)}{d_i} V_d$$

$$(y_n - y'_n) = \sum_{i=1}^n (x - x')V_{Az} + \frac{(y_{i+1} + y'_i)}{d_i} V_d$$

Con la ayuda de las matrices se hallarán las correcciones:

$$V = P^{-1} * A^T * (A * P^{-1} * A^T)^{-1} * B$$

Dónde:

V= Matriz de Correcciones

P= Matriz de Pesos

B= Matriz de diferencia de coordenadas y distancias

W= Matriz de errores angulares y lineales

## 7.5. PLANO TOPOGRÁFICO LOCAL

### 7.5.1. CONCEPTUACIÓN DEL PLANO TOPOGRÁFICO LOCAL

El PTL es el sistema de presentación, en un plano, de las posiciones de los puntos de un levantamiento topográfico en cuanto a un origen de coordenadas geodésicas conocidas. En este sistema, todos los ángulos y distancias de las operaciones topográficas obtenidos desde los puntos del levantamiento topográfico, son tenidos como proyectados en real grandeza sobre un plan tangente a la superficie de referencia (elipsoide de referencia) del sistema geodésico adoptado, en el origen, donde las coordenadas geodésicas son conocidas.

Esto es decir que hay una coincidencia de la superficie de referencia con el plan tangente al mismo origen del sistema, donde no se lleva en cuenta la curvatura terrestre. Esta abstracción solo es válida para levantamientos topográficos realizados en áreas relativamente pequeñas de superficie terrestre, desde que los errores obtenidos desde esta hipótesis no superen los errores originados para los puntos obtenidos desde operaciones topográficas de posicionamiento.

### 7.5.2. ÁREA DE COBERTURA DEL SISTEMA

El área de cobertura del sistema topográfico local es dada en función de la precisión requerida para el posicionamiento obtenido con uso del levantamiento topográfico y del error generado con la no consideración de la curvatura terrestre, la cual es función de la distancia del punto más lejos de la región del proyecto en cuanto al origen del sistema.

Los valores adecuados a las dimensiones radiáis al origen de acuerdo con el área de cobertura del sistema son en general: 80 km para un error relativo máximo de 15K; Para una cartografía con cobertura municipal: cerca de los 70 km corresponde a un error relativo máximo de 20K; Ya para una cartografía en áreas urbanas y especiales: cerca de 35 km, lo que corresponde a un error relativo máximo de 100K; Estos valores pueden ser reducidos en función del relieve del terreno. Las altitudes en la mayoría de los puntos del terreno, de acuerdo con su configuración y la finalidad del levantamiento topográfico, no pueden desplazar más que  $\pm 150$  m de la altitud media del terreno.

Tanto para los casos de valores adecuados a la determinación del área de cobertura del sistema como de sus reducciones en función del relieve del terreno, nuevos planes tangentes ha que ser establecidos, constituyendo sistemas topográficos local distintos orígenes. Cada uno de estos distintos, sistemas topográficos ha que estar conectados uno con otro por medio de puntos comunes y que contengan coordenadas geodésicas conocidas.

## **8. DESARROLLO DEL TRABAJO**

### **8.1. TRABAJO DE CAMPO**

#### **8.1.1. RECONOCIMIENTO**

Se realizó la inspección directa en el terreno para determinar la poligonal principal y la ubicación de las estaciones inservibles entre sí.

Fotografía N° 1: Reconocimiento en campo



Fuente: Elaboración propia

#### **8.1.2. AMOJONAMIENTO DE PUNTOS**

Se procedió a la materialización de los vértices de la poligonal, con material de concreto prefabricado difícil de remover y confundir, los puntos de partida y llegada ya se encontraban materializados anteriormente por el Servicio Nacional de Aerofotogrametría, denominados P-015CM Y P-016CM de partida y P-017CM Y P-18CM de llegada.

CONTROL HORIZONTAL, OBSERVACIÓN, CÁLCULO Y COMPENSACIÓN POR MÍNIMOS CUADRADOS DE UNA POLIGONAL CERRADA, MÍNIMO OCHO LADOS CON DETALLE.

---

Fotografía N° 2-3: Plantado de mojones (Punto RJ-03)



Fuente: Elaboración propia

Se procedió a determinar los puntos de la poligonal que sirvieron para el itinerario del trabajo bajo el criterio de intervisibilidad entre ellos y una distancia de 350 metros de longitud como mínimo.

### 8.1.3. LEVANTAMIENTO DE DATOS CON ESTACIÓN TOTAL

Se procedió a realizar el levantamiento de datos (ángulos y distancias) con estación total y con el apoyo de tribrach para los puntos de adelante y atrás de la poligonal del proyecto.

Fotografía N° 4: Vértice del polígono RJ-06



Fuente: Elaboración propia

#### 8.1.4. INSTRUMENTOS UTILIZADOS PARA EL PROYECTO

Para el desarrollo del presente trabajo de aplicación se utilizó los siguientes instrumentos topográficos.

- ✓ 1 ESTACIÓN TOTAL marca SOKKIA

Precisión angular de 5"

Precisión lineal 2mm + 2ppm

Alcance máximo 4000 metros

- ✓ GPS navegador Garmin Oregon
- ✓ 2 prismas
- ✓ 3 trípodes
- ✓ 2 tribrach
- ✓ 3 Handy
- ✓ 1 Anemómetro
- ✓ 1 cámara fotográfica
- ✓ Material de escritorio y otros.



## 8.2. TRABAJO DE GABINETE

### 8.2.1. CALCULO DE LA POLIGONAL PRINCIPAL

Para el control horizontal del presente trabajo se utilizaron las coordenadas ya establecidas anteriormente por el Servicio Nacional de Aerofotogrametría, también coordenadas PTL proporcionadas por el tribunal.

COORDENADAS UTM

PUNTOS DE CONTROL PARTIDA			PUNTOS DE CONTROL LLEGADA		
	ESTE	NORTE		ESTE	NORTE
P-015CM	667241,978	7731474,912	P-017CM	672014,833	7731978,496
P-016CM	667241,780	7731975,505	P-018CM	672015,381	7731478,494

COORDENADAS PTL

PUNTOS DE CONTROL PARTIDA			PUNTOS DE CONTROL LLEGADA		
	ESTE	NORTE		ESTE	NORTE
P-015CM	158653,835	1730035,142	P-017CM	163423,211	1730597,418
P-016CM	158647,510	1730536,021	P-018CM	163429,878	1730097,148

### 8.2.2. CALCULO DEL AZIMUT DE PARTIDA Y LLEGADA

Teniendo los puntos de partida y llegada se calcularon los azimuts inicial para hallar las coordenadas de la poligonal y el azimut final para hallar el error de cierre angular.

$$Tg Rb_{(P-015CM-P-016CM)} = \frac{\Delta_x}{\Delta_y} = \frac{667241,780 - 667241,978}{7731975,505 - 7731474,912} = \frac{-0,198}{+500,593}$$

Dando el azimut de partida UTM

$$Az_{(P-015CM-P-016CM)} = 359^{\circ}58'38,415''$$

Dando azimut de partida PTL

$$Az_{(P-015CM-P-016CM)} = 359^{\circ}16'35,467''$$

De igual manera se calcula los azimuts de llegada

CONTROL HORIZONTAL, OBSERVACIÓN, CÁLCULO Y COMPENSACIÓN POR MÍNIMOS CUADRADOS DE UNA POLIGONAL CERRADA, MÍNIMO OCHO LADOS CON DETALLE.

$$Tg Rb_{(P-017CM-P-018CM)} = \frac{\Delta_x}{\Delta_y} = \frac{672015,381 - 672014,833}{7731478,494 - 7731978,496} = \frac{+0,548}{-500,002}$$

Dando el azimut de llegada UTM

$$AZ_{(P-017CM-P-018CM)} = 179^{\circ}56'13,934''$$

Dando el azimut de llegada PTL

$$AZ_{(P-017CM-P-018CM)} = 179^{\circ}14'11,312''$$

### 8.2.3. DATOS OBTENIDOS POLIGONAL PRINCIPAL

Los datos obtenidos en campo como ser ángulos y distancias se muestran en las siguientes planillas:

✓ **Distancias:**

ATRÁS	ESTACION	OBSERVACION	DISTANCIA ATRÁS	DISTANCIA ADELANTE
P-015CM	P-016CM	RJ-01	500,925	666,291
			500,925	666,291
		<b>PROMEDIO</b>	500,925	666,291
P-016CM	RJ-01	RJ-02	666,294	401,373
			666,295	401,373
		<b>PROMEDIO</b>	666,2945	401,373
RJ-01	RJ-02	RJ-03	401,374	400,941
			401,374	400,941
		<b>PROMEDIO</b>	401,374	400,941
RJ-02	RJ-03	RJ-04	400,941	400,481
			400,941	400,482
		<b>PROMEDIO</b>	400,941	400,4815
RJ-03	RJ-04	RJ-05	400,478	401,204
			400,478	401,204
		<b>PROMEDIO</b>	400,478	401,204
RJ-04	RJ-05	RJ-06	401,203	399,117
			401,203	399,117
		<b>PROMEDIO</b>	401,203	399,117
RJ-05	RJ-06	RJ-07	399,114	397,836
			399,115	397,837
		<b>PROMEDIO</b>	399,1145	397,8365
RJ-06	RJ-07	RJ-08	397,834	400,81
			397,834	400,809
		<b>PROMEDIO</b>	397,834	400,8095
RJ-07	RJ-08	RJ-09	400,808	400,782

CONTROL HORIZONTAL, OBSERVACIÓN, CÁLCULO Y COMPENSACIÓN POR MÍNIMOS CUADRADOS DE UNA POLIGONAL CERRADA, MÍNIMO OCHO LADOS CON DETALLE.

			400,808	400,781
		<b>PROMEDIO</b>	400,808	400,7815
<b>RJ-08</b>	<b>RJ-09</b>	<b>RJ-10</b>	400,779	400,742
			400,779	400,742
		<b>PROMEDIO</b>	400,779	400,742
<b>RJ-09</b>	<b>RJ-10</b>	<b>RJ-11</b>	400,743	417,887
			400,743	417,887
		<b>PROMEDIO</b>	400,743	417,887
<b>RJ-10</b>	<b>RJ-11</b>	<b>P-017CM</b>	417,885	381,577
			417,885	381,577
		<b>PROMEDIO</b>	417,885	381,577
<b>RJ-11</b>	<b>P-017CM</b>	<b>P-018CM</b>	381,575	500,313
			381,575	500,313
		<b>PROMEDIO</b>	381,575	500,313

Se realizó el promedio de las distancias de las observaciones atrás y adelante y se multiplico por el factor combinado.

<b>PUNTO</b>	<b>DISTANCIA HORZ. PROM.</b>	<b>FACTOR COMB. PROM.</b>	<b>DISTANCIA REDUCIDA</b>
<b>P-016CM</b>			
	666,2928		665,8849788
<b>RJ-01</b>			
	401,3735		401,1278594
<b>RJ-02</b>			
	400,9410		400,6956241
<b>RJ-03</b>			
	400,4798		400,2346564
<b>RJ-04</b>			
	401,2035		400,9579635
<b>RJ-05</b>			
	399,1158		398,8714912
<b>RJ-06</b>			
	397,8353		397,5917748
<b>RJ-07</b>			
	400,8088		400,563455
<b>RJ-08</b>			
	400,7803		400,5349725
<b>RJ-09</b>			
	400,7425		400,4972456
<b>RJ-10</b>			

0,999388

CONTROL HORIZONTAL, OBSERVACIÓN, CÁLCULO Y COMPENSACIÓN POR MÍNIMOS CUADRADOS DE UNA POLIGONAL CERRADA, MÍNIMO OCHO LADOS CON DETALLE.

	417,8860		417,6302538
<b>RJ-11</b>			
	381,5760		381,3424755
<b>P-017CM</b>			

✓ **Ángulos:**

De la misma manera se promedió las lecturas angulares.

<b>ATRÁS</b>	<b>ESTACIÓN</b>	<b>OBSERVADO</b>	<b>G</b>	<b>M</b>	<b>S</b>
<b>P-015CM</b>	<b>P-016CM</b>	<b>RJ-01</b>	237	13	9
			237	13	7
		<b>PROMEDIO</b>	237	13	8

<b>ATRÁS</b>	<b>ESTACIÓN</b>	<b>OBSERVADO</b>	<b>G</b>	<b>M</b>	<b>S</b>
<b>P-016CM</b>	<b>RJ-01</b>	<b>RJ-02</b>	212	48	52
			212	48	49
		<b>PROMEDIO</b>	212	48	50,5

<b>ATRÁS</b>	<b>ESTACIÓN</b>	<b>OBSERVADO</b>	<b>G</b>	<b>M</b>	<b>S</b>
<b>RJ-01</b>	<b>RJ-02</b>	<b>RJ-03</b>	179	55	58
			179	55	55
		<b>PROMEDIO</b>	179	55	56,5

<b>ATRÁS</b>	<b>ESTACIÓN</b>	<b>OBSERVADO</b>	<b>G</b>	<b>M</b>	<b>S</b>
<b>RJ-02</b>	<b>RJ-03</b>	<b>RJ-04</b>	179	58	35
			179	58	34
		<b>PROMEDIO</b>	179	58	34,5

<b>ATRÁS</b>	<b>ESTACIÓN</b>	<b>OBSERVADO</b>	<b>G</b>	<b>M</b>	<b>S</b>
<b>RJ-03</b>	<b>RJ-04</b>	<b>RJ-05</b>	180	1	17
			180	1	15
		<b>PROMEDIO</b>	180	1	16

<b>ATRÁS</b>	<b>ESTACIÓN</b>	<b>OBSERVADO</b>	<b>G</b>	<b>M</b>	<b>S</b>
<b>RJ-04</b>	<b>RJ-05</b>	<b>RJ-06</b>	180	6	25
			180	6	20
		<b>PROMEDIO</b>	180	6	22,5

<b>ATRÁS</b>	<b>ESTACIÓN</b>	<b>OBSERVADO</b>	<b>G</b>	<b>M</b>	<b>S</b>
<b>RJ-05</b>	<b>RJ-06</b>	<b>RJ-07</b>	179	53	21
			179	53	24
		<b>PROMEDIO</b>	179	53	22,5

<b>ATRÁS</b>	<b>ESTACIÓN</b>	<b>OBSERVADO</b>	<b>G</b>	<b>M</b>	<b>S</b>
<b>RJ-06</b>	<b>RJ-07</b>	<b>RJ-08</b>	180	12	54

CONTROL HORIZONTAL, OBSERVACIÓN, CÁLCULO Y COMPENSACIÓN POR MÍNIMOS CUADRADOS DE UNA POLIGONAL CERRADA, MÍNIMO OCHO LADOS CON DETALLE.

			180	12	53
		<b>PROMEDIO</b>	180	12	53,5

<b>ATRÁS</b>	<b>ESTACIÓN</b>	<b>OBSERVADO</b>	<b>G</b>	<b>M</b>	<b>S</b>
<b>RJ-07</b>	<b>RJ-08</b>	<b>RJ-09</b>	179	59	51
			179	59	50
		<b>PROMEDIO</b>	179	59	50,5

<b>ATRÁS</b>	<b>ESTACIÓN</b>	<b>OBSERVADO</b>	<b>G</b>	<b>M</b>	<b>S</b>
<b>RJ-08</b>	<b>RJ-09</b>	<b>RJ-10</b>	180	12	9
			180	12	6
		<b>PROMEDIO</b>	180	12	7,5

<b>ATRÁS</b>	<b>ESTACIÓN</b>	<b>OBSERVADO</b>	<b>G</b>	<b>M</b>	<b>S</b>
<b>RJ-09</b>	<b>RJ-10</b>	<b>RJ-11</b>	183	29	31
			183	29	33
		<b>PROMEDIO</b>	183	29	32

<b>ATRÁS</b>	<b>ESTACIÓN</b>	<b>OBSERVADO</b>	<b>G</b>	<b>M</b>	<b>S</b>
<b>RJ-10</b>	<b>RJ-11</b>	<b>P-017CM</b>	235	16	42
			235	16	47
		<b>PROMEDIO</b>	235	16	44,5

<b>ATRÁS</b>	<b>ESTACIÓN</b>	<b>OBSERVADO</b>	<b>G</b>	<b>M</b>	<b>S</b>
<b>RJ-11</b>	<b>P-017CM</b>	<b>P-018CM</b>	210	48	2
			210	48	2
		<b>PROMEDIO</b>	210	48	2

CONTROL HORIZONTAL, OBSERVACIÓN, CÁLCULO Y COMPENSACIÓN POR MÍNIMOS CUADRADOS DE UNA POLIGONAL CERRADA,  
MÍNIMO OCHO LADOS CON DETALLE.

### 8.2.4. ELABORACIÓN DE LA PLANILLA DE COORDENADAS (UTM)

Con los datos de obtenidos en campo se procedió a la elaboración de la planilla de coordenadas para determinar los valores de error lineal y angular cometidos, para su posterior corrección y ajuste por mínimos cuadrados.

ESTACION	ANGULO HZ			DISTANCIA (m)	AZIMUT PRELIMINAR			COORDENADAS PARCIALES		COORDENADAS PRELIMINARES		ESTACION
	G	M	S		G	M	S	$\Delta_x = D * \text{Sen}Az$	$\Delta_y = D * \text{cos}Az$	X	Y	
P-016CM	237	13	8							667241,780	7731975,505	P-016CM
				665,8849788	57	11	46,4158997	559,6969179	360,7522212			
RJ-01	212	48	50,5							667801,477	7732336,257	RJ-01
				401,1278594	90	0	36,9158997	401,127853	-0,071791189			
RJ-02	179	55	56,5							668202,605	7732336,185	RJ-02
				400,6956241	89	56	33,4158997	400,6954231	0,401315826			
RJ-03	179	58	34,5							668603,300	7732336,587	RJ-03
				400,2346564	89	55	7,91589974	400,2342551	0,56675757			
RJ-04	180	1	16							669003,534	7732337,154	RJ-04
				400,9579635	89	56	23,9158997	400,9577434	0,420045603			
RJ-05	180	6	22,5							669404,492	7732337,574	RJ-05
				398,8714912	90	2	46,4158997	398,8713613	-0,321812296			
RJ-06	179	53	22,5							669803,364	7732337,252	RJ-06
				397,5917748	89	56	8,91589974	397,5915253	0,44543284			
RJ-07	180	12	53,5							670200,955	7732337,697	RJ-07
				400,563455	90	9	2,41589974	400,56207	-1,053363104			
RJ-08	179	59	50,5							670601,517	7732336,644	RJ-08
				400,5349725	90	8	52,9158997	400,5336357	-1,034840706			
RJ-09	180	12	7,5							671002,051	7732335,609	RJ-09
				400,4972456	90	21	0,41589974	400,4897683	-2,447290761			
RJ-10	183	29	32							671402,541	7732333,162	RJ-10
				417,6302538	93	50	32,4158997	416,6915145	-27,98590062			
RJ-11	235	16	44,5							671819,232	7732305,176	RJ-11
				381,3424755	149	7	16,9158997	195,71306	-327,2895992			
P-017CM	210	48	2							672014,945	7731977,886	P-017CM
					179	55	18,9158997			<b>672014,833</b>	<b>7731978,496</b>	P-017CM
Σ	2519	56	40,50	5065,932751					<b>ERROR</b>	-0,112	0,610	

**Azimut.** - Una vez obtenido el azimut inicial se procedió a determinar el azimut en todas las estaciones en función a los ángulos leídos en campo utilizando la siguiente formula.

$$Azimut\ Nuevo = Azimut\ Anterior + Angulo\ Horizontal +/ - 180^\circ$$

**Coordenadas parciales.** - Estos valores se determinan en función a las distancias reducidas y el azimut en cada estación cuyas formulas se muestran en la planilla.

### 8.2.5. CALCULO DE ERRORES

- **ERROR ANGULAR**

El error angular viene dado por la diferencia del azimut de llegada calculado por las coordenadas de llegada y el azimut de llegada obtenido con los datos de campo.

Azimut de llegada calculado UTM

$$Az_{(P-017CM-P-018CM)} = 179^\circ 56' 13,935''$$

Azimut de llegada en campo UTM

$$Az_{(P-017CM-P-018CM)} = 179^\circ 55' 18,915''$$

Dando el error angular UTM:

$$Az_{(P-017CM-P-018CM)CALCULADO} - Az_{(P-017CM-P-018CM)CAMPO} = 0^\circ 0' 55,01''$$

Azimut de llegada calculado PTL

$$Az_{(P-017CM-P-018CM)} = 179^\circ 14' 11,31''$$

Azimut de llegada en campo PTL

$$Az_{(P-017CM-P-018CM)} = 179^\circ 13' 15,96''$$

Dando el error angular PTL:

$$Az_{(P-017CM-P-018CM)CALCULADO} - Az_{(P-017CM-P-018CM)CAMPO} = 0^\circ 0' 55,34''$$

- **ERROR LINEAL**

✓ Coordenadas de llegada UTM

ESTACIÓN	ESTE	NORTE	
P-017CM	672014,833	7731978,496	<b>CALCULADO</b>
P-017CM	672014,945	7731977,886	<b>CAMPO</b>

✓ **Error lineal (UTM)**

DIFERENCIA DE COORDENADAS	ESTE	NORTE
	(-) 0,112	(+) 0,609

✓ **COORDENADAS DE LLEGADA PTL**

	ESTE	NORTE	
P-017CM	163423,211	1730597,418	<b>CALCULADO</b>
P-017CM	163423,212	1730596,821	<b>CAMPO</b>

✓ **ERROR LINEAL PTL**

DIFERENCIA DE COORDENADAS	ESTE	NORTE
	0,001	(+) 0,597

### 8.2.6. TOLERANCIAS EN LAS MEDICIONES

- **TOLERANCIA ANGULAR**

$$Tolerancia\ angular = 30'' * \sqrt{n}$$

n: es el número de vértices, para nuestro proyecto n=13

Aplicando a la formula tenemos que nuestra tolerancia es de:

$$Tolerancia\ angular = 30'' * \sqrt{13} = 0^{\circ}1'48,16''$$

El proyecto tiene un error angular de:

✓ UTM

$$Error\ angular = 0^{\circ}0'55,01''$$

✓ PTL

$$Error\ angular = 0^{\circ}0'55,34''$$

Verificamos si los errores cometidos están dentro de la tolerancia haciendo una comparación:

$$Error\ Angular < Tolerancia\ Angular$$

De esta manera se verifica que el error angular está dentro la tolerancia.

• **TOLERANCIA LINEAL**

La tolerancia tomada para el error lineal se encuentra dentro del segundo orden topográfico y es la siguiente

$$Tolerancia\ Lineal = \frac{1}{5000}$$

✓

**UTM**

Aplicando la fórmula para UTM se tiene que:

$$\frac{x}{5065,932} = \frac{1}{5000}$$

Dando una tolerancia lineal de:

$$Tolerancia\ lineal = 1,013\ mts.$$

Para encontrar el error lineal cometido en nuestro trabajo aplicaremos la siguiente formula:

$$Error\ Lineal = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$$

Reemplazando los valores obtenidos en los desplazamientos de coordenadas tendremos:

$$Error\ Lineal = \sqrt{(-0,112)^2 + (0,611)^2}$$

$$Error\ Lineal = 0,620\ mts.$$

Realizando la comparación tendremos:

$$Error\ Lineal < Tolerancia\ Lineal$$

✓

**PTL**

Aplicando la fórmula para UTM se tiene que:

$$\frac{x}{5069,035} = \frac{1}{5000}$$

Dando una tolerancia lineal de:

$$Tolerancia\ lineal = 1,013\ mts.$$

Para encontrar el error lineal cometido en nuestro trabajo aplicaremos la siguiente fórmula:

$$\text{Error Lineal} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$$

Reemplazando los valores obtenidos en los desplazamientos de coordenadas tendremos:

$$\text{Error Lineal} = \sqrt{(0.001)^2 + (0,597)^2}$$

$$\text{Error Lineal} = 0,597 \text{ mts.}$$

Realizando la comparación tendremos:

$$\text{Error Lineal} < \text{Tolerancia Lineal}$$

Una vez comprobado los errores lineales y los errores angulares y verificar que estén dentro la tolerancia dadas, tanto el error lineal como el error angular están dentro del segundo orden topográfico, y se procede a la compensación por el método de mínimos cuadrados.

### 8.2.7. CORRECCIÓN POR EL MÉTODO DE MÍNIMOS CUADRADOS

Para la corrección por el método de mínimos cuadrados utilizaremos la siguiente fórmula

$$V = P^{-1} * A^T * (A * P^{-1} * A^T)^{-1} * B$$

Dónde:

V: Matriz de correcciones

P: Matriz de pesos

B: Matriz diferencia de coordenadas y distancias

A: Matriz de errores angulares y lineales

#### 8.2.7.1. CREACIÓN DE LA MATRIZ "P"

Para la creación de la matriz "P" debemos considerar la precisión del equipo con los cuales se hizo las mediciones, en síntesis, con los pesos en las mediciones hechas en campo.

- **PESO ANGULAR**

$$\text{Precision angular} = 0^{\circ}0'5''$$



Dónde:

$$P_{\alpha} = 1701806811,846 \text{ (ya calculado anteriormente)}$$

$$P_d = 250000 \text{ (ya calculado anteriormente)}$$

- **CREACIÓN DE LA MATRIZ “A”**

Para la creación de la matriz a se debe considerar los errores angulares y los errores lineales cometidos ya mostrados anteriormente:

✓ UTM

$$\text{Error angular} = 0^{\circ}0'55,01''$$

$$\text{Error en coordenadas } x = -0,112$$

$$\text{Error en coordenadas } y = 0,609$$

El error angular se convierte a radianes para poder formar la matriz “A”

$$\frac{0^{\circ}0'55,01''}{180^{\circ}} = \frac{R}{\pi}$$

$$R = 0,000266$$

Así tenemos la matriz “A”

$$A = \begin{matrix} 0,000266 & \Delta Az \\ -0,112127 & \Delta x \\ 0,609824 & \Delta y \end{matrix}$$

- **CREACIÓN DE LA MATRIZ “B”**

A partir de las siguientes condiciones lineales formamos la matriz “B”

✓ Condición lineal para X

$$X_n - X'_n = \sum_{i=1}^{n-1} (Y_n - Y_i)V_{\alpha_i} + \sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{X'_{i+1} - X_i}{d_i}\right)V_{d_i}$$

✓ Condición lineal para Y

$$Y_n - Y'_n = - \sum_{i=1}^{n-1} (X_n - X_i)V_{\alpha_i} + \sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{Y'_{i+1} - Y_i}{d_i}\right)V_{d_i}$$

CONTROL HORIZONTAL, OBSERVACIÓN, CÁLCULO Y COMPENSACIÓN POR MÍNIMOS CUADRADOS DE UNA POLIGONAL CERRADA,  
MÍNIMO OCHO LADOS CON DETALLE.

---

Dónde:

Yn: Coordenada Norte de llegada en la última estación

Y'n: Coordenada Norte de los demás puntos

Xn: Coordenada Este de llegada en la última estación

X'n: Coordenada Este de los demás puntos.

Di: Distancias medidas en campo

MATRIZ A

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2,381175	-358,371	-358,2993	-358,7006	-359,2673	-359,6874	-359,3656	-359,811	-358,7576	-357,7228	-355,2755	-327,2896	0	0,840531	1	0,999999	0,999999	0,999999	1	0,999999	0,999997	0,999997	0,999981	0,997752	0,513221
-4773,165	-4213,468	-3812,340	-3411,645	-3011,411	-2610,453	-2211,582	-1813,990	-1413,428	-1012,894	-612,405	-195,713	0	0,541764	-0,000179	0,001002	0,001416	0,001048	-0,000807	0,00112	-0,00263	-0,002584	-0,006111	-0,067011	-0,858256

• **CALCULO DE LAS RESIDUALES**

Una vez realizado las matrices que comprende el ajuste, se procedió a la resolución de la ecuación el cual también será el resultado otra matriz, en el cual identificaremos los residuales tanto angulares como lineales.

$$V = P^{-1} * A^T * (A * P^{-1} * A^T)^{-1} * B$$

CONTROL HORIZONTAL, OBSERVACIÓN, CÁLCULO Y COMPENSACIÓN POR MÍNIMOS CUADRADOS DE UNA POLIGONAL CERRADA, MÍNIMO OCHO LADOS CON DETALLE.

---

Dando el resultado la siguiente matriz

	RESIDUAL		G	M	S
$\alpha 1$	-0,000115544	$*180^\circ/\pi$	0	0	-23,833
$\alpha 2$	-0,000055110	$*180^\circ/\pi$	0	0	-11,367
$\alpha 3$	-0,000038552	$*180^\circ/\pi$	0	0	-7,952
$\alpha 4$	-0,000021963	$*180^\circ/\pi$	0	0	-4,530
$\alpha 5$	-0,000005376	$*180^\circ/\pi$	0	0	-1,109
$\alpha 6$	0,000011226	$*180^\circ/\pi$	0	0	2,316
$\alpha 7$	0,000027665	$*180^\circ/\pi$	0	0	5,706
$\alpha 8$	0,000044131	$*180^\circ/\pi$	0	0	9,103
$\alpha 9$	0,000060564	$*180^\circ/\pi$	0	0	12,492
$\alpha 10$	0,000076998	$*180^\circ/\pi$	0	0	15,882
$\alpha 11$	0,000093284	$*180^\circ/\pi$	0	0	19,241
$\alpha 12$	0,000107597	$*180^\circ/\pi$	0	0	22,193
$\alpha 13$	0,000081821	$*180^\circ/\pi$	0	0	16,877
d1	-0,000439608				
d2	-0,000704258				
d3	-0,000703926				
d4	-0,000703809				
d5	-0,000703913				
d6	-0,000704434				
d7	-0,000703892				
d8	-0,000704945				
d9	-0,000704932				

Con la matriz "V" resuelta se procede a sumar o restar con el correspondiente signo, los primeros 13 son angulares y los siguientes 12 son lineales, así se ajustará los valores de ángulos y distancias.

Con los valores compensados con la matriz resuelta se realiza nuevamente la planilla de coordenadas.

CONTROL HORIZONTAL, OBSERVACIÓN, CÁLCULO Y COMPENSACIÓN POR MÍNIMOS CUADRADOS DE UNA POLIGONAL CERRADA,  
MÍNIMO OCHO LADOS CON DETALLE.

**8.2.8. PLANILLA DE COORDENADAS AJUSTADAS (UTM)**

ESTACION	ANGULO HZ			DIST (m)	AZIMUT FINAL			COORDENADAS PARCIALES		COORDENADAS		PUNTO
	G	M	S		G	M	S	DELTA X		X	Y	
P-016CM	237	12	44,16729166							667241,780	7731975,505	P-016CM
				665,8845392	57	11	22,5831914	559,6548619	360,8166503			
RJ-01	212	48	39,1326622							667801,435	7732336,322	RJ-01
				401,1271552	90	0	1,7158536	401,1271551	-0,003336854			
RJ-02	179	55	48,54801314							668202,562	7732336,318	RJ-02
				400,6949202	89	55	50,2638667	400,6946265	0,485143236			
RJ-03	179	58	29,96977577							668603,257	7732336,803	RJ-03
				400,2339526	89	54	20,2336425	400,2334096	0,65927859			
RJ-04	180	1	14,8911403							669003,490	7732337,463	RJ-04
				400,9572595	89	55	35,1247828	400,9569289	0,514889641			
RJ-05	180	6	24,81553708							669404,447	7732337,978	RJ-05
				398,8707867	90	1	59,9403199	398,8707193	-0,231938196			
RJ-06	179	53	28,20633183							669803,318	7732337,746	RJ-06
				397,5910709	89	55	28,1466517	397,5907256	0,524017813			
RJ-07	180	13	2,60259624							670200,908	7732338,27	RJ-07
				400,5627501	90	8	30,749248	400,5615221	-0,99186535			
RJ-08	180	0	2,992182859							670601,470	7732337,278	RJ-08
				400,5342676	90	8	33,7414308	400,5330252	-0,99760516			
RJ-09	180	12	23,3819225							671002,003	7732336,28	RJ-09
				400,4965397	90	20	57,1233533	400,4891014	-2,440893554			
RJ-10	183	29	51,24114948							671402,492	7732333,839	RJ-10
				417,6295323	93	50	48,3645028	416,6886295	-28,01807114			
RJ-11	235	17	6,69344061							671819,181	7732305,821	RJ-11
				381,3418728	149	7	55,0579434	195,6522258	-327,3252671			
P-017CM	210	48	18,8768237							672014,833	7731978,496	P-017CM
					179	56	13,9347671			<b>672014,833</b>	<b>7731978,496</b>	P-017CM
Σ	2519	57	35,52	5065,924647					<b>ERROR</b>	0,000	0,000	

## 9. CONCLUSIONES

Una vez realizado la etapa de campo y de gabinete realizando el ajuste a las coordenadas se concluye:

- Después realizado el ajuste por mínimos cuadrados de la poligonal no la poligonal cierra con 0,000 metros de error esto debido a que los cálculos se realizaron en planilla Excel, para no tener errores en despreciar decimales.
- La diferencia de coordenadas no varía demasiado ya que las mediciones se realizaron dentro de las tolerancias establecidas en proyecto, teniendo en cuenta las respectivas correcciones.
- Se realizó las mediciones angular y lineal dentro de las tolerancias exigidas, dentro del segundo orden topográfico.
- Que el error en ESTE y NORTE utilizando coordenadas PTL es menor a las coordenadas UTM, puesto que las coordenadas UTM son proyectadas.

## 10. RECOMENDACIONES.

- Realizar varias lecturas angulares y lineales para así poder reducir el error cometido por uno mismo.
- Realizar el trabajo con equipos de precisión angular y lineal según los objetivos a alcanzar.



## MOJONES PREFABRICADOS



TRIBRACH ESTACIONADO EN VERTICE RJ-05 DE POLIGONAL



CONTROL HORIZONTAL, OBSERVACIÓN, CÁLCULO Y COMPENSACIÓN POR MÍNIMOS CUADRADOS DE UNA POLIGONAL CERRADA,  
MÍNIMO OCHO LADOS CON DETALLE.

**PLANILLA DE COORDENADAS PTL SIN AJUSTAR**

ESTACION	ANGULO HZ			DISTANCIA (m)	AZIMUT PRELIMINAR			COORDENADAS PARCIALES		COORDENADAS PRELIMINARES		ESTACION	
	G	M	S		G	M	S	$\Delta_x = D * \text{Sen}Az$	$\Delta_y = D * \text{cos}Az$	X	Y		
P-016CM	237	13	8	666,29275	56	29	43,4676471	555,5826001	367,7961435	158647,510	1730536,021	P-016CM	
RJ-01	212	48	50,5	401,3735	89	18	33,9676471	401,3443474	4,837487144	159203,093	1730903,817	RJ-01	
RJ-02	179	55	56,5	400,941	89	14	30,4676471	400,9058949	5,30555605	159604,437	1730908,655	RJ-02	
RJ-03	179	58	34,5	400,47975	89	13	4,96764708	400,4424542	5,465442588	160005,343	1730913,96	RJ-03	
RJ-04	180	1	16	401,2035	89	14	20,9676471	401,168127	5,327506376	160405,785	1730919,426	RJ-04	
RJ-05	180	6	22,5	399,11575	89	20	43,4676471	399,0897028	4,559714932	160806,953	1730924,753	RJ-05	
RJ-06	179	53	22,5	397,83525	89	14	5,96764708	397,7997887	5,311708844	161206,043	1730929,313	RJ-06	
RJ-07	180	12	53,5	400,80875	89	26	59,4676471	400,7902736	3,848463116	161603,843	1730934,625	RJ-07	
RJ-08	179	59	50,5	400,78025	89	26	49,9676471	400,7615972	3,866647467	162004,633	1730938,473	RJ-08	
RJ-09	180	12	7,5	400,7425	89	38	57,4676471	400,734993	2,452901304	162405,395	1730942,34	RJ-09	
RJ-10	183	29	32	417,886	93	8	29,4676471	417,2580095	-22,90114651	162806,130	1730944,793	RJ-10	
RJ-11	235	16	44,5	381,576	148	25	13,9676471	199,823887	-325,0702354	163223,388	1730921,891	RJ-11	
P-017CM	210	48	2		179	13	15,9676471			163423,212	1730596,821	P-017CM	
$\Sigma$	2519	56	40,50	5069,035						<b>ERROR</b>	-0,001	0,597	P-017CM

CONTROL HORIZONTAL, OBSERVACIÓN, CÁLCULO Y COMPENSACIÓN POR MÍNIMOS CUADRADOS DE UNA POLIGONAL CERRADA,  
MÍNIMO OCHO LADOS CON DETALLE.

**PLANILLA DE COORDENADAS PTL CON  
AJUSTE**

ESTACION	ANGULO HZ			DIST (m)	AZIMUT FINAL			COORDENADAS PARCIALES		COORDENADAS		PUNTO
	G	M	S		G	M	S	DELTA X		X	Y	
P-016CM	237	13	9,672350493							158647,510	1730536,021	P-016CM
				666,2946545	56	29	45,1399976	555,5871701	367,7926902			
RJ-01	212	48	34,18128081							159203,097	1730903,814	RJ-01
				401,3755835	89	18	19,3212784	401,3460863	4,866010889			
RJ-02	179	55	43,62493945							159604,443	1730908,68	RJ-02
				400,9430839	89	14	2,94621784	400,9072671	5,359075789			
RJ-03	179	58	25,03500313							160005,351	1730914,039	RJ-03
				400,481834	89	12	27,981221	400,4435515	5,537276754			
RJ-04	180	1	9,930661518							160405,794	1730919,576	RJ-04
				401,2055839	89	13	37,9118825	401,1690898	5,411274296			
RJ-05	180	6	19,84179102							160806,963	1730924,987	RJ-05
				399,1178333	89	19	57,7536735	399,0907657	4,648188375			
RJ-06	179	53	23,28189785							161206,054	1730929,636	RJ-06
				397,8373339	89	13	21,0355714	397,8007059	5,398392447			
RJ-07	180	12	57,66256285							161603,855	1730935,034	RJ-07
				400,8108328	89	26	18,6981342	400,7915878	3,927702124			
RJ-08	179	59	58,16337927							162004,646	1730938,962	RJ-08
				400,7823328	89	26	16,8615135	400,7630542	3,930991311			
RJ-09	180	12	18,66278178							162405,409	1730942,893	RJ-09
				400,7445818	89	38	35,5242953	400,7368115	2,495546194			
RJ-10	183	29	46,75103653							162806,146	1730945,388	RJ-10
				417,8880599	93	8	22,2753318	417,2608646	-22,8867098			
RJ-11	235	17	4,591543084							163223,407	1730922,501	RJ-11
				381,5768266	148	25	26,8668749	199,8039905	-325,0834355			
P-017CM	210	48	44,44529592							163423,211	1730597,418	P-017CM
					179	14	11,3121708			<b>163423,211</b>	<b>1730597,418</b>	P-017CM
Σ	2519	57	35,84	5069,058541						<b>ERROR</b>	0,000	0,000

CONTROL HORIZONTAL, OBSERVACIÓN, CÁLCULO Y COMPENSACIÓN POR MÍNIMOS CUADRADOS DE UNA POLIGONAL CERRADA, MÍNIMO OCHO LADOS CON DETALLE.



MONOGRAFIA DE UBICACIÓN P-015 CM

PROY:	SERVICIO CONSULTORIA POR PRODUCTO - RED GEODÉSICA	FECHA	15/06/2016	ESTACION: P-015CM	SESION:	A	
OPERADOR:	Tec. I Flavio Aguilar Serrano	SIGLAS OPERADOR:	FAS	SEMANA GPS:	24	DIA JULIANO:	167

UBICACION

DPTO.:	POTOSI	PROVINCIA:	NOR LIPEZ	MUNICIPIO:	COLCHA "K"	SECCION:	SALAR
--------	--------	------------	-----------	------------	------------	----------	-------

INFORMACION DE LA OBSERVACION

DATUM	ZONA GEOG	ALTURA ANTENA (m.)	COORDENADAS GEODESICAS						ALTURA ELIPSOIDAL (m.)	ALTURA ORTOMETRICA (m.)
			LATITUD (S)			LONGITUD (W)				
WGS-84	19	0.5620	°	'	"	°	'	"	3694,8227	3652,4109
			20	30	29,0170	67	23	46,1702		
			COORDENADAS UTM							
TIPO DE MEDICION			ESTE (X)	NORTE (Y)		HORA DE ENCENDIDO:			HORA DE APAGADO:	
ESTATICA			667241,978		7731474,9119		15:27		17:30	

FOTOGRAFIA PANORÁMICA DEL PUNTO	CROQUIS DE UBICACIÓN

INSCRIPCION: GERENCIA NACIONAL DE RECURSOS EVAPORITICOS SE PROHIBE RETIRAR P 015 CM JUNIO-2016

INFORMACION SOBRE OBSERVACION EN ESTACIONES SIMULTANEAS

1. PC-12A	2.PC-12	3.	4.
5.	6.		

INFORMACION DEL RECEPTOR

INFORMACION DE LA ANTENA

Equipo Nº : E	Equipo Nº : E
Marca : LEICA	Marca : LEICA
Modelo : 9435	Modelo : 9435
Tipo : CS-10	Tipo : GS-08 PLUS
Numero : 2885213	Numero : 1854759

DESCRIPCION LITERAL DE LA UBICACION DEL PUNTO

El Punto **P 015 CM** esta ubicado al extremo Nor Oeste del area de ampliacion de las piscinas de salmuera, para llegar al mismo, partir del vertice Nor Oeste de la piscina con una direccion de  $204^{\circ} 13' 21''$  y una distancia de 943 metros, materializado con un mojón de concreto de 25 x 25 cm.y en la parte central un bulón de bronce de 10 cm. de diámetro con la inscripción **GERENCIA NACIONAL DE RECURSOS EVAPORITICOS SE PROHIBE RETIRAR P 015 CM JUNIO-2016**

TECNICO RESPONSABLE

**CONTROL HORIZONTAL, OBSERVACIÓN, CÁLCULO Y COMPENSACIÓN POR MÍNIMOS CUADRADOS DE UNA POLIGONAL CERRADA, MÍNIMO OCHO LADOS CON DETALLE.**



**MONOGRAFIA DE UBICACIÓN P-015 CM**

<b>PROY:</b>	SERVICIO CONSULTORÍA POR PRODUCTO - RED GEODÉSICA	<b>FECHA</b>	15/06/2016	<b>ESTACION: P-015CM</b>	<b>SESION:</b>	A	
<b>OPERADOR:</b>	Tec. I Flavio Aguilar Serrano	<b>SIGLAS OPERADOR:</b>	FAS	<b>SEMANA GPS:</b>	24	<b>DIA JULIANO:</b>	167

**UBICACION**

<b>DPTO.:</b>	POTOSI	<b>PROVINCIA:</b>	NOR LIPEZ	<b>MUNICIPIO:</b>	COLCHA "K"	<b>SECCION:</b>	SALAR
---------------	--------	-------------------	-----------	-------------------	------------	-----------------	-------

**INFORMACION DE LA OBSERVACION**

DATUM	ZONA GEOG	ALTURA ANTENA (m.)	COORDENADAS GEODESICAS						ALTURA ELIPSOIDAL (m.)	ALTURA ORTOMETRICA (m.)
			LATITUD (S)			LONGITUD (W)				
WGS-84	19	0.5620	°	'	"	°	'	"	3694,8227	3652,4109
			20	30	29,0170	67	23	46,1702		
			COORDENADAS UTM							
			ESTE (X)	667241,978	NORTE (Y)	7731474,9119				
<b>TIPO DE MEDICION</b>	ESTATICA		<b>HORA DE ENCENDIDO:</b>	15:27			<b>HORA DE APAGADO:</b>	17:30		

<b>FOTOGRAFIA PANORÁMICA DEL PUNTO</b>	<b>CROQUIS DE UBICACIÓN</b>

**INSCRIPCION:** GERENCIA NACIONAL DE RECURSOS EVAPORITICOS SE PROHIBE RETIRAR P 015 CM JUNIO-2016

**INFORMACION SOBRE OBSERVACION EN ESTACIONES SIMULTANEAS**

1. PC-12A	2.PC-12	3.	4.
5.	6.		

**INFORMACION DEL RECEPTOR**

<b>Equipo Nº :</b> E
<b>Marca :</b> LEICA
<b>Modelo :</b> 9435
<b>Tipo :</b> CS-10
<b>Numero :</b> 2885213

**INFORMACION DE LA ANTENA**

<b>Equipo Nº :</b> E
<b>Marca :</b> LEICA
<b>Modelo :</b> 9435
<b>Tipo :</b> GS-08 PLUS
<b>Numero :</b> 1854759

**DESCRIPCION LITERAL DE LA UBICACION DEL PUNTO**

El Punto **P 015 CM** esta ubicado al extremo Nor Oeste del area de ampliacion de las piscinas de salmuera, para llegar al mismo, partir del vertice Nor Oeste de la piscina con una direccion de  $204^{\circ} 13' 21''$  y una distancia de 943 metros, materializado con un mojón de concreto de 25 x 25 cm y en la parte central un bulón de bronce de 10 cm. de diámetro con la inscripción **GERENCIA NACIONAL DE RECURSOS EVAPORITICOS SE PROHIBE RETIRAR P 015 CM JUNIO-2016**

**TECNICO RESPONSABLE**

**CONTROL HORIZONTAL, OBSERVACIÓN, CÁLCULO Y COMPENSACIÓN POR MÍNIMOS CUADRADOS DE UNA POLIGONAL CERRADA, MÍNIMO OCHO LADOS CON DETALLE.**



**MONOGRAFIA DE UBICACIÓN P-017 CM**

<b>PROY:</b>	SERVICIO CONSULTORIA POR PRODUCTO - RED GEODÉSICA	<b>FECHA</b>	15/06/2016	<b>ESTACION: P-017 CM</b>	<b>SESION:</b>	B	
<b>OPERADOR:</b>	Sof. My. DESA. Ramiro Rojas Cossio	<b>SIGLAS OPERADOR:</b>	RRC	<b>SEMANA GPS:</b>	24	<b>DIA JULIANO:</b>	167

**UBICACION**

<b>DPTO.:</b>	POTOSI	<b>PROVINCIA:</b>	NOR LIPEZ	<b>MUNICIPIO:</b>	COLCHA "K"	<b>SECCION:</b>	SALAR
---------------	--------	-------------------	-----------	-------------------	------------	-----------------	-------

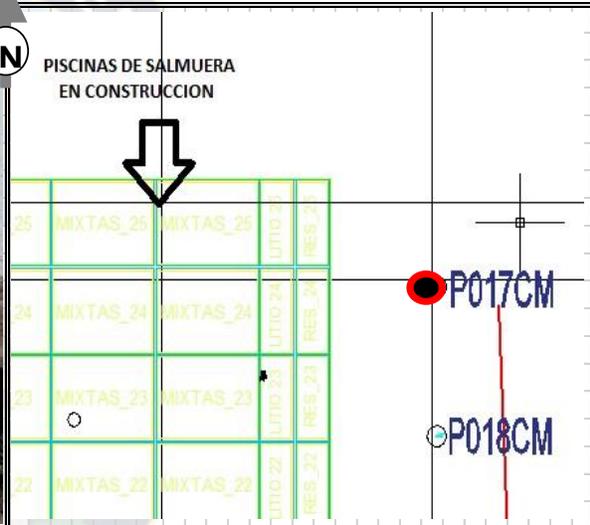
**INFORMACION DE LA OBSERVACION**

DATUM	ZONA GEOG	ALTURA ANTENA (m.)	COORDENADAS GEODESICAS						ALTURA ELIPSOIDAL (m.)	ALTURA ORTOMETRICA (m.)
			LATITUD (S)			LONGITUD (W)				
WGS-84	19	0.8390	°	'	"	°	'	"	3694,7951	3652,4991
			20	30	11,0980	67	21	1,6190		
			COORDENADAS UTM							
			ESTE (X)	672014,8333	NORTE (Y)	7731978,4960				
<b>TIPO DE MEDICION</b>	ESTATICA		<b>HORA DE ENCENDIDO:</b>	15:30			<b>HORA DE APAGADO:</b>	17:33		

**FOTOGRAFIA PANORÁMICA DEL PUNTO**



**CROQUIS DE UBICACIÓN**



**INSCRIPCION:** GERENCIA NACIONAL DE RECURSOS EVAPORITICOS SE PROHIBE RETIRAR P-017 CM JUNIO-2016

**INFORMACION SOBRE OBSERVACION EN ESTACIONES SIMULTANEAS**

1. PC-12A	2. PC-12	3.	4.
5.	6.		

**INFORMACION DEL RECEPTOR**

**INFORMACION DE LA ANTENA**

<b>Equipo Nº : F</b>	<b>Equipo Nº : F</b>
<b>Marca : LEICA</b>	<b>Marca : LEICA</b>
<b>Modelo : 9435</b>	<b>Modelo : 9435</b>
<b>Tipo : CS-10</b>	<b>Tipo : GS-08 PLUS</b>
<b>Numero : 2885034</b>	<b>Numero : 1852421</b>

**DESCRIPCION LITERAL DE LA UBICACION DEL PUNTO**

El Punto **P 017 CM** esta ubicado al final del area de ampliacion, para llegar al mismo partir del vertice Nor Este de la ultima piscina de salmuera con direccion Sur Este de  $132^{\circ} 51' 29''$ , a una distancia de 546 metros, materializado con un mojón de concreto de 25 x 25 cm. y en la parte central un bulón de bronce de 10 cm. de diámetro con la inscripción **GERENCIA NACIONAL DE RECURSOS EVAPORITICOS SE PROHIBE RETIRAR P 017 CM JUNIO-2016**

**TECNICO RESPONSABLE**

**CONTROL HORIZONTAL, OBSERVACIÓN, CÁLCULO Y COMPENSACIÓN POR MÍNIMOS CUADRADOS DE UNA POLIGONAL CERRADA, MÍNIMO OCHO LADOS CON DETALLE.**



**MONOGRAFIA DE UBICACIÓN P-018 CM**

<b>PROY:</b>	SERVICIO CONSULTORÍA POR PRODUCTO - RED GEODÉSICA	<b>FECHA:</b>	15/06/2016	<b>ESTACION:</b>	P-018CM	<b>SESION:</b>	B
<b>OPERADOR:</b>	Sof. My. DESA. Ramiro Rojas Cossio	<b>SIGLAS OPERADOR:</b>	RRC	<b>SEMANA GPS:</b>	24	<b>DIA JULIANO:</b>	167

**UBICACION**

<b>DPTO.:</b>	POTOSI	<b>PROVINCIA:</b>	NOR LIPEZ	<b>MUNICIPIO:</b>	COLCHA "K"	<b>SECCION:</b>	SALAR
---------------	--------	-------------------	-----------	-------------------	------------	-----------------	-------

**INFORMACION DE LA OBSERVACION**

DATUM	ZONA GEOG	ALTURA ANTENA (m.)	COORDENADAS GEODESICAS				ALTURA ELIPSOIDAL (m.)	ALTURA ORTOMETRICA (m.)
			LATITUD (S)		LONGITUD (W)			
WGS-84	19	1.1710	°	'	"	°	'	"
			20	30	27,3562	67	21	1,4260
			COORDENADAS UTM					
			ESTE (X)	672015,3811	NORTE (Y)	7731478,4940		
<b>TIPO DE MEDICION</b>	ESTATICA		<b>HORA DE ENCENDIDO:</b>	15:30		<b>HORA DE APAGADO:</b>	17:30	

FOTOGRAFIA PANORÁMICA DEL PUNTO	CROQUIS DE UBICACIÓN

**INSCRIPCION:** GERENCIA NACIONAL DE RECURSOS EVAPORITICOS SE PROHIBE RETIRAR P-018 CM JUNIO-2016

**INFORMACION SOBRE OBSERVACION EN ESTACIONES SIMULTANEAS**

1. PC-12A	2.PC-12	3.	4.
5.	6.		

**INFORMACION DEL RECEPTOR**

**INFORMACION DE LA ANTENA**

<b>Equipo Nº :</b> 1	<b>Equipo Nº :</b> 1
<b>Marca :</b> LEICA	<b>Marca :</b> LEICA
<b>Modelo :</b> 1200	<b>Modelo :</b> 1200
<b>Tipo :</b> GX-1220	<b>Tipo :</b> GS-08 PLUS
<b>Numero :</b> 451892	<b>Numero :</b> 4180061

**DESCRIPCION LITERAL DE LA UBICACION DEL PUNTO**

El Punto **P 018 CM** esta ubicado al extremo Nor Este del area de ampliacion de las piscinas de salmuera, para llegar al mismo, partir del vertice Nor Este de la piscina con una direccion de  $155^{\circ} 27' 39''$  a una distancia de 941 metros y a 546 metros al Sur del punto P 017 CM., materializado con un mojón de concreto de 25 x 25 cm.y en la parte central un bulón de bronce de 10 cm. de diámetro con la inscripción **GERENCIA NACIONAL DE RECURSOS EVAPORITICOS SE PROHIBE RETIRAR P 018 CM JUNIO-2016**

TECNICO RESPONSABLE