



**"CONSTRUCCIÓN DE ACUEDUCTO Y TANQUE DE
ALMACENAMIENTO DE AAPP (PARA UNA POBLACIÓN
APROX. DE 5000 USUARIOS), EN EL CANTÓN TULCÁ,
PROVINCIA DEL CARCHI"**

Contenido

1	UBICACIÓN.....	2
2	PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO.....	2
2.1	JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
2.2	OBJETIVOS Y ALCANCES ESPECÍFICOS	3
3	DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS.....	3
3.1	SISTEMA GLOBAL DE NAVEGACIÓN POR SATÉLITE (GNSS)	3
3.2	ESTACIÓN TOTAL.....	3
4	PROCEDIMIENTO	3
4.1	TRABAJO DE CAMPO.....	3
4.1.1	Medición con Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS).....	4
4.1.2	Medición con RTK	5
4.2	TRABAJO DE OFICINA	7
4.2.1	Proceso de Datos obtenidos con Receptores GNSS	7
4.2.2	Proceso de Datos obtenidos con Estación Total.....	10
5	CÁLCULOS Y RESULTADOS	14
5.1	RESULTADOS PROCESO GNSS	14
5.2	RESULTADOS DE RTK.....	15
5.2.1	Poligonal.....	15



**"CONSTRUCCIÓN DE ACUEDUCTO Y TANQUE DE
ALMACENAMIENTO DE AAPP (PARA UNA POBLACIÓN
APROX. DE 5000 USUARIOS), EN EL CANTÓN TULCÁ,
PROVINCIA DEL CARCHI"**

INFORME DE TOPOGRAFIA

1 UBICACIÓN

Los trabajos de topografía fueron realizados en una longitud aproximada de 8 Km entre el sector Santa Rosa de taques y el Complejo Los Pastos, atravesando la Av. Julio Robles, 4 esquinas, Hospital Luis G. Dávila, etc.

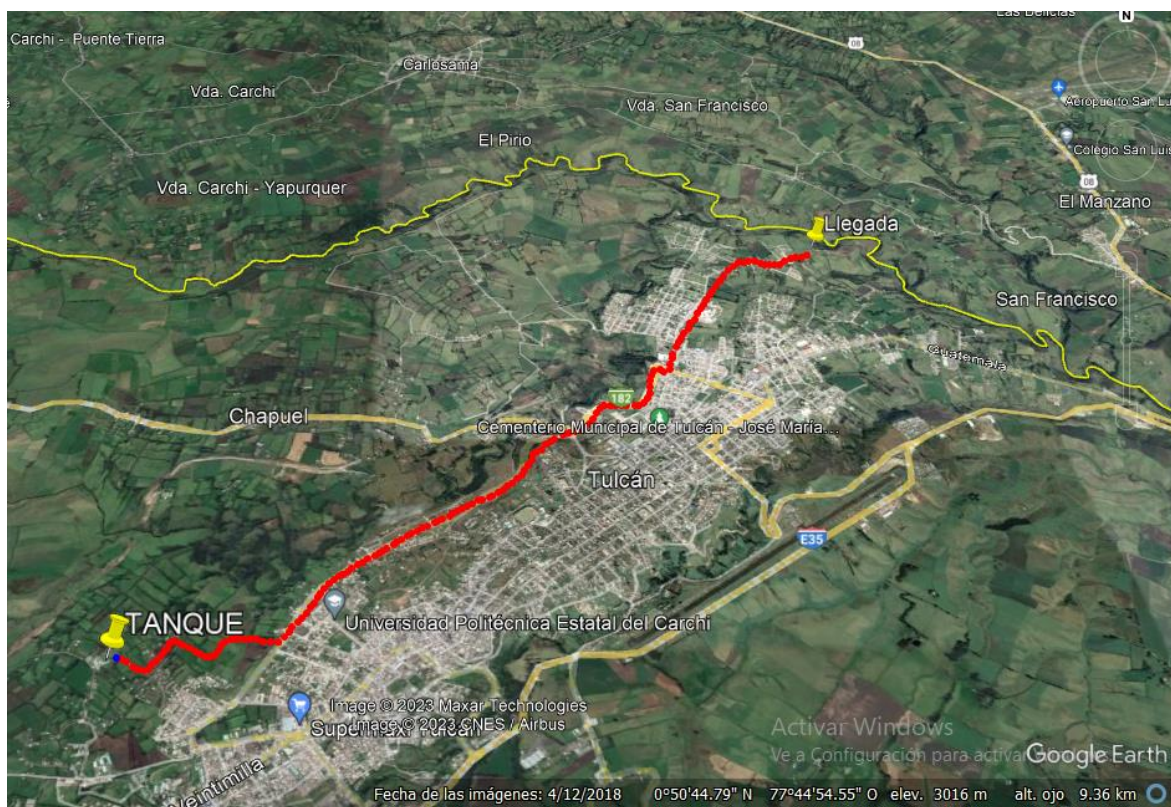


Figura 1. Área de Estudio

2 PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO

2.1 Justificación del Proyecto

Los trabajos de topografía fueron realizados para el proyecto "CONSTRUCCIÓN DE ACUEDUCTO Y TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AAPP (PARA UNA POBLACIÓN APROX. DE 5000 USUARIOS), EN EL CANTÓN TULCÁ, PROVINCIA DEL CARCHI"



**"CONSTRUCCIÓN DE ACUEDUCTO Y TANQUE DE
ALMACENAMIENTO DE AAPP (PARA UNA POBLACIÓN
APROX. DE 5000 USUARIOS), EN EL CANTÓN TULCÁ,
PROVINCIA DEL CARCHI"**

2.2 Objetivos y Alcances Específicos

Los alcances corresponden:

- Georreferenciación de dos puntos para obtener las respectivas coordenadas de inicio para el levantamiento desde una placa del IGM ubicada en los tanques de distribución de EMAPA-T
- Topografía de 8Km aproximadamente en el área señalada según indica la figura 1.
- Catastro de postes, cámaras de alcantarillado, eléctricas, bordillo existentes cerramientos perimetrales, etc.
- Elaboración de planos e informes.

3 DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS

3.1 Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS)

Para la georreferenciación de la topografía se utilizaron los receptores GNSS marca BEITIAN. Estos receptores reciben y procesan señales GNSS en las frecuencias L1 y L2, tanto en sistemas de navegación GPS y GLONASS.

3.2 Estación Total

En el levantamiento planimétrico se utilizó RTK marca BEITIAN.

4 PROCEDIMIENTO

4.1 Trabajo de Campo

Los trabajos realizados se empezaron en el sector de la Vía Santa Rosa de Taques fueron enlazados desde la placa del Instituto Geográfico Militar (IGM) PE 12-VII-66. El hito se encuentra ubicado en las calles Ezequiel Landázuri y Gral. José María Urbina.

Los datos que proporciona la monografía son los siguientes:

- ✓ Altura nivelada geométricamente: 3030.839 m.s.n.m.
- ✓ Zona y Datum: 18N y WSG-84



**"CONSTRUCCIÓN DE ACUEDUCTO Y TANQUE DE
ALMACENAMIENTO DE AAPP (PARA UNA POBLACIÓN
APROX. DE 5000 USUARIOS), EN EL CANTÓN TULCÁ,
PROVINCIA DEL CARCHI"**

✓ Coordenadas UTM, norte: 196933.165, este 89370.909

Tabla 1. Placa IGM PE-7479-Y



Fotografía 1. Placa IGM PE 12-VII-66



Fotografía 2. Punto GPS1

4.1.1 Medición con Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS)

La figura 2 muestra el enlace realizado entre los puntos GPS1 y la placa IGM, la cual tuvo una duración de 6 horas, teniendo una separación entre ambos puntos de 2.5 kilómetros.

La fórmula para calcular el tiempo de observación GNSS es = 30 minutos + (2 minutos * Distancia en km). La ecuación fue tomada de las Especificaciones Técnicas para Cartografía del IGM.

Tabla 2. Georreferenciación de estaciones en Sector Santa Rosa de Taques



Fotografía 1. Receptor GNSS en Punto A



Fotografía 2. Receptor GNSS en Punto B



**"CONSTRUCCIÓN DE ACUEDUCTO Y TANQUE DE
ALMACENAMIENTO DE AAPP (PARA UNA POBLACIÓN
APROX. DE 5000 USUARIOS), EN EL CANTÓN TULCÁ,
PROVINCIA DEL CARCHI"**

De igual manera se muestra en figura 3 los enlaces realizados entre el punto GPS1 con los puntos A y B, para las respectiva verificación de la poligonal realizada y los ajustes necesarios. El tiempo que se consideró para las mediciones de las estaciones fue de 2 horas.

Las estaciones sirvieron para generar las poligonales abiertas con puntos de control y poligonales cerradas.

4.1.2 Medición con RTK

Para el presente trabajo se realizaron poligonales abiertas con puntos de control. Una vez calculada la poligonal, desde sus vértices se procede a la radiación de todos los detalles encontrados como líneas de fábricas, terreno, predios, muros, postes, vías, bordillo, tanques de reservorio, cámaras, etc.

Tabla 3. Obtención de datos mediante la Estación Total



Fotografía 1. Cámara A.A.L.L.



Fotografía 2. Topografía



**"CONSTRUCCIÓN DE ACUEDUCTO Y TANQUE DE
ALMACENAMIENTO DE AAPP (PARA UNA POBLACIÓN
APROX. DE 5000 USUARIOS), EN EL CANTÓN TULCÁ,
PROVINCIA DEL CARCHI"**



Fotografía 3. Tanque de A.A.P.P.



Fotografía 4. Terreno Natural



**Fotografía 5. Calado para el cambio
de estación**



Fotografía 6. Topografía



**"CONSTRUCCIÓN DE ACUEDUCTO Y TANQUE DE
ALMACENAMIENTO DE AAPP (PARA UNA POBLACIÓN
APROX. DE 5000 USUARIOS), EN EL CANTÓN TULCÁ,
PROVINCIA DEL CARCHI"**



Fotografía 7. Topografía Parterre



Fotografía 8. Topografía Poste

4.2 Trabajo de Oficina

4.2.1 Proceso de Datos obtenidos con Receptores GNSS

En este enlace se empleó el método estático que consiste en realizar observaciones con dos receptores estacionados en los vértices geodésicos de los cuales se quiere conocer las coordenadas. A partir de esas observaciones se obtienen posicionamientos relativos entre las estaciones, de manera que si se consideran conocidas las coordenadas absolutas de una de ellas se determinan las coordenadas de las demás. Con el fin de obtener una mayor fiabilidad se deben realizar observaciones de mínimo 30 minutos de duración, ya que los receptores deben registrar datos durante un cierto periodo de tiempo y hay que tener en cuenta factores como la longitud de la línea base (a mayor distancia entre vértices se necesita mayor tiempo de observación para procesar las líneas base). A más distancia entre vértices, se necesita más tiempo de observación para poder resolver las ambigüedades y obtener unas coordenadas con la precisión suficiente, hay que tener en cuenta el número de satélites y la geometría.



**"CONSTRUCCIÓN DE ACUEDUCTO Y TANQUE DE
ALMACENAMIENTO DE AAPP (PARA UNA POBLACIÓN
APROX. DE 5000 USUARIOS), EN EL CANTÓN TULCÁ,
PROVINCIA DEL CARCHI"**

Usando el software Topcon Tools se procede a realizar el post-proceso de los datos obtenidos en campo. A partir del punto fijo, se pudo obtener las coordenadas de las estaciones que permitieron georreferenciar el levantamiento planimétrico y verificar el altimétrico.

Los parámetros considerados para este tipo de proceso son los siguientes:

- **Tiempo de observación:** dependiendo de la separación entre estaciones, pero no deberá ser menor a 30 minutos.
- **Intervalo de captura máximo:** 10 segundos
- **Angulo de elevación máximo:** 15 grados
- **PDOP máximo:** 4
- **Cantidad mínima de satélites:** 18 entre GPS y GLONASS
- **Exactitud:** La exactitud de la red al 95% de confiabilidad debe ser mejor o igual a ± 2 centímetros.

En la proyección Universal Transverse Mercator, los datos obtenidos con los receptores GNSS se ajustan a partir de factores de escala y ángulos de convergencia para el acoplamiento con los datos de la estación total. Dichos cálculos vienen intrínsecos en los programas de ajuste de los receptores GNSS o se pueden usar las ecuaciones que se encuentran en la norma del IGM del país.

4.2.1.1 Cálculo de Reducción de Distancia Horizontal a Nivel Medio del Mar o Distancia Geodésica

Las fórmulas vienen indicadas de la siguiente manera:

$$C = DH * \left(\frac{H}{R}\right)$$

$$DG = DH - C$$

$$FNMM = DG/DH$$

Donde:

C = Corrección de la Distancia

DH = Distancia Horizontal



**"CONSTRUCCIÓN DE ACUEDUCTO Y TANQUE DE
ALMACENAMIENTO DE AAPP (PARA UNA POBLACIÓN
APROX. DE 5000 USUARIOS), EN EL CANTÓN TULCÁ,
PROVINCIA DEL CARCHI"**

H = Altura Promedio de los dos puntos de la línea

R = Radio de curvatura (6.375.480m)

DG = Distancia Geodésica cuando la distancia no pasa de 9 Km.

FNMM = Factor de corrección de nivel medio del mar.

4.2.1.2 Cálculo de Factor de Escala que nos permite transformar una distancia geodésica a una distancia de cuadrícula.

Fórmula:

$$P = \left(\frac{E2+E1}{2} \right) - 500000) * 0.000001$$
$$FE = (1 + (0.012383) * P^2 + 0.00003 * P^4) * 0.9996$$

Donde:

E1 Y E2 = Coordenadas UTM en Este

FE = Factor de Escala

P = Promedio de la distancia en coordenadas UTM Este

4.2.1.3 Cálculo de Factor Combinado

Nos permite calcular directamente una distancia horizontal a distancia de cuadrícula

$$FC = FNMM * FE$$

Donde:

FC = Factor Combinado

4.2.1.4 Ángulo de Convergencia

El ángulo de convergencia o convergencia de cuadrícula, es el ángulo que forma el Norte de Cuadrícula y el Norte Geográfico



**"CONSTRUCCIÓN DE ACUEDUCTO Y TANQUE DE
ALMACENAMIENTO DE AAPP (PARA UNA POBLACIÓN
APROX. DE 5000 USUARIOS), EN EL CANTÓN TULCÁ,
PROVINCIA DEL CARCHI"**

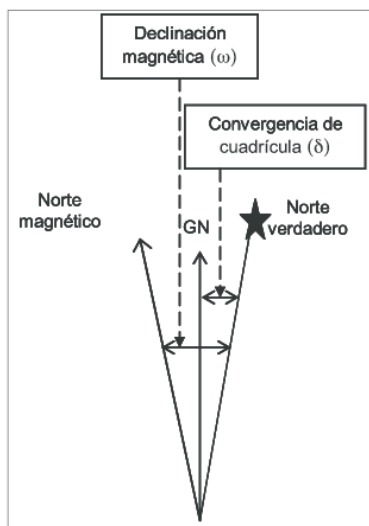


Figura 2. Esquema del ángulo de convergencia

4.2.2 Proceso de Datos obtenidos con Estación Total

Para el proceso de datos se procede con la descarga de los archivos de RTK utilizando el software Survey Master.

Una vez descargados los datos se procede a calcular la poligonal para su verificación.

En forma general, las poligonales pueden ser clasificadas en:

- Poligonal Cerrada: En las cuales el punto de inicio es el mismo punto de cierre, proporcionando por lo tanto control de cierre angular y lineal.
- Poligonales Abiertas con Puntos de Control: 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.
- Poligonales Abiertas Sin Control: En las cuales no es posible establecer los controles de cierre, ya que no se conocen las coordenadas del punto inicial y/o final, o no se conoce la orientación de la alineación inicial y/o final.



**"CONSTRUCCIÓN DE ACUEDUCTO Y TANQUE DE
ALMACENAMIENTO DE AAPP (PARA UNA POBLACIÓN
APROX. DE 5000 USUARIOS), EN EL CANTÓN TULCÁ,
PROVINCIA DEL CARCHI"**

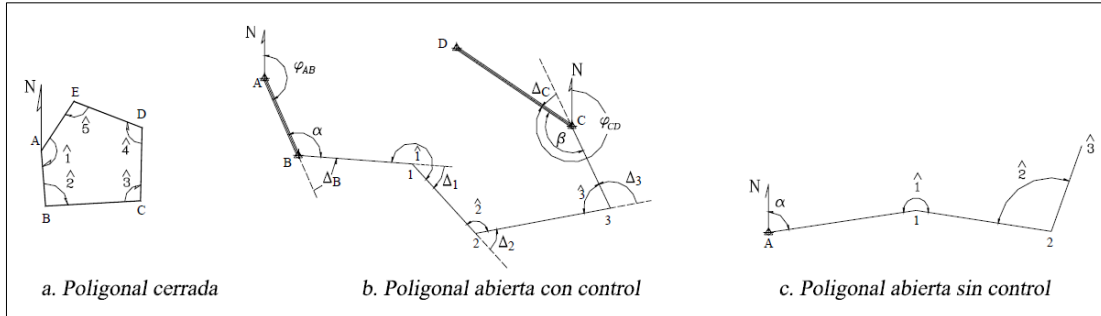


Fig. 3 Tipos de Poligonales en Topografía

4.2.2.1 Control de Cierre para Poligonal Cerrada

4.2.2.1.1 Control de Cierre Angular

En una poligonal cerrada se debe cumplir que la suma de los ángulos internos o externos debe ser:

$$\Sigma \angle_{\text{ext o int}} = (n \pm 2)180^\circ$$

Donde n es el número vértices de la poligonal y el signo se utiliza según:

$$\text{Para ángulos externos} \rightarrow (n+2) \times 180^\circ$$

$$\text{Para ángulos internos} \rightarrow (n-2) \times 180^\circ$$

Por lo tanto, el error de cierre angular se determina por la diferencia entre la suma de los ángulos medidos en el campo, menos la suma determinada por la condición angular:

$$\text{Error de Cierre Angular} = E_a = \Sigma \angle (\text{externos o internos}) - (n \pm 2)180$$

El tolerancia angular máxima permisible se lo calcula :

$$T_a = a\sqrt{n}$$

Donde:

a= Aproximación de la RTK, para este caso, según norma el valor de a es igual a 10".

n= Número de vértices de una poligonal



**"CONSTRUCCIÓN DE ACUEDUCTO Y TANQUE DE
ALMACENAMIENTO DE AAPP (PARA UNA POBLACIÓN
APROX. DE 5000 USUARIOS), EN EL CANTÓN TULCÁ,
PROVINCIA DEL CARCHI"**

Si el error angular en una poligonal es menor o igual que la tolerancia angular se realiza la compensación angular, distribuyendo el error entre el número de vértices utilizando el factor de corrección.

$$Ca = - Ea/n$$

4.2.2.1.2 Control de Cierre Lineal

En una poligonal cerrada la suma de las proyecciones sobre el eje norte-sur debe ser igual a cero. De igual manera, la suma de las proyecciones sobre el eje este-oeste debe ser igual a cero.

Debido a los inevitables errores instrumentales y operacionales presentes en la medición de distancias, la condición lineal mencionada nunca se cumple, obteniéndose de esta manera el error de cierre lineal.

Si hacemos suma de proyecciones a lo largo del eje norte-sur tendremos,

$$\epsilon \Delta N = \Sigma \Delta N - S$$

de igual manera, sumando proyecciones sobre el eje este-oeste, tenemos

$$\epsilon \Delta E = \Sigma \Delta E - O$$

el error lineal vendrá dado por

$$\epsilon L = \sqrt{\epsilon \Delta N^2 + \epsilon \Delta E^2}$$

Una vez calculado el error lineal, se debe verificar que éste sea menor a la tolerancia lineal, definido por la siguiente ecuación.

$$P = \epsilon L / \Sigma L$$

en donde:

P = precisión de la poligonal

ΣL = suma de los lados de la poligonal en metros

El error relativo n, generalmente expresado en términos 1:n, viene dado por el inverso de P.

$$n = 1/P$$



**"CONSTRUCCIÓN DE ACUEDUCTO Y TANQUE DE
ALMACENAMIENTO DE AAPP (PARA UNA POBLACIÓN
APROX. DE 5000 USUARIOS), EN EL CANTÓN TULCÁ,
PROVINCIA DEL CARCHI"**

Según normas de Interagua se tiene que el error relativo es el siguiente:

Polígono Base Principal $L/25.000 = 0.040 \text{ m/Km}$

Polígono Secundario $L/15.000 = 0.067 \text{ m/Km}$

4.2.2.2 Control de Cierre para Poligonal Abierta con Puntos de Control

4.2.2.2.1 Control de Cierre Angular

El error angular viene dado por la diferencia entre el acimut final observado y el acimut final calculado.

El acimut observado, son los valores obtenidos por la estación total; y el acimut calculado, es el valor conocido a partir de los datos de las coordenadas de los puntos de control.

$$\text{Error de Cierre Angular} = E_a = \text{AZ final observado} - \text{AZ final calculado}$$

$$\text{AZ final observado} = \text{AZ inicial} + \sum \angle \text{internos} - n \times 180$$

Al igual que en poligonales cerradas, se compara el error angular con la tolerancia angular.

$$T_a = a\sqrt{n}$$

Donde:

a = Aproximación de la estación total, para este caso, según norma Interagua el valor de a es igual a $10''$.

n = Número de vértices de una poligonal

Si el error angular en una poligonal es menor o igual que la tolerancia angular se realiza la compensación angular, distribuyendo el error entre el número de vértices utilizando el factor de corrección.

$$C_a = - E_a/n$$

4.2.2.2.2 Control de Cierre Lineal

En el caso de una poligonal abierta, la suma de las proyecciones sobre el eje norte-sur debe ser igual a la diferencia entre las coordenadas norte de los puntos de control inicial y final y la suma de las proyecciones sobre el eje este-oeste debe ser igual a la diferencia



**"CONSTRUCCIÓN DE ACUEDUCTO Y TANQUE DE
ALMACENAMIENTO DE AAPP (PARA UNA POBLACIÓN
APROX. DE 5000 USUARIOS), EN EL CANTÓN TULCÁ,
PROVINCIA DEL CARCHI"**

entre las coordenadas este de los puntos de control inicial y final (ΔEBC); por lo tanto, el error sobre las proyecciones puede ser calculado de la siguiente manera:

ϵ Proyección Este = Σ proyección Este observada - Δ proyección Este Calculada

$$\epsilon \Delta N = \Sigma \Delta N - S - \Delta B - C$$

ϵ Proyección Norte = Σ proyección Norte observada - Δ proyección Norte Calculada

$$\epsilon \Delta E = \Sigma \Delta E - O - \Delta B - C$$

El Error lineal viene dado por la siguiente fórmula:

$$\epsilon L = \sqrt{\epsilon \Delta N^2 + \epsilon \Delta E^2}$$

Una vez calculado el error lineal, se debe verificar que éste sea menor a la tolerancia lineal, definido por la siguiente ecuación.

$$P = \epsilon L / \Sigma L$$

en donde:

P = precisión de la poligonal

ΣL = suma de los lados de la poligonal en metros

El error relativo n, generalmente expresado en términos 1:n viene dado por el inverso de P.

$$n = 1/P$$

Según normas de Interagua se tiene que el error relativo es el siguiente:

Polígono Base Principal 1/25.000 = 0.040 m/Km

Polígono Secundario 1/15.000 = 0.067 m/Km

5 CÁLCULOS Y RESULTADOS

5.1 Resultados Proceso GNSS

Los datos obtenidos de los receptores son procesados usando el SURVEY MASTER que nos muestras los satélites encontrados dentro del levantamiento realizado.



**"CONSTRUCCIÓN DE ACUEDUCTO Y TANQUE DE
ALMACENAMIENTO DE AAPP (PARA UNA POBLACIÓN
APROX. DE 5000 USUARIOS), EN EL CANTÓN TULCÁ,
PROVINCIA DEL CARCHI"**

5.2 Resultados de RTK

5.2.1 Poligonal

Se elaboró una poligonal abierta con puntos de control desde el sector Santa Rosa de Taques y a lo largo de la Av. Julio Robles hasta la Av. San Francisco pasando por el Hospital general Luis G. Dávila hasta el sector del complejo Los Pastos con una distancia aproximada de 8 Km. A lo largo de la vía se midieron 20 puntos de control para controlar la poligonal.

Tulcán, marzo de 2024

ELABORADO POR



Firmado electrónicamente por:
**JULIO EDUARDO
CHILIBOGA**



Firmado electrónicamente por:
**JEAN PIERRE LÓPEZ
MARTÍNEZ**

Ing. Julio Chiliboga - Ing. Jean López

ANALISTAS GESTIÓN TÉCNICA EPMAPA- T

REVISADO Y APROBADO POR



Firmado electrónicamente por:
**LUIS FERNANDO TOBAR
ESPINOZA**

Ing. Fernando Tobar

DIRECTOR GESTIÓN TÉCNICA EPMAPA- T