

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO  
DE LA COMUNIDAD VOLCANCITO, HACIA LA COMUNIDAD  
SAM GREENE, DEL MUNICIPIO DE TUCURÚ,  
DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ**

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

**HECTOR NERY HERNÁNDEZ VENTURA**

ASESORADO POR EL ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2007

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO:	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I:	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOVAL II:	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III:	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV:	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
SECRETARIA:	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**


DECANO:	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR:	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR:	Ing. Nicolás de Jesús Guzmán
EXAMINADOR:	Ing. Mario Rodolfo Corzo Ávila
SECRETARIO:	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DE LA COMUNIDAD VOLCANCITO, HACIA LA COMUNIDAD SAM GREENE, DEL MUNICIPIO DE TUCURÚ, DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil, el quince de marzo de 2004.



Héctor Nery Hernández Ventura



Guatemala, 16 de octubre de 2006  
Ref. EPS. C. 553.10.06

Ing. Angel Roberto Sic García  
Director Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Sic García.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor y Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Civil, **HECTOR NERY HERNÁNDEZ VENTURA**, procedí a revisar el informe final de la práctica de EPS, cuyo título es **"DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DE LA COMUNIDAD VOLCANCITO, HACIA LA COMUNIDAD SAM GREENE, DEL MUNICIPIO DE TUCURÚ, DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ"**.

Cabe mencionar que las soluciones planteadas en este trabajo, constituyen un valioso aporte de nuestra Universidad a uno de los muchos problemas que padece el área rural del país, beneficiando así a los pobladores del **Municipio de Tukurú**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"*Se y Enseñad a Todos*"

Ing. Luis Gregorio Alfaro Veliz  
Asesor – Supervisor de EPS  
Area de Ingeniería Civil



LGAV/jm



Guatemala, 16 de octubre de 2006  
Ref. EPS. C. 553.10.06

Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez  
Director Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Escobar Álvarez.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado "**DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DE LA COMUNIDAD VOLCANCITO, HACIA LA COMUNIDAD SAM GREENE, DEL MUNICIPIO DE TUCURÚ, DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ**" que fue desarrollado por el estudiante universitario **HECTOR NERY HERNÁNDEZ VENTURA**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del asesor y supervisor, en mi calidad de director apruebo su contenido; solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"D y Enseñad a Todos"

Ing. Angel Roberto Sic-García  
Director Unidad de EPS



ARSG/jm



Guatemala,  
9 de agosto de 2007

Ingeniero  
Fernando Amílcar Boiton Velásquez  
Director de la Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ing. Boiton.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DE LA COMUNIDAD VOLCANCITO, HACIA LA COMUNIDAD SAM GREENE, DEL MUNICIPIO DE TUCURÚ, DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ**, desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Héctor Nery Hernández Ventura, quien contó con la asesoría del Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Jorge Alejandro Arévalo Valdez  
Coordinador del Área de Topografía y Transporte

/bbdeb.



El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz y del Coordinador de E. P. S. Ing. Ángel Roberto Sic García, al trabajo de Graduación del Estudiante Héctor Nery Hernández Ventura, titulado "DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DE LA COMUNIDAD VOLCANCITO, HACIA LA COMUNIDAD SAM GREENE, DEL MUNICIPIO DE TUCURÚ, DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ", da por este medio su aprobación a dicho trabajo.



Ing. Fernando Amilcar Boiton Velásquez

Guatemala, septiembre de 2007.

/fabv



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DE LA COMUNIDAD VOLCANCITO, HACIA LA COMUNIDAD SAM GREENE DEL MUNICIPIO DE TUCURÚ, DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ**, presentado por el estudiante universitario **Héctor Nery Hernández Ventura**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
DECANO



Guatemala, septiembre de 2007

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A**

<b>DIOS</b>	Por darme la vida, ser la luz que me guía y da fuerza para recorrer el camino de la vida.
<b>MIS PADRES</b>	Héctor Neri Hernández García María Amparo Ventura Arellano de Hernández Como un agradecimiento y reconocimiento a sus esfuerzos y perseverar en este logro.
<b>MIS HERMANOS</b>	Lourdes Amparo, Claudia Lisette, Dario, Miguel, Estuardo.
<b>MI ESPOSA</b>	Mayra Maribel Balsells Vaides Por su amor y su apoyo
<b>MI HIJO</b>	Nery Alejandro Hernández Balsells Por ser una luz en mi vida.
<b>MIS SOBRINOS</b>	Luis Eduardo, Luisa María y Pedro Julio, por su cariño incondicional.
<b>MI CUÑADO</b>	Dr. Julio César Valdés Díaz, por ver en él un ejemplo a seguir.
<b>MIS PRIMOS</b>	Por ver en ellos un ejemplo a seguir y ser un ejemplo en ellos a perseverar.
<b>MIS TÍOS</b>	Por motivarme

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....</b>	<b>V</b>
<b>GLOSARIO.....</b>	<b>IX</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>XI</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>XIII</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>XV</b>
<b>1. ASPECTOS MONOGRÁFICOS DE LA POBLACIÓN</b>	
<b>BENEFICIADA.....</b>	<b>1</b>
1.1 Ubicación del departamento.....	1
1.1.1 Ubicación del municipio.....	2
1.1.2 Ubicación del proyecto.....	2
1.2 Vías de comunicación.....	3
1.3 Clima.....	5
1.4 Topografía del terreno.....	5
1.5 Vivienda.....	5
1.6 Educación.....	5
1.7 Salubridad.....	5
1.8 Agricultura y aspectos económicos.....	6
1.9 Estudio población y pronóstico de crecimiento.....	6
1.10 Necesidades de servicios e infraestructura.....	6
<b>2. ASPECTOS TÉCNICOS DEL PROYECTO.....</b>	<b>9</b>
2.1 Preliminar de campo.....	9
2.1.1 Selección de ruta.....	9

2.1.1.1	Selección de campo.....	9
2.1.1.2	Empleando mapas 1:50,000.....	9
2.1.2	Levantamiento topográfico preliminar.....	11
2.1.2.1	Planimetría.....	11
2.1.2.2	Altimetría.....	12
2.1.2.3	Secciones transversales.....	12
2.1.3	Cálculo topográfico.....	13
2.1.3.1	Cálculo planimétrico.....	13
2.1.3.2	Cálculo altimétrico.....	14
2.1.3.3	Cálculo de secciones transversales.....	15
2.1.4	Dibujo preliminar.....	15
2.1.4.1	Planimétrico.....	15
2.1.4.2	Altimétrico.....	16
2.1.4.3	Curvas de nivel.....	16
2.2	Diseño de localización.....	17
2.2.1	Corrimiento de línea.....	17
2.2.2	Cálculo de elementos de curva horizontal.....	18
2.2.3	Determinación de curva vertical.....	26
2.3	Movimiento de tierras	28
2.3.1	Diseño de la sub-rasante.....	28
2.3.2	Cálculo de correcciones por curva vertical a sub-rasante.....	30
2.3.3	Cálculo de áreas de secciones transversales.....	32
2.3.4	Cálculo de volúmenes de movimiento de tierra.....	33
2.3.5	Curva de balance.....	35
2.3.6	Maquinaria propuesta a utilizar.....	35
2.4	Drenajes.....	37
2.4.1	Estudio hidrológico, Método Racional, para la determinación de caudales de diseño.....	38

2.4.2	Diseño de cunetas.....	43
2.4.3	Drenajes transversales.....	44
2.4.4	Contra cunetas.....	48
2.5	Suelos.....	48
2.5.1	Inspección de suelos y muestreo.....	48
2.5.2	Análisis de resultados de laboratorio.....	48
2.6	Diseño de rodadura.....	49
2.6.1	Criterios de pavimentos.....	49
2.6.2	Análisis de cargas.....	53
2.6.3	Diseño de capa de rodadura.....	54
2.7	Presupuesto y programa de ejecución física y financiera.....	59
2.7.1	Cuantificación de renglones.....	59
2.7.2	Integración de costos unitarios por renglón.....	59
2.7.2.1	Factores utilizados.....	60
2.7.2.2	Modelo de integración de costos unitarios.....	60
2.7.3	Costo total del proyecto.....	62
2.8	Elaboración de planos.....	63
2.8.1	Dibujo de curvas de nivel.....	63
2.8.2	Dibujo de curvas horizontales.....	63
2.8.3	Dibujo de curvas verticales.....	63
2.8.4	Dibujo de drenajes.....	63
2.8.5	Dibujo de sección típica.....	63
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>65</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>67</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>69</b>
	<b>APÉNDICE.....</b>	<b>71</b>



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1	Localización del Proyecto.....	3
2	Carreteras departamentales.....	4
3	Conservación de la pendiente.....	10
4	Curvas de nivel.....	16
5	Corrimiento.....	17
6	Delta ( $\nabla$ ).....	18
7	Grado de una curva.....	19
8	Elementos de una curva horizontal.....	21
9	Ejemplo de curvas horizontales.....	25
10	Tipos de curva vertical.....	27
11	Ejemplo de curva vertical.....	31
12	Volumen en relleno.....	33
13	Distancia de paso.....	34
14	Detalle de cuneta.....	43
15	Sección típica F.....	44
16	Sección de drenaje transversal.....	45
17	Planta de caja recolectora de caudales.....	45
18	Sección caja recolectora de caudales.....	46
19	Detalles de cabezales de salida.....	46
20	Detalles de drenajes transversales con aletones.....	47
21	Curvas de granulometría para bases.....	51



## TABLAS

I	Poblaciones en la fase 1.....	6
II	Necesidades de las comunidades.....	7
III	Libreta de campo.....	13
IV	Coordenadas parciales y totales.....	14
V	Libreta de campo calculada.....	14
VI	Libreta de secciones.....	15
VII	Cálculo de niveles de libreta de secciones.....	15
VIII	Velocidad de diseño según tipo de sección.....	20
IX	Valores de “K”, según velocidad de diseño.....	27
X	Cálculo de rasante en curvas.....	32
XI	Coeficientes de escorrentía.....	42
XII	Diseño de espesores.....	57
XIII	Clasificación de materiales.....	58
XIV	Cuantificación.....	59
XV	Factores.....	60
XVI	Integración de costos unitarios.....	61
XVII	Costo total.....	62





## GLOSARIO

<b>Ampliación de curva</b>	Incremento al ancho de corona y de calzada, en el lado interior de las curvas del alineamiento horizontal.
<b>Bombeo</b>	Pendiente transversal descendente de la corona o subcorona, a partir de su eje y hacia ambos lados, en tangente horizontal
<b>Calzada</b>	Parte de la corona destinada al tránsito de vehículos.
<b>Contracuneta</b>	Canal que se ubica arriba de la línea de cerros de los cortes, para interceptar los escurrimientos superficiales del terreno natural.
<b>Corona</b>	Superficie terminada de una carretera, comprendida entre sus hombros.
<b>Cuneta</b>	Canal que se ubica en los cortes, en uno o en ambos lados de la corona, contiguo a la línea de hombros, para drenar el agua que escurre por la corona y el talud.
<b>Curva vertical</b>	Arco de parábola de eje vertical que une dos tangentes del alineamiento vertical.

<b>Derecho de vía</b>	Superficie de terreno cuyas dimensiones fija la Dirección General de Caminos, que se requiere para la construcción, conservación, reconstrucción, ampliación, protección en general, para el uso adecuado de una vía de comunicación y de sus servicios auxiliares.
<b>Grado de curvatura</b>	Ángulo subtendido por un arco de circunferencia de veinte metros de longitud.
<b>Pendiente</b>	Relación entre el desnivel y la distancia horizontal que hay entre dos puntos.
<b>Rasante</b>	Proyección del desarrollo del eje de la corona de una carretera sobre un plano vertical.
<b>Sección transversal</b>	Corte vertical normal al alineamiento horizontal de la carretera.
<b>Talud</b>	Inclinación de la superficie de los cortes o de los terraplenes.
<b>Tangente horizontal</b>	Tramo recto del alineamiento horizontal de una carretera.
<b>Tangente vertical</b>	Tramo recto del alineamiento vertical de una carretera

## RESUMEN

El diseño del tramo carretero comprendido de los caseríos Volcancito hacia Sam Greene, del municipio de Tucurú, Alta Verapaz está dirigida a solucionar el problema de la falta de una ruta vial que permita el comercio entre las comunidades y la cabecera municipal.

Se observó a las poblaciones desde los siguientes puntos de vista: geográfico, climático, social, productivo, educativo y de salud; determinando que las poblaciones pertenecientes al municipio de Tucurú, departamento de Alta Verapaz, son de clima cálido, con condiciones económicas de pobreza, con niveles educativos bajos y que por sus actividades se definen como comunidades agrícolas y venta de jornales, ya que además de cultivar también trabajan en fincas o salen en cuadrillas a trabajar a otras regiones del país.

Para dar una posible solución técnica al problema, se hicieron todas las medidas requeridas y los cálculos obligatorios para realizar las actividades necesarias de las cuales se pueden mencionar: visitas preliminares, levantamiento topográfico, cálculo topográfico, diseño geométrico, cálculo de movimiento de tierras, drenajes transversales y longitudinales, diseño de rodadura, presupuesto y dibujo de planos. El resultado de lo anterior es el diseño de la geometría y la rodadura, sección tipo F. El costo estimado para este proyecto es de **Q 2,567,213.84** con una longitud final de **5 kilómetros con 25 metros**.

Quedando por incluir en otro proyecto la construcción de un puente de concreto de una vía sobre el río Cucanja, de 20 mts de longitud, así como la construcción de una bóveda en el ramal de 8 mts de longitud.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera universitaria para poder plantear el diseño del tramo carretero.

### **Específicos**

1. Realizar la planificación y diseño del tramo carretero comprendido de la comunidad Volcancito hacia la comunidad Sam Greene Municipio de Tukurú, departamento de Alta Verapaz.
2. Desarrollar una investigación de tipo monográfica de la comunidad, donde enfoque aspectos de tipo social, económico, cultural, religiosos y ubicación, y una investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura.
3. Elaborar los presupuestos necesarios para realizar la búsqueda de financiamiento de la construcción.
4. Capacitar a los líderes comunitarios, en este caso los miembros de los comités que operan en las diferentes comunidades, de tal manera, que puedan contribuir directamente en la gestión de fondos para la construcción de la carretera y en el aspecto de la construcción y el mantenimiento de la misma.



## INTRODUCCIÓN

La Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, a través de la Unidad de Ejercicio Profesional Supervisado, -EPS-, realiza una investigación socioeconómica para que el estudiante aplique conocimientos y técnicas adquiridas durante su carrera universitaria, conviviendo directamente con la comunidad a investigar, con el objeto de determinar el grado de desarrollo, necesidades de infraestructura y las posibilidades de utilizar en forma adecuada, los recursos con que cuentan. Con ello se cumple con el objetivo de extensión universitaria, al ayudar a resolver algunos problemas de tipo económico y social que confrontan la mayoría de comunidades que están en vías de desarrollo.

El presente trabajo de diseño de construcción de un tramo carretero, encuentra su justificación en conocer la realidad social y económica de los Municipios del interior de la República, la misma es parte fundamental en la formación integral del estudiante.

El objetivo general de este informe consiste en aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera universitaria.

Como objetivo específico, se realiza planificación y diseño del tramo carretero comprendido de la comunidad Volcancito hacia la comunidad Sam Greene del municipio de Tukurú, departamento de Alta Verapaz para que el comercio entre ellas aumente y se tenga una vía de acceso hacia la cabecera municipal. Lo anterior, con el propósito que la actividad comercial de estas comunidades aumente y no se tenga el inconveniente en pleno siglo veintiuno de transportar



los productos que en estas comunidades se cosechan por horas a través de veredas cargando en mecapal o bien en algunos casos en animales.

La investigación fue realizada con el apoyo de la municipalidad de Tukurú, para lo cual se obtuvo de la institución un cuadro de comunidades con necesidades de desarrollo vial priorizado.

La metodología aplicada en la presente investigación, está fundamentada en el método científico, consistente en tres etapas: seminario preparatorio, trabajo de campo y trabajo de gabinete.

Seminario preparatorio: etapa en la cual se obtuvo información general sobre el contenido y actividades a realizar en el desarrollo del EPS durante el primer semestre del año 2004, tiempo en el cual se hizo la investigación documental, recopilación de bibliografía, diseño del camino, recopilar la información de campo y visita preliminar al Municipio para efectuar entrevistas con las autoridades municipales y la comunidad.

Trabajo de campo: constituye la segunda etapa, realizada durante los meses de febrero de 2004 a junio 2004, período en el cual se convivió con los habitantes del municipio de Tukurú, departamento de Alta Verapaz y los pobladores de las comunidades Volcancito y Sam Greene, se realizaron entrevistas a las autoridades municipales, instituciones y especialmente a los comités promejoramiento.

Finalmente, la última etapa es el resultado de la investigación, la cual consiste en el trabajo de gabinete que complementa la investigación realizada en la localidad. La información se presenta en un informe con los correspondientes planos del camino propuesto.

El contenido del presente informe comprende dos capítulos, los cuales describen de forma breve el resultado de la investigación de la siguiente manera:

En el capítulo uno se hace una descripción del marco general, división político administrativa, recursos naturales, población, servicios básicos y su infraestructura, infraestructura productiva, organización social y productiva, entidades de apoyo y flujo comercial.

El capítulo dos trata sobre los aspectos técnicos, los cuales se utilizaron para la elaboración de planos, como lo son normas de diseño y criterios para definir el tipo de camino, además obras de arte que se contemplan en una carretera y la forma en que se realizaron los cálculos.

En el diseño geométrico del tramo carretero se utilizaron las normas de DGC de Guatemala, sin embargo debido a lo montañoso de la topografía del tramo y el problema que representa en algunos comunitarios y finqueros ceder derecho de paso a una nueva vía que desarrollara el bien común de las comunidades, el trazo geométrico del tramo de carretera se ve afectada en su desarrollo, por lo cual las normas en determinadas curvas no se aplican a criterios de ingeniería si no a condiciones de topografía y derechos de paso, por lo cual se utilizó un radio de curva de 9.02 mts., con un grado de curvatura de 127°.

En el tramo también es necesaria la construcción de un puente vehicular de una vía en el tramo principal y sobre el ramal se contempla la construcción de una bóveda, obras que se dejan a criterio de la municipalidad para su futura planificación, dejando indicado en campo y planos la ubicación de las mismas.

Debido a que la norma de diseño indica que en pendiente mayores a 16% es necesario la construcción de empedrados y obras de protección, debido a experiencia en tramos similares en la región con pendientes mayores y a las características del material se considera empedrados y cunetas revestidas en pendientes mayores al 20%, criterio que se tomo para este diseño.

Al final, se exponen planos, conclusiones de la investigación, recomendaciones, anexos y la bibliografía consultada.

# 1. ASPECTOS MONOGRÁFICOS DE LA POBLACIÓN BENEFICIADA

## 1.1 Ubicación del departamento

El departamento de Alta Verapaz se encuentra situado en la región II o región Norte en la República de Guatemala, su cabecera departamental es Cobán y limita al Norte con el departamento de Petén; al Sur con los departamentos de Zacapa y Baja Verapaz; y al Este con el departamento de Izabal; y al Oeste con el departamento del Quiché. Se ubica en la latitud norte 15° 28' 07" y longitud oeste 90° 22' 36". Cuenta con una extensión territorial de 8,686 kilómetros cuadrados. El monumento de elevación se encuentra en la cabecera departamental, a una altura de 1,316.91 metros sobre el nivel del mar, pero su topografía es en extremo variada, con montañas y cimas que exceden de 3,000 metros de elevación y tierras bajas que descienden hasta unos 300 metros. La climatología es forzosamente variada, también en relación con la elevación y sinuosidades del terreno.

Esta cabecera se encuentra a una distancia de 219 kilómetros aproximadamente, de la ciudad capital.

Su integración política se encuentra conformada de la siguiente manera: se divide incluyendo su cabecera departamental en 15 municipios.

Además del español en este departamento se hablan los idiomas indígenas siguientes: Q'eqchi', Pocomchí y Achí.

Alta Verapaz posee un considerable número de áreas de potencial turístico y sitios naturales que, aunque son visitados por turistas nacionales y extranjeros, aún tienen un potencial no aprovechado.

### **1.1.1 Ubicación del municipio**

El municipio de Tukurú se encuentra ubicado en la parte sureste del departamento de Alta Verapaz. Se localiza en la latitud norte 15°17'32" y en la longitud oeste 90°07'06". Limita al Norte con los municipios de Senahú y San Pedro Carchá (Alta Verapaz); al Sur con el municipio Purulha (Baja Verapaz); al Este con los municipios de Senahú y Panzos (Alta Verapaz); y al Oeste con los municipios de San Juan Chamelco y Tamahú (Alta Verapaz). Cuenta con una extensión territorial de 96 kilómetros cuadrados y se encuentra a una altura de 476 metros sobre el nivel del mar, por lo que generalmente su clima es cálido. La distancia de este municipio a la cabecera departamental es de 62 kilómetros.

Tukurú se divide políticamente en tres aldeas: Raxquix, Chicobán y Cucanjá; y quince caseríos: Tambayal, Chimay, Cruz Chut, Volcancito, Chintún Jalauté, Nuevo Chintún, Pancajché, Pantoc, Sacpur, San Greene, Semococh, Xochelá, Canaan, Peniel y Tierra Blanca.<sup>1</sup>

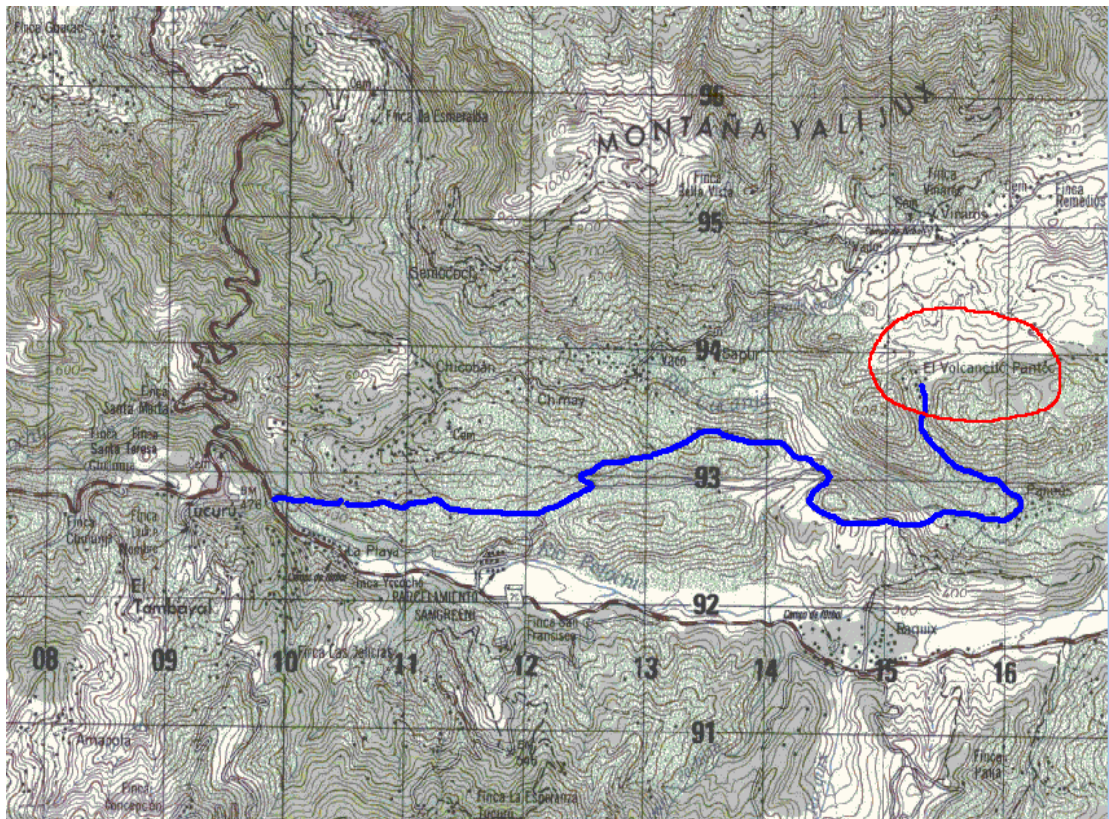
### **1.1.2 Ubicación del proyecto**

El caserío Volcancito, se encuentra ubicado al noreste del municipio de Tukurú, a ocho kilómetros de la cabecera municipal, el idioma dominante es el Q'eqchi'.

---

<sup>1</sup> Gremio Magisterial 16-06—11. Monografía de municipio de Tukurú. Septiembre 2000.

**Figura 1. Localización del Proyecto**



Fuente: Instituto Geográfico Nacional. CD de publicaciones, Año 2000.

## **1.2 Vías de comunicación**

A este municipio se puede llegar a través de la Ruta Nacional 7-E, también posee comunicación por medio de roderas, caminos y veredas todos de terracería que lo unen con los poblados vecinos.

Figura 2. Carreteras Departamentales



Fuente: Instituto Geográfico Nacional. CD de publicaciones, Año 2000.

### **1.3 Clima**

El caserío Volcancito tiene un clima templado frío, debido a que se encuentra a 1,850 metros sobre el nivel del mar<sup>2</sup>, la cabecera municipal es cálido por encontrarse a una altura de 465 metros sobre el nivel del mar.

### **1.4 Topografía del terreno**

Debido a que la comunidad se encuentra localizada en las faldas de dos cerros su topografía es quebrada y montañosa, la cual desciende a la cuenca del río Cucanja para luego salir de dicha cuenca hacia la cabecera municipal.

### **1.5 Vivienda**

La tipología de la vivienda del sector, responde a factores climáticos y culturales. Se pueden observar ventanas pequeñas, puertas bajas y en algunos casos, sobrecielos de madera. Muchas viviendas son de bajareque y techo de palma, aunque algunas cuentan con techo de lámina.

### **1.6 Educación**

La comunidad de Volcancito cuenta con una Escuela de Educación Primaria, en la cual se imparten clases en idioma Q'eqchi' y Castellano.

### **1.7 Salubridad**

Estas comunidades no cuentan con puestos de salud, existe un Centro de Salud tipo A en la cabecera municipal y dos Puestos de Salud uno en Raxquix y otro en Cucanja; los cuales proporcionan atención médica para todo el Municipio.

Están realizando proyectos de letrización y programas de salud por parte de la municipalidad de Tukurú a través del Sistema Integral de Atención en Salud, SIAS.

---

<sup>2</sup> Investigación de campo EPS, Marzo 2004.



### 1.8 Agricultura y aspectos económicos

La economía de las familias del caserío Volcancito y Pantoc se basa principalmente en el cultivo de las tierras, siembran maíz y frijol para subsistencia y eventualmente se emplean como jornaleros en fincas cercanas en tiempo de cosecha.

### 1.9 Estudio poblacional y pronóstico de crecimiento

La tasa de crecimiento del Municipio de Tukurú, según la unidad técnica de la Municipalidad de Tukurú es de 4.13%<sup>3</sup>. El censo de las comunidades Volcancito, Pantoc y Sam Greene el año 2002 y su proyección a 20 años es la siguiente:

**Tabla I. Poblaciones en la Fase 1**

Año	Volcancito			Pantoc			Sam Greene		
	F	M	T	F	M	T	F	M	T
2,003	425	390	<b>815</b>	131	136	<b>267</b>	496	518	<b>1,014</b>
2,023	955	876	<b>1,831</b>	294	306	<b>600</b>	1,114	1,164	<b>2,278</b>

F = Femenino M = Masculino T = Total

Fuente: Oficina de Planificación Municipalidad de Tukurú.

### 1.10 Necesidades de servicios e infraestructura

Las necesidades expresadas por los comités de las distintas comunidades son las siguientes:

---

<sup>3</sup> Oficina de Planificación Municipalidad de Tukurú.

**Tabla II. Necesidades de las Comunidades**

<b>Volcancito</b>	<b>Pantoc</b>	<b>Sam Greene</b>
Rehabilitación agua potable	Ampliación Escuela	Rehabilitación agua potable
Energía Eléctrica	Puente Vehicular	Centro de acopio
Centro de convergencia	Letrinización	Drenajes

Fuente: Oficina de Planificación Mucipalidad de Tukurú



## **2. ASPECTOS TÉCNICOS DEL PROYECTO**

### **2.1 Preliminar de campo**

#### **2.1.1 Selección de ruta**

Con la ayuda del mapa cartográfico 1:50,000 se visualiza la ruta que tomará el camino entre varias opciones posibles dependiendo de las características del camino a realizar.

Posteriormente, se realizó una visita de campo al camino existente, se ubicaron los lugares con mayor pendiente que no se ajustaba a la velocidad de diseño, se determinaron los lugares donde podrían hacerse los cambios de línea necesarios para darle una mayor longitud de desarrollo a las pendientes y mayor grado de curvatura a la geometría de la carretera para que el diseño geométrico cumpliera con las velocidades de diseño.

##### **2.1.1.1 Selección en campo**

La selección de ruta en campo es muy importante, ya que esta información se tomará y trasladará en gabinete para realizar el diseño, el cual se debe ajustar a las necesidades y condiciones de terreno existentes en las diferentes áreas por las cuales pasará el camino.

##### **2.1.1.2 Empleando mapas 1 : 50,000 (para brechas)**

Cuando en la visita de campo no puede escogerse la ruta, se realizará una selección de ruta por medio de mapas cartográficos, ya que estos contienen bastante información útil, como accidentes geográficos, topografía y otros, por lo que por medio de estos se puede realizar la selección de ruta. El método utilizado fue el de conservación de pendiente, es aconsejable para regiones montañosas. Por medio de este método se determinan los cambios de línea obligada para mejorar el diseño geométrico.

**Conservación de la pendiente:** consiste en mantener una pendiente constante. Los pasos para obtener la distancia que se debe recorrer entre una curva de nivel y otra, en pendiente positiva o negativa, se obtiene de la manera siguiente:

$$D.H. \approx \frac{\text{Intervalo\_de\_nivel}}{\text{Pendiente}(\%)/100}$$

D.H.=Distancia horizontal

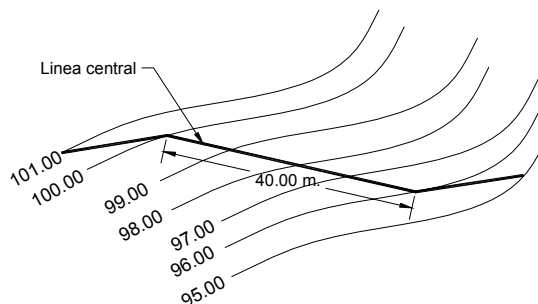
La aplicación del método requiere de un compás de precisión, al cual se le coloca la distancia horizontal calculada con la pendiente constante, se pone en el punto de inicio y se busca la siguiente curva de nivel en el mapa 1:50,000, uniendo los puntos marcados se obtiene la línea de pendiente constante que será usada en la selección de ruta. A manera de ejemplo se tienen los datos siguientes:

Pendiente 10%

Intervalo de nivel: cota 100.00 – cota 96.00 = 4.00 m.

Distancia horizontal = 4m / 0.1 = 40.00 m.

**Figura 3. Conservación de la pendiente**



## **2.1.2 Levantamiento topográfico de preliminar**

### **2.1.2.1 Planimetría**

Se realizó el levantamiento topográfico planimétrico, utilizando una poligonal abierta utilizando el método de conservación de azimut, con orientación de estación a estación de 180 grados.

En cada estación se dejaron marcas o trompos en la línea central y estacas a un lado de las mismas, en las cuales se marcó el kilometraje que tiene el trompo, ejemplo: 0+020, 0+040, 0+060 etc.

Para el replanteo de la línea central, se fundieron mojones o referencias a cada 500 metros, los que están indicados en los planos, convirtiéndose estos en puntos de control para el replanteo de la línea horizontal.

Para la realización de los trabajos de planimetría y señalización en campo de la topografía se utilizó el equipo siguiente:

- Teodolito Sokia modelo DT-6
- Trípode
- Brújula
- 2 plomadas
- Cinta métrica
- Trompos (para marcar la línea central)
- Estacas (para identificar el caminamiento de los trompos)

En el apéndice se presentan los planos, en los cuales se puede observar la planimetría del proyecto.

### **2.1.2.2 Altimetría**

El levantamiento topográfico de altimetría se realizó de acuerdo a una nivelación de primer orden con bancos de marca ubicados en lugares donde pudieran ser replanteados.

Para el replanteo de niveles, se fundieron mojones a cada kilómetro, los que están indicados en los planos.

Para la realización de los trabajos de altimetría se utilizó el equipo siguiente:

- Nivel de precisión marca Sokia
- Trípode
- Estadia

En el apéndice se presentan los planos, en los cuales se puede observar la altimetría del proyecto.

### **2.1.2.3 Secciones transversales**

Estas se realizan a lo largo de la carretera, en cada punto de nivelación, con el fin de definir las curvas de nivel en el derecho de vía, la alturas se miden con un nivel de mano, en cada cambio de pendiente, sirven para definir: la orilla de la carretera, la cuneta, el principio del talud, la corona del talud la contra cuneta y el terreno natural, definiendo así la topografía del lugar.

La información debe obtenerse dentro de una franja de 15 metros, a cada lado de la línea central, el modelo de libreta de campo lo podemos observar en el apéndice.

Los trabajos de seccionamiento se realizaron con el equipo siguiente:

- Nivel de mano
- Estadia
- Cinta métrica

### 2.1.3 Cálculo topográfico

#### 2.1.3.1 Cálculo planimétrico

Para el cálculo se utiliza el método Pensilvania, dando como resultado las coordenadas totales de la línea central preliminar.

El método de Pensilvania consiste en calcular coordenadas parciales por medio de utilización de las funciones trigonométricas seno y coseno, se asume que las coordenadas de la primera estación serán  $X = 0.00$  y  $Y = 0.00$ , luego con el ángulo horizontal y distancia se obtienen las  $\Delta X$  y  $\Delta Y$ , las cuales se suman algebraicamente para obtener las coordenadas totales.

Ejemplo:

**Tabla III. Libreta de Campo**

Estación	Punto Observado	Azimut			Distancia	Observaciones
		Grados	Minutos	Segundos		
E-0	E-1	95	30	20	45.86	Estación
E-1	E-2	32	25	10	86.25	Estación

$$\Delta X = \text{seno } (95.5055) * 45.86 = 45.6484$$

$$\Delta Y = \text{coseno } (95.5055) * 45.86 = -4.3999$$

$$\Delta X = \text{seno } (32.4194) * 86.25 = 46.2397$$

$$\Delta Y = \text{coseno } (32.4194) * 86.25 = 72.8075$$



**Tabla IV. Coordenadas Parciales y Totales**

Estación	Punto observado	$\Delta X$	$\Delta Y$	X total	Y total
E-0				0.0000	0.000
E-0	E-1	45.6484	-4.3999	45.6484	-4.3999
E-1	E-2	46.2397	72.8075	91.8881	68.4076

### 2.1.3.2 Cálculo altimétrico

Para el cálculo de las cotas se partió de un valor asumido (cota) en un banco de marca establecido indiferentemente en el lugar sobre un objeto fijo sobre el cual se pueda volver a verificar (B.M.); este caso fue mil y luego aplicando fórmulas para el cálculo de la altura de instrumento y la cota de nivelación, se obtuvieron los datos necesarios para representar gráficamente el perfil.

#### Fórmulas

Altura de instrumento = vista atrás + cota inicial

Cota de nivelación = altura de Instrumento – vista adelante

**Tabla V. Libreta de campo calculada**

Punto observado	Vista atrás	Altura de instrumento	Vista adelante	Cota de nivelación
E-1		<b>1001.51</b>	2.10	<b>999.41</b>
E-0 = B.M.	1.51	<b>1001.51</b>		<b>1000.00</b>
0+020		<b>1001.51</b>	2.55	<b>998.96</b>
0+040		<b>1001.51</b>	3.78	<b>997.73</b>
P.V.	0.56	<b>998.22</b>	3.85	<b>997.66</b>
E-2			1.46	<b>996.76</b>

### 2.1.3.3 Cálculo de secciones transversales

El cálculo de las cotas de sección transversales, requiere que se conozcan las cotas del eje central pues a estas se les suman o restan los datos de la libreta de campo.

**Tabla VI. Libreta de Secciones**

Izquierda				Derecha		
Dist./elev	Dist./elev	Dist./elev	Esta.	Dist./elev	Dist./elev	Dist./elev
15.30/- 1.20	12.20/- 0.50	3.50/-0.20	E-0	3.30/+0.30	10.50/+0.75	15.60/+1.35
14.80/- 1.35	10.50/- 0.45	3.30/-0.30	0+020	3.10/+0.40	9.75/+0.95	15.30/+1.65

**Tabla VII. Cálculo de niveles de libreta de secciones**

Elev.	Elev.	Elev.	Esta.	Elev.	Elev.	Elev.
998.80	999.50	999.80	E-0 = 1000.00	1000.30	1000.75	1001.35
998.65	999.55	999.70	0+020 = 998.96	1000.40	1000.95	1001.65

### 2.1.4 Dibujo de preliminar

#### 2.1.4.1 Planimétrico

Es la representación gráfica en planta de la carretera, se dibuja en un plano cartesiano por medio de las coordenadas totales de las estaciones. Para el efecto se utilizó la herramienta de software Autocad, inicia dibujando la línea central en planta para el cálculo de los azimuts y distancias de la línea de localización.

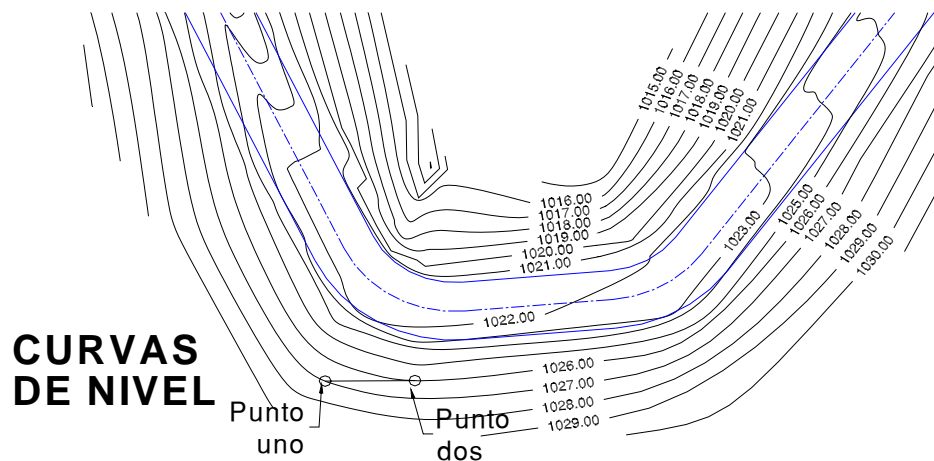
### 2.1.4.2 Altimétrico

En el dibujo de planta colocamos los niveles de cada estación a lo largo de la línea preliminar. Estos servirán para dibujar las curvas a nivel y los perfiles de diseño, ya que la línea de localización o línea central de la carretera no pasa exactamente por la línea preliminar de topografía, pero con la interpolación de curvas a nivel se puede dibujar el perfil de la línea de localización.

### 2.1.4.3 Curvas de nivel

Es la representación gráfica de los niveles de la carretera, pueden localizarse por interpolación, de acuerdo con las distancias obtenidas en el levantamiento planimétrico y los niveles del levantamiento altimétrico y secciones transversales. Por medio de las curvas a nivel del levantamiento se determinaron las pendientes del terreno. Ejemplo de curvas a nivel.

**Figura 4. Curvas de nivel**



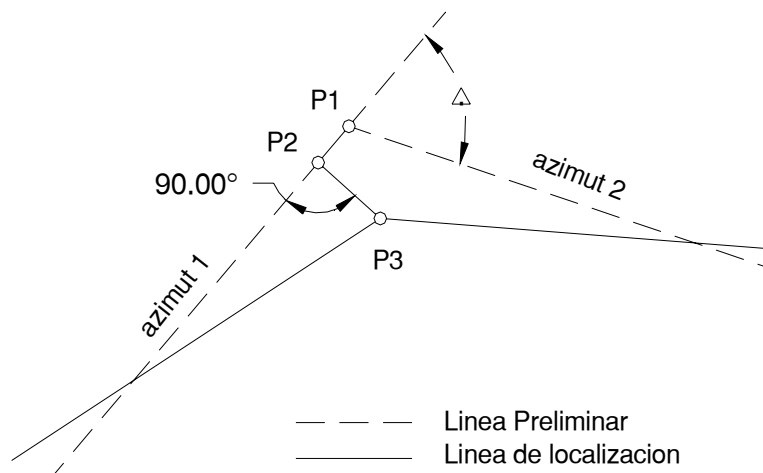
## 2.2 Diseño de localización

### 2.2.1 Corrimiento de la línea

Consiste en diseñar la línea final o línea de localización, la cual será definitiva para nuestro proyecto, proporcionando todos los datos que surjan de ésta a la brigada de campo para que proceda a colocarla en el campo. Para diseñar la línea se seguirán los siguientes pasos:

- La línea de localización se debe diseñar de acuerdo a la topografía del terreno, en lo posible lo más parecido a la línea de preliminar en planta, para obtener así un diseño con un movimiento de tierras económico, y además esta línea se debe ajustar a las especificaciones y criterios de diseño que existen para este tipo de alineamiento.
- Cuando el levantamiento se hace para rehabilitar una carretera, la línea de localización coincide con la línea preliminar, en algunos tramos, en tanto que en donde se hacen modificaciones no coinciden, esto permite establecer puntos de control entre la línea preliminar y de localización como se muestra en la figura siguiente:

**Figura 5. Corrimiento**

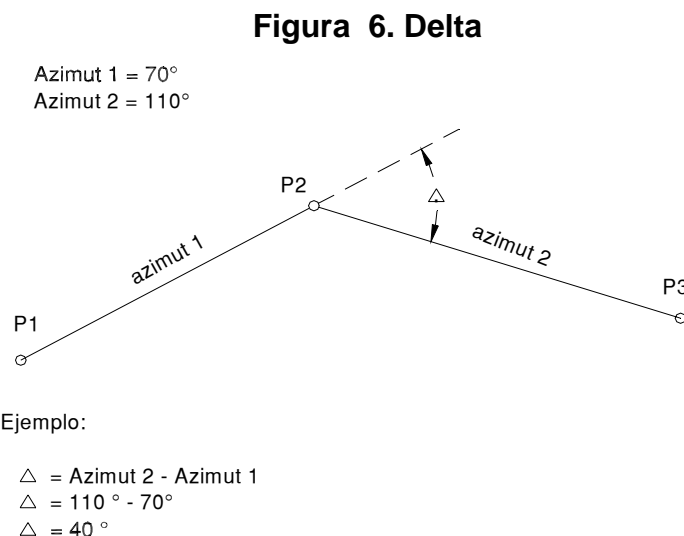


De manera que la línea de localización preliminar no siempre será la línea de localización del eje central final del camino, el cual se puede ir moviendo en el ancho de las secciones transversales para darle la mejor ubicación en el campo.

## 2.2.2 Cálculo de elementos de curva horizontal

### - Cálculo de delta ( $\nabla$ ).

Entre dos azimuts existe un delta o diferencia angular, la forma de calcular es restando el azimut 2 del azimut 1. El  $\Delta$  sirve para escoger el tipo de curva que se utilizará, mientras mas grande es el  $\nabla$  se utiliza un grado de curvatura mayor.



Para un  $\Delta = 40$  grados como en el ejemplo se utiliza una curva grado 24, según especificaciones generales de la Dirección General de Caminos.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dirección General de Caminos. Manual Normas de Diseño, Carreteras y Puentes.

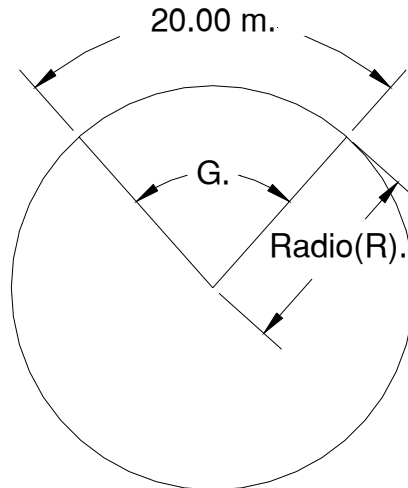
### -Cálculo de elementos de curva horizontal

Se le llama curva circular horizontal, al arco de circunferencia del alineamiento horizontal que une dos tangentes, luego de calcular los puntos de intersección, las distancias y los azimut, se procede al cálculo de las partes de curva que servirán para el trazo de la carretera.

### -Deducción de fórmulas

Las fórmulas de una curva horizontal están definidas por el grado de una curva (G), se define el grado de curva (G) como el ángulo central, sustentado por un arco de 20 metros. A partir de esta definición se obtienen las fórmulas de los diferentes elementos de una curva circular, como se muestra en la gráfica siguiente:

**Figura 7. Grado de una curva**



$$\frac{G}{360} = \frac{20}{2\pi R} \Rightarrow R = \frac{20 * 360}{2\pi G} = \frac{1145.9156}{G} \Rightarrow G = \frac{1145.9156}{R}$$

Para el cálculo de los elementos de curva, es indispensable tener las distancias entre los puntos de intersección (PI) de localización, el azimut y el grado de curvatura (G) que el diseñador escogerá de acuerdo al  $\Delta$  y la velocidad de diseño, según la tabla siguiente:

**Tabla VIII. Velocidad de diseño, según tipo de sección**

T.P.D.	Carretera	velocidad de diseño (km.)	Radio mínimo(m.)	Pendiente máxima (%)	Ancho de calzada
	Tipo "A"				2 x 7.20
3000.00	Llanas	100.00	375.00	3.00	
A	Onduladas	80.00	225.00	4.00	
5000.00	Montañosas	60.00	110.00	5.00	
	Tipo "B"				7.20
1500.00	Llanas	80.00	225.00	6.00	
A	Onduladas	60.00	110.00	7.00	
3000.00	Montañosas	40.00	47.00	8.00	
	Tipo "C"				6.50
900.00	Llanas	80.00	225.00	6.00	
A	Onduladas	60.00	110.00	7.00	
1500.00	Montañosas	40.00	47.00	8.00	
	Tipo "D"				6.00
500.00	Llanas	80.00	225.00	6.00	
A	Onduladas	60.00	110.00	7.00	
900.00	Montañosas	40.00	47.00	8.00	
	Tipo "E"				5.50
100.00	Llanas	50.00	75.00	8.00	
A	Onduladas	40.00	47.00	9.00	
500.00	Montañosas	30.00	30.00	10.00	
	Tipo "F"				5.50
10.00	Llanas	40.00	47.00	10.00	
A	Onduladas	30.00	30.00	12.00	
100.00	Montañosas	20.00	18.00	14.00	

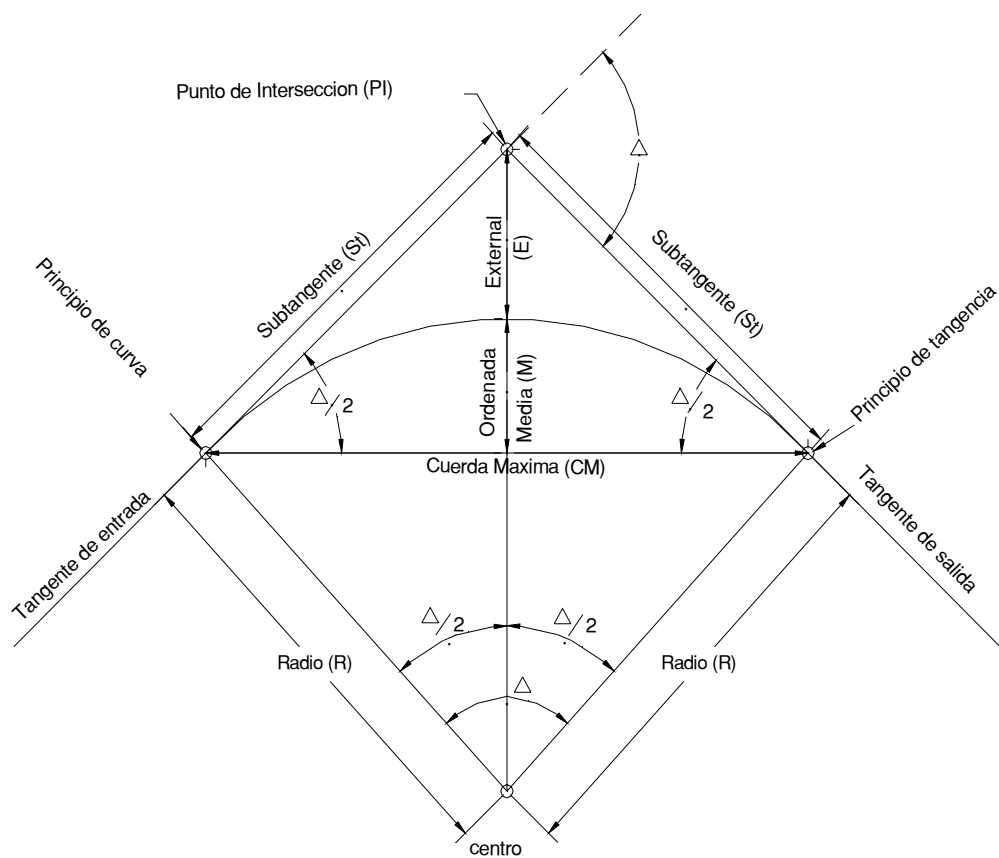
Fuente: Dirección General de Caminos de Guatemala (D.G.C.G.)

T.P.D.: Tráfico promedio diario

Una vez escogida la curva, se calculan sus elementos, entre los que se encuentran la sub-tangente (St), el largo de curva (Lc), el radio (R), el principio de curva (PC), el delta ( $\nabla$ ), la cuerda máxima (CM) , la ordenada

media (Om), el externál (E), el centro de la curva, el punto de intersección (PI), como se muestra en la gráfica siguiente.

**Figura 8. Elementos de una curva horizontal**





**-Longitud de curva (LC).**

Es la longitud del arco comprendida entre el principio de curva (PC) y el principio de tangencia (PT) según gráfica 7.

$$\frac{LC}{2\pi R} = \frac{\Delta}{360} \Rightarrow LC = \frac{2\pi R \Delta}{360}$$

$$LC = \frac{2\pi * \frac{1145.9156}{G} * \Delta}{360} = \frac{2\pi * 1145.9156 * \Delta}{360 * G} = \frac{20 * \Delta}{G}$$

Ejemplo:

De la gráfica 5 obtenemos  $\Delta = 101^\circ 14' 51'' = 101.2475$ ,  $G = 50$  para calcular la longitud de curva (LC).

$$LC = \frac{20 * \Delta}{G} = \frac{20 * 101.2475}{50} = 40.50$$

**-Sub-tangente (St):**

Es la distancia entre el Principio de Curva (PC) y el Punto de Intersección (PI), ya que la curva es simétrica, la distancia entre el Punto de Intersección (PI) y el principio de tangencia (PT) es igual. Ver gráfica No.12.

$$Tg \frac{\Delta}{2} = \frac{St}{R} \Rightarrow St = R * Tg \frac{\Delta}{2}$$

Ejemplo: Tenemos  $\Delta=101^\circ 14' 51''=101.2475$ ,  $G=50$ ,  $R=22.92$

$$St = R * Tg \frac{\Delta}{2} = 22.92 * tg \frac{101.2475}{2} = 27.9269$$

### **-Cuerda máxima (Cm).**

Es la distancia en línea recta desde el principio de curva (PC) al principio de tangencia (PT) ver gráfica 12.

$$\text{Sen} \frac{\Delta}{2} = \frac{Cm/2}{R} \Rightarrow \frac{Cm}{2} = R * \text{Sen} \frac{\Delta}{2} \Rightarrow Cm = 2 * R * \text{Sen} \frac{\Delta}{2}$$

Ejemplo: de la gráfica 5 tenemos  $\Delta=101^\circ 14' 51''=101.2475$ ,  $G=50$ ,  $r=22.92$

$$Cm = 2 * R * \text{Sen} \frac{\Delta}{2} = 2 * 22.92 * \text{sen} \frac{101.2475}{2} = 35.4342$$

### **-Externál (E)**

Es la distancia desde el PI al punto medio de la curva ver gráfica 12.

$$\text{Cos} \frac{\Delta}{2} = \frac{R}{R + E}$$

$$R * \text{Cos} \frac{\Delta}{2} + E * \text{Cos} \frac{\Delta}{2} = R$$

$$E * \text{Cos} \frac{\Delta}{2} = R - R * \text{Cos} \frac{\Delta}{2}$$

$$E = \frac{R - R * \text{Cos} \frac{\Delta}{2}}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} \Rightarrow E = \frac{R(1 - \text{Cos} \frac{\Delta}{2})}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} = R * \text{Sec} \frac{\Delta}{2}$$

Ejemplo: de la gráfica 12 tenemos  $\Delta=101^\circ 14' 51''=101.2475$ ,  $G=50$ ,  $r=22.92$

$$E = R * \text{Sec} \frac{\Delta}{2} = 22.92 * \text{Sec} \frac{101.2475}{2} = 13.2080$$

### **-Ordenada media (Om):**

Es la distancia dentro del punto medio de la curva y el punto medio de la cuerda máxima, ver figura 11.

$$\cos \frac{\Delta}{2} = \frac{R - M}{R}$$

$$R * \cos \frac{\Delta}{2} = R - M$$

$$M = R - R * \cos \frac{\Delta}{2}$$

$$M = R(1 - \cos \frac{\Delta}{2})$$

Ejemplo;  $\Delta = 101^\circ 14' 51'' = 101.2475$ ,  $G = 50$ ,  $r = 22.92$

$$M = R(1 - \cos \frac{\Delta}{2}) = 22.92(1 - \cos \frac{101.2475}{2}) = 8.3793$$

Para el cálculo de los estacionamientos de la línea de localización, se utilizan los datos de sub tangente y longitud de curva, para obtener el PC, se restan la sub tangente del punto de intersección, luego para obtener el principio de tangencia se suma la longitud de curva y así sucesivamente, ejemplo:

datos:

$$G1 = 50^\circ$$

$$G2 = 100^\circ$$

$$\Delta1 = 101^\circ 14' 51''$$

$$\Delta2 = 96^\circ 38' 5''$$

$$LC = 40.50m.$$

$$LC = 19.33$$

$$St1 = 27.93m.$$

$$St2 = 12.87$$

Solución:

$$Pc1 = EstPI1 - St1$$

$$Pt1 = Pc1 + LC1$$

$$Pc1 = 6 + 497.05 - 27.93$$

$$Pt1 = 6 + 469.12 + 40.50$$

$$Pc1 = 6 + 469.12$$

$$Pt1 = 6 + 509.62$$

$$Tg = (EstPI2 - EstPI1) - (St1 + St2)$$

$$Tg = (6 + 551.79 - 6 + 497.05) - (27.93 + 12.87)$$

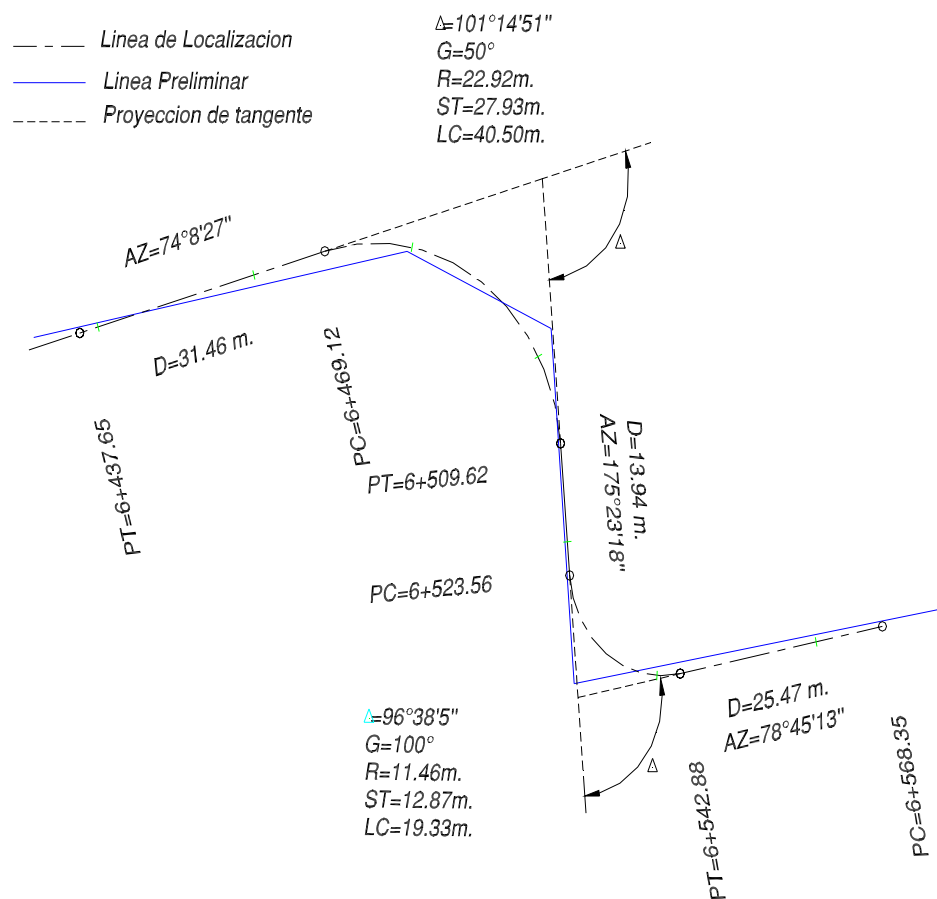
$$Tg = 13.94$$

$$Pc2 = Pt1 + Tg \qquad Pt2 = Pc2 + Lc2$$

$$Pc2 = 6 + 509.62 + 13.94 \qquad Pt2 = 6 + 523.56 + 19.33$$

$$Pc2 = 6 + 523.56 \qquad Pt2 = 6 + 542.88$$

**Figura 9. Ejemplo de curvas horizontales**



### 2.2.3 Determinación de curva vertical

Se utilizó el perfil de la sub rasante, para unir la pendiente de entrada con la de salida y para suavizar los cambios de pendiente, puesto que a través de su longitud, se efectúa un cambio gradual de concavidad, proporcionando una operación segura y confortable en el manejo del vehículo.

Cuando la diferencia de pendientes es menor al 0.5%, no es necesario proyectar una curva vertical, pues el cambio de pendiente es muy pequeño y se pierde durante la construcción.

Existen varios tipos de curvas verticales, entre las más comunes están:

- Parabólicas
- Hiperbólicas
- Curvas verticales con trazos especiales

Estas curvas son las que se usa en la Dirección General de Caminos de Guatemala, la de mayor uso es la parabólica simple, debido a la facilidad del cálculo y adaptabilidad a las condiciones necesarias de operación.

Para el diseño deben considerarse las longitudes mínimas permisibles de las curvas, con el fin de evitar traslape entre las mismas y permitir mejor visibilidad al conductor. Para el cálculo de las curvas se debe tener en cuenta lo siguiente:

#### **-Visibilidad de parada**

La longitud mínima de las curvas verticales, se calcula con la expresión siguiente:

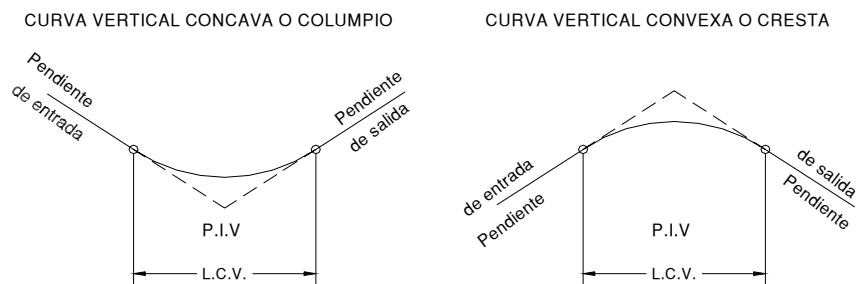
$$L = k * A$$

siendo L= Longitud mínima de la curva vertical en metros.

A= Diferencia algebraica de las pendientes de las tangentes verticales, en porcentaje.

K= Parámetro de la curva, cuyo valor mínimo se especifica en la figura siguiente.

**Figura 10. Tipos de curva vertical**



La longitud mínima de las curvas verticales en ningún caso deberá ser menor a lo indicado en la Tabla siguiente.

**Tabla IX. Valores de “K”, según velocidad de diseño**

Velocidad de diseño en K.P.H.	Valores de K, según tipo de curva	
	Cóncava	Convexa
10	1	0
20	2	1
30	4	2
40	6	4
50	9	7
60	12	12
70	17	19
80	23	29
90	29	43
100	36	60

Ejemplo: encontrar la longitud mínima de curva vertical si la diferencia algebraica de pendientes es 6%, la curva es cóncava y la velocidad de diseño 40 kilómetros por hora.

$$L = k * A = 6 * 6 = 36 \text{ m.}$$

## **2.3 Movimiento de Tierras**

### **2.3.1 Diseño de la sub-rasante**

El diseño de la sub-rasante en el perfil de localización se realiza por el método prueba y error, los cuales disminuirán únicamente de acuerdo con la experiencia del diseñador. El movimiento de tierras deberá ser un factor importante a la hora del trazo de las tangentes verticales, cuando este es menor influye en la economía de la carretera; el balance de masas es uno de los criterios que se tienen que utilizar, ya que con este, se busca en un tramo de 500 metros, balancear los cortes con los rellenos para no tener material de préstamo, es recomendable que los cortes queden pendiente arriba de los rellenos, con el fin de facilitar el transporte del material, entre los aspectos que hay que tener en cuenta cuando se diseña el alineamiento vertical están los siguientes:

#### **- Ancho de sección típica**

Se solucionó por las especificaciones el tipo "F" (ver tabla IX, pag. 26). Con este ancho, según tablas, se pueden observar en las secciones los cortes y rellenos que genera el movimiento de tierras, y permitirá ver si en alguna sección, los taludes no se pueden hacer debido a viviendas, roca, monumentos, postes etc.

#### **- Alineamiento Horizontal**

Este es importante pues a partir de este alineamiento se dibuja el perfil actual de la carretera. En el alineamiento horizontal se indican los azimut, distancias, curvas horizontales, principios de curvas, principios de tangencia, longitudes de curva y toda la información que corresponde al alineamiento horizontal, que son los que definen el caminamiento de la carretera.

### **- Puntos obligados**

En el alineamiento horizontal como en el vertical, existen puntos obligados, que se definen por la altimetría de un estacionamiento, como en el caso de un puente existente, en el que la sub rasante deberá pasar por este punto, debido a que el puente no puede variar su posición, otros puntos obligados son nacimientos de agua, para los cuales se deben construir las obras de protección necesarias, terreno rocoso, crecientes de ríos, en las cuales se determina la creciente máxima y la altura final del puente, para definir la sub-rasante, casas a la orilla de la carretera. Los puntos obligatorios son aquellos puntos por los cuales la carretera deberá pasar no importando que se tengan la necesidad de hacer cortes y/o rellenos para llegar a este nivel.

### **- Pendiente máxima**

Cuando en tramos se presenta una pendiente fuerte es recomendable que se deje la mayor al principio para tratar de suavizarla en el final, a fin de evitar que los vehículos pierdan velocidad al estar cargados. Si la pendiente es larga se recomienda hacer un descanso en medio de tangentes, para lograr avance.

### **- Pendiente mínima**

Para los rellenos no hay una pendiente mínima, pues el agua se drena por medio del bombeo de la carretera, cuando la sección transversal sea de corte se recomienda una pendiente mínima de 0.5%, para que el agua que cae en la cuneta pueda ser drenada hasta el cabezal de descarga.

### **- Datos de tipo de suelo**

Es importante conocer el tipo de suelo y darle la solución necesaria, como en el caso de material rocoso, material arcilloso, pantanos, arenas, y en general cualquier el tipo de suelo que se tenga.



### - Condiciones topográficas

Existen tres clasificaciones de terreno de acuerdo con la topografía, las que pueden ser: terreno llano, terreno ondulado, terreno montañoso.<sup>2</sup>

### - Curvas verticales

Existen dos tipos de curvas verticales la cóncava y la convexa. Debe evitarse curvas verticales cóncavas en corte, pues en estas se forman depósitos de agua que será difícil drenar. Se deben evitar depresiones pequeñas en la sub rasante que puedan ocultar los vehículos, es recomendable que los cambios sean graduales. Para simplificar los cálculos es aconsejable colocar los puntos de intersección verticales en estaciones exactas.

#### 2.3.2 Cálculo de correcciones por curva vertical a sub-rasante

Las curvas verticales pueden ser cóncavas o convexas, según su forma; la corrección máxima en la curva vertical es la ordenada media y puede calcularse con la fórmula siguiente:

$$OM = \frac{P2 - P1}{800} * L.C.V.$$

OM = Ordenada media

P1 = Pendiente de entrada

P2 = Pendiente de salida

L.C.V.= Longitud de curva vertical

La corrección para cualquier punto en una curva vertical se obtiene de la fórmula siguiente:

---

<sup>2</sup> Dirección General de Caminos

$$Y = \frac{OM}{\left[\frac{L.V.C.}{2}\right]^2} * D^2$$

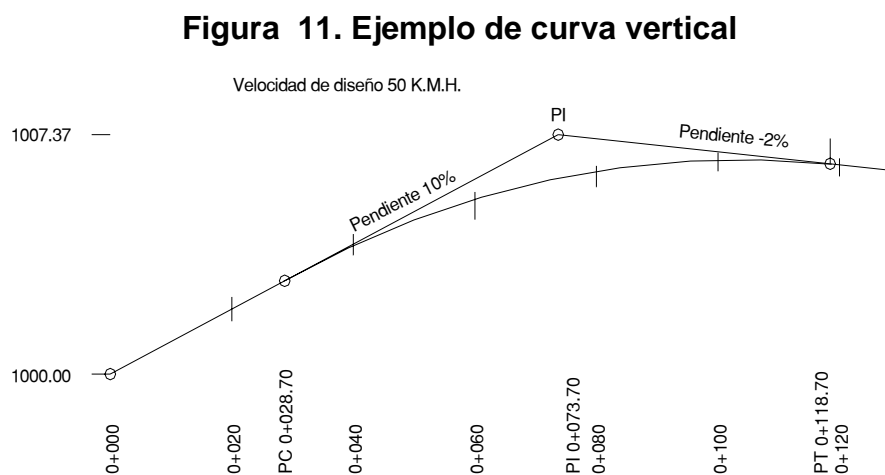
$$Y = K * D^2$$

$$K = \frac{OM}{\left[\frac{L.V.C.}{2}\right]^2}$$

donde Y = corrección en cualquier punto de la curva

D = distancia del punto intermedio de la curva a la estación deseada.

Ejemplo: encontrar las cotas de la rasante corregida de la siguiente curva vertical.



K=constante que depende de la velocidad de diseño

$$K = 7$$

$$\text{Diferencia algebraica } A = -2 - 10 = -12$$

$$L = K * A$$

$$L = 7 * 12 = 84$$

como la longitud mínima es 84 usaremos L.C.V.=90

$$\text{Ordenada media } OM = \frac{A}{800} * L.C.V. = \frac{12}{800} * 90 = 1.35$$

$$K = \frac{OM}{\left[\frac{L.C.V.}{2}\right]^2} = \frac{1.35}{\left[\frac{90}{2}\right]^2} = 0.000666666$$

**Tabla X. Cálculo de rasante en curvas**

Estación	Línea	Pendiente	Rasante	Corrección	Rasante corregida
0+000		10%	1,000.00	0.0000	1,000.00
0+020		10%	1,002.00	0.0000	1,002.00
0+028.70	PC	10%	1,002.87	0.0000	1,002.87
0+040		10%	1,004.00	0.0851	1,003.91
0+060		10%	1,006.00	0.6531	1,005.35
0+073.70	PI	10%	1,007.37	1.3500	1,006.02
0+080		-2%	1,007.24	0.9985	1,006.25
0+100		-2%	1,006.84	0.2331	1,006.61
0+118.70	PT	-2%	1,006.47	0.0000	1,006.47
0+120		-2%	1,006.44	0.0000	1,006.44
0+140		-2%	1,006.04	0.0000	1,006.04

### 2.3.3 Cálculo de áreas de secciones transversales

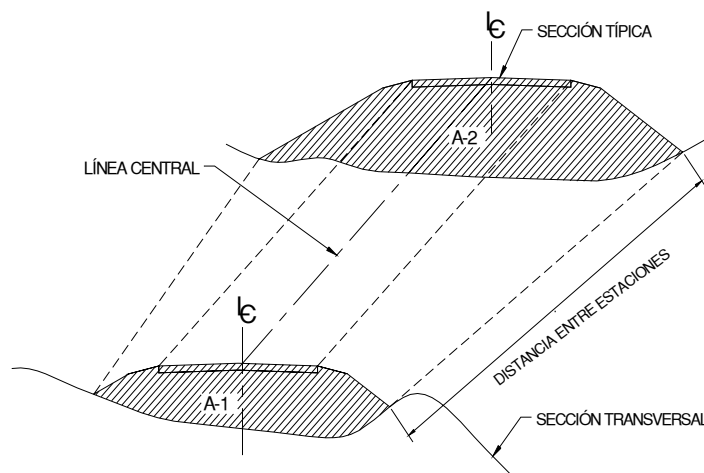
Se dibujan las secciones transversales de la línea de localización en estaciones a cada 20 metros, al asignarle la sección típica que fue diseñada para el tipo de carretera, ya que con sus taludes se delimitarán las áreas de corte y relleno.

Uno de los métodos utilizados en el medio es el gráfico, el cual permite medir las áreas, por medio de un planímetro graduado, para la realización de la medida de las secciones que deben estar dibujadas en papel milimetrado. El procedimiento será marcar las áreas para delinearlas con el planímetro, partiendo de un punto y llegando a ese mismo en la dirección de las agujas del reloj; esto dará un área en metros cuadrados. Otro método consiste en obtener coordenadas de los puntos que delimitan las áreas de corte y relleno, encontrando por medio de determinantes el área, este fue el método utilizado, con ayuda del software del programa Autocad.

### 2.3.4 Cálculo de volúmenes de movimiento de tierra

Se calculan entre estaciones, regularmente a cada 20 metros, cuando las dos secciones que se desea obtener el volumen se encuentran en corte o relleno es posible hacerlo con el volumen de un prisma irregular que es la semisuma de las áreas externas por la distancia entre las estaciones.

Figura 12. Volumen en relleno



$$V = \frac{A1 + A2}{2} * d$$

V = Volumen

A1 = Área 1

A2 = Área 2

d = distancia

Ejemplo: calcular el volumen de relleno entre las secciones de relleno siguientes:

Área de relleno 1 = 12.50 m<sup>2</sup>

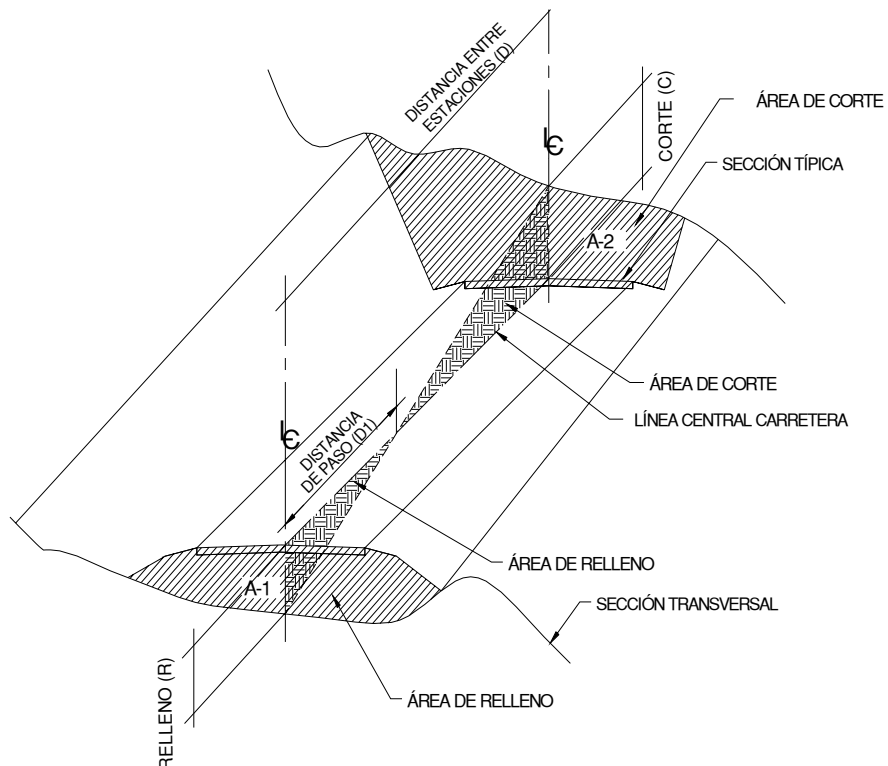
Área de relleno 2 = 9.25 m<sup>2</sup>

Distancia entre secciones = 20.00 metros.

$$V = \frac{A1 + A2}{2} * d = \frac{12.50 + 9.25}{2} * 20 = 217.50 \text{ m}^3$$

Cuando en la sección transversal existan áreas de corte y relleno deberán calcularse las distancias de paso, que son los puntos donde el área de la sección entre estaciones cambia de corte a relleno o viceversa.

**Figura 13. Distancia de paso**



Para determinar la distancia de paso se efectúa una relación de triángulos con la distancia entre estaciones, los cortes y los rellenos.

$$\frac{C+R}{D} = \frac{R}{D1} \Rightarrow D1 = \frac{R * D}{C+R}$$

C= corte

R= relleno

D= distancia

D1= distancia de paso

Ejemplo: calcular la distancia de paso teniendo las secciones de relleno y corte siguientes:

Área de relleno 1 = 13.25

Área de corte = 8.75

$$D1 = \frac{R * D}{C + R} = \frac{13.25 * 20}{8.75 + 13.25} = 12.0455$$

### 2.3.5 Curva de balance

En el caso del presente proyecto la región es montañosa, por lo tanto, los cortes sobrepasan en gran medida a los rellenos, la curva de balance se utiliza únicamente en regiones semi-planas donde el material de corte se utiliza en los rellenos de la carretera, en este caso no fue posible debido a que los cortes sobrepasaban en gran medida a los rellenos, por lo tanto, se procedió a buscar botaderos de material a lo largo del tramo carretero, a fin de no incrementar los costos por sobre acarreo.

### 2.3.6 Maquinaria propuesta a utilizar

Debido a las condiciones del terreno y las características principales del proyecto se recomienda la utilización de la siguiente maquinaria:

**Tractor de oruga:** La función principal del tractor será el corte de material para llegar al nivel requerido en planos, ya que su potencia y funcionalidad se adapta para este trabajo. Debido a que el material del banco de materiales no se ha explotado será necesario utilizarlo para el corte de material.



**Cargador Frontal:** Se utilizará para cargar los camiones de volteo aunque esta función también la podrá realizar la retroexcavadora si las condiciones lo ameritan.



**Retroexcavadora:** Se utilizará para la construcción de zanjas para drenajes transversales, aunque debido a su doble función podrá utilizarse en el corte de material y carga del mismo.



**Motoniveladora:** La motoniveladora o también llamado patrol se utilizará para la escarificación y conformación de la sub-rasante, tendido y homogenizado del material de base.



**Rodo:** Su uso es indispensable ya que este servirá para consolidar la sub-rasante; posteriormente se utilizará para compactación del material de base para que llegue a la densidad establecida en las especificaciones para el proyecto.



También se utilizarán camiones de volteo, para lo cual se recomienda camiones de 12m<sup>3</sup> de doble eje, y una pipa de agua para humedecer el material.

## 2.4 Drenajes

Son colocados para evitar el deterioro, debido a que al filtrarse agua en el pavimento dañará el material existente en la sub-rasante provocándole daños. Las acumulaciones de agua son perjudiciales, la forma adecuada para evitar daños en la carretera es evacuándola o conduciéndola por medio de drenajes.

La vida útil de la carretera depende de los drenajes en un alto porcentaje, estos evitan derrumbes o deslizamientos, para que su funcionamiento sea eficientemente, deben contar con un mantenimiento constante.



#### **2.4.1 Estudio hidrológico, método racional para la determinación de caudales de diseño**

Sirve para determinar el tipo de estructura necesario para drenar un punto determinado de la carretera.

Por medio del estudio hidrológico se determinan, las obras de arte de una carretera como: puentes, alcantarillas, bóvedas, cunetas contra cunetas, y todo tipo de obra necesaria para lograr drenar el caudal que pasará por la carretera.

Para el efecto se deberá realizar una inspección de campo, y de preferencia llevar un Sistema Global de Posicionamiento (G. P. S) para ubicar con exactitud los puntos donde será necesario colocar los drenajes. En la inspección de campo se deberá anotar todos los pasos de agua existentes con sus coordenadas y anotar los datos siguientes:

- Creciente máxima (visual, rastros del agua en paredes del lugar)
- Condiciones del lecho (ancho, angosto, rocoso, arenoso, piedra suelta, tamaño)
- Vegetación de la cuenca (clase de cultivos, monte bajo o alto, bosque)
- esviaje con respecto de la carretera
- Parámetros cuantificables como longitud, perímetro, área y dibujar forma del lecho.

En el presente trabajo se utilizó el método racional, donde se asume que el caudal máximo para un punto dado, se alcanza cuando el área tributaria está contribuyendo con su esorrentía superficial durante un periodo de precipitación máxima. Para lograr esto, la tormenta máxima (de diseño) debe prolongarse durante un período igual o mayor que el que

necesita la gota de agua más lejana, para llegar hasta el punto considerado (tiempo de concentración).

Las fórmulas a utilizar son las siguientes:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Q = Caudal de diseño en m<sup>3</sup> / seg.

A = área drenada de la cuenca en hectáreas

I = Intensidad de lluvia en mm/hora

C = Coeficiente de escorrentía (consultar Tabla XII)

La intensidad de lluvia la proporciona el INSIVUMEH, según la región en estudio.

La intensidad de lluvia está dada por la fórmula siguiente:

$$I = \frac{a}{t+b}$$

I = Intensidad de lluvia en mm/hora.

a y b = Varían en cada región, datos proporcionados por INSIVUMEH.

t = Tiempo de concentración en minutos

$$t = \left[ \frac{0.886 * L^3}{H} \right]^{0.385} * 60$$

t = Tiempo de concentración en minutos

L = Longitud del cauce principal en km.

H = Diferencia de elevación entre los puntos extremos del cauce principal en metros.

Fórmulas auxiliares (Manning):

$$V = \frac{1}{N} * R^{2/3} * S^{1/2}; \quad V = \text{Velocidad}; \quad R = \text{Radio Hidráulico}; \quad S = \text{Pendiente}$$

$Q = V * A \Rightarrow Q = \frac{1}{N} * R^{2/3} * S^{1/2} * A$  ;=Caudal; A=área de tubería circular (m<sup>2</sup>).

$A = \frac{\pi * D^2}{4}$  ; Para tubería circular; D = Diámetro; n = coeficiente de rugosidad

$R = \frac{D}{4}$  ; Para tubería circular

Coeficiente de rugosidad para tuberías de concreto:

$n = 0.013 \phi > 24''$

$n = 0.015 \phi < 24''$

Coeficiente de rugosidad para tuberías de P.V.C.:

$n = 0.009$

La pendiente del terreno en el punto de estudio se determina por medio de las curvas a nivel y la distancia horizontal entre las curvas:

$P = \frac{\text{Diferencia de curvas de nivel}}{\text{Distancia entre curvas}}$

Ejemplo en kilómetro 2+600:

Cálculo de tubería.

Datos:

A = área a drenar 125.8 hectáreas.

L = Longitud del cauce = 1.18 km.

H = Diferencia de elevaciones = 1,00 metros

P = Pendiente = 0.1

C = Coeficiente de escorrentía = 0.4

Tiempo de concentración en minutos (t).

$$t = \left[ \frac{0.886 * L^3}{H} \right]^{0.385} * 60 = \left[ \frac{0.886 * 1.18^3}{100} \right]^{0.385} * 60 = 11.7744 \text{ min.}$$

Los valores de a y b los proporcionó el INSIVUMEH, para cálculo de intensidad de lluvia en mm / hora.

$$I = \frac{a}{t+b} = \frac{8537}{t+48.56} = \frac{8537}{(11.7744)+48.56} = 141.4949 \text{ mm/hora}$$

se calcula el caudal que pasa por el punto de estudio.

$$Q = \frac{CIA}{360} = \frac{(0.4)(141.49)(125.8)}{360} = 19.7772 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

El diámetro de la tubería necesario para desfogar el caudal es el siguiente.

$$Q = \frac{1}{n} * R^{2/3} * S^{1/2} * A = \frac{1}{n} * \frac{D^{2/3}}{4^{2/3}} * S^{1/2} * \frac{\pi D^2}{4}$$

$$D = \left[ \frac{Q * 4^{5/3} * n}{S^{1/2} * \pi} \right]^{3/8} = \left[ \frac{19.77 * 4^{5/3} * 0.013}{(0.1)^{1/2} * \pi} \right]^{3/8} = 1.4325 \text{ m.}$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi (1.4325)^2}{4} = 1.61 \text{ m}^2$$

El área necesaria para drenar la cuenca es de 1.61 m<sup>2</sup>, utilizaremos dos tuberías de 48 pulgadas que tienen una área de desfogue de 1.17 m<sup>2</sup> cada una.

**Tabla XI. Coeficientes de Escorrentía**

Comercial		
	Centro de la ciudad .....	0.70 - 0.95
	Fuera del centro .....	0.50 - 0.70
Residencial		
	Áreas unifamiliares .....	0.30 - 0.50
	Unidades múltiples, separadas .....	0.40 - 0.60
	Unidades múltiples, conectadas .....	0.60 - 0.75
	Sub-urbanas .....	0.25 - 0.40
Industrial		
	Ligera .....	0.50 - 0.80
	Pesada .....	0.60 - 0.90
	Parques, cementerios .....	0.10 - 0.25
	Parques infantiles .....	0.20 - 0.35
	Áreas no Urbanizadas .....	0.10 - 0.30
Calles		
	Asfalto .....	0.70 - 0.95
	Concreto .....	0.80 - 0.95
	Adoquín .....	0.70 - 0.85
Aceras .....		0.75 - 0.85
Techos .....		0.75 - 0.95
Prados		
	Suelo arenoso, Plano 2% .....	0.05 - 0.10
	Suelo arenoso, 2% - 7% .....	0.10 - 0.15
	Suelo arenoso, 7% .....	0.15 - 0.20
	Suelo duro plano 2% .....	0.13 - 0.17
	Suelo duro, 2% - 7% .....	0.10 - 0.15
	Suelo duro, 7% .....	0.15 - 0.20

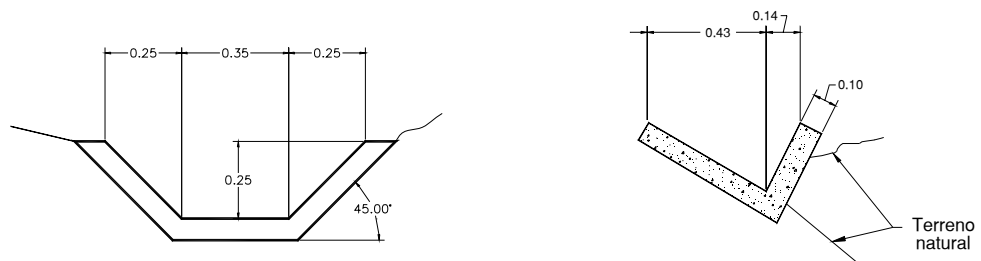
## 2.4.2 Diseño de cunetas

Son canales abiertos que se calculan por el método de Manning, se colocan paralelamente a uno o ambos lados del camino, sirven para evacuar el agua que cae en la sección de corte en una carretera, en pendientes fuertes se deben proteger del escurrimiento y acción destructiva del agua por medio de disipadores de energía.

De acuerdo con la topografía se diseñaron los aliviaderos de las cunetas, ya que según la forma del terreno, se colocarán tuberías transversales, aliviaderos con disipadores de energía, fosas de laminación etc.

Las cunetas pueden tener diferentes formas y dimensiones, a continuación se presenta un ejemplo de sección típica de cuneta.

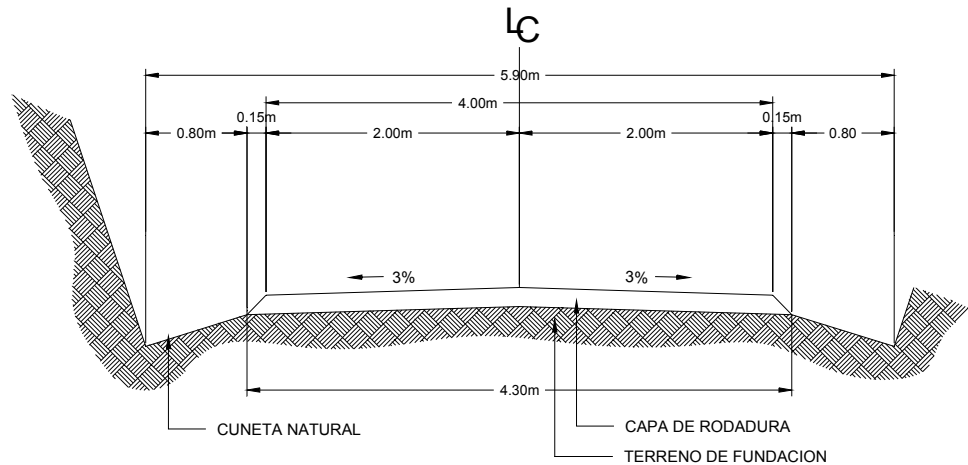
**Figura 14. Detalle de cuneta**



Cuneta tipo trapezoidal

Cuneta tipo triangular

**Figura 15. Sección típica F**

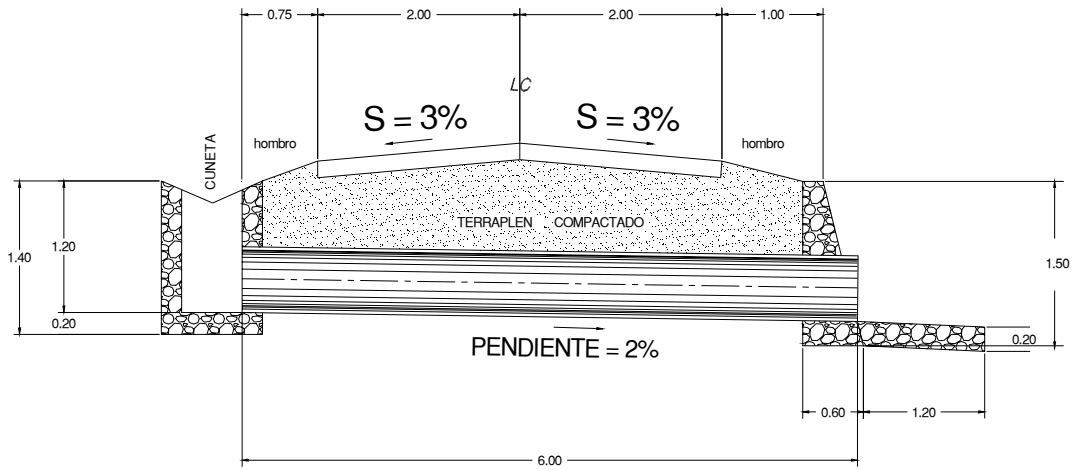


### 2.4.3 Drenajes transversales

Son las tuberías que se colocan para aliviar el agua que viene en las cunetas o de arroyos. Se encuentran a lo largo de la carretera, son necesarias en un tramo en corte, sirven para conducir agua al otro lado de la carretera. La dimensión de la tubería a colocar se hace con el método de Manning. El drenaje transversal tiene las siguientes partes: caja recolectora de caudal, recibe el agua proveniente de la ladera de la carretera para trasladarla a la tubería, muro cabezal de salida, protege la tubería y el relleno de la carretera para que no se erosione, adicional a estas partes, si la pendiente del terreno en corte, es muy fuerte se colocan disipadores de energía al final de la tubería, servirán para que el agua que desfoga no erosione el suelo y provoque hundimientos.

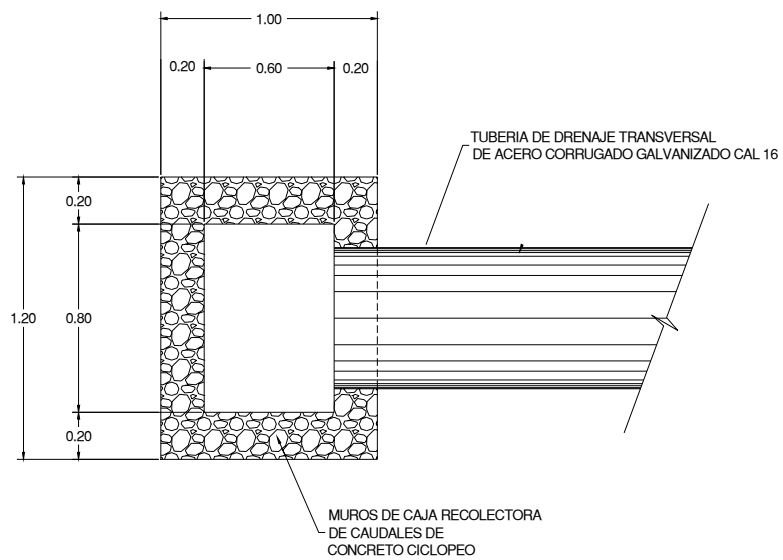
A continuación se presenta un ejemplo de tubería transversal con caja recolectora de caudal. Su ubicación se presenta en la sección transversal de la carretera.

**Figura 16. Sección de drenaje transversal**



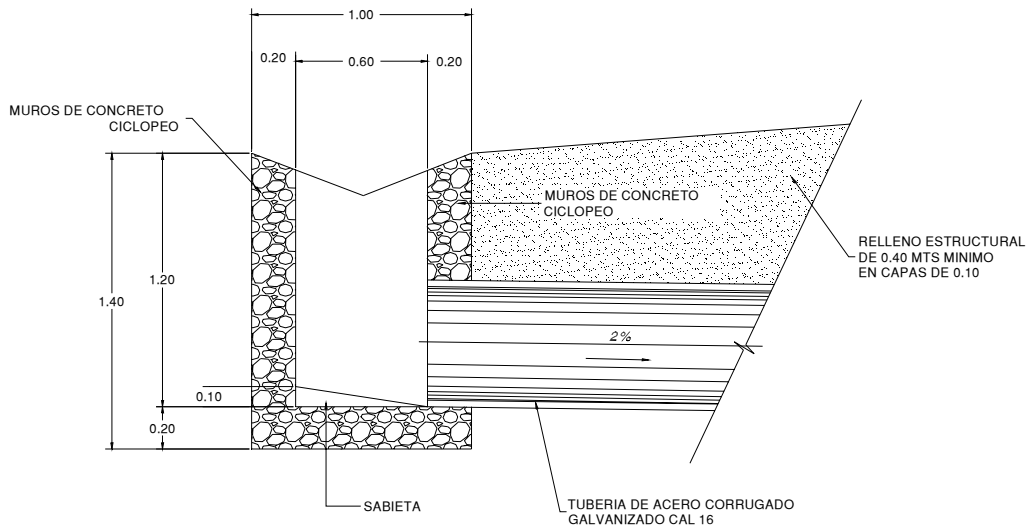
**SECCION TRANSVERSAL ALCANTARILLA**

**Figura 17. Planta de caja recolectora de caudales**

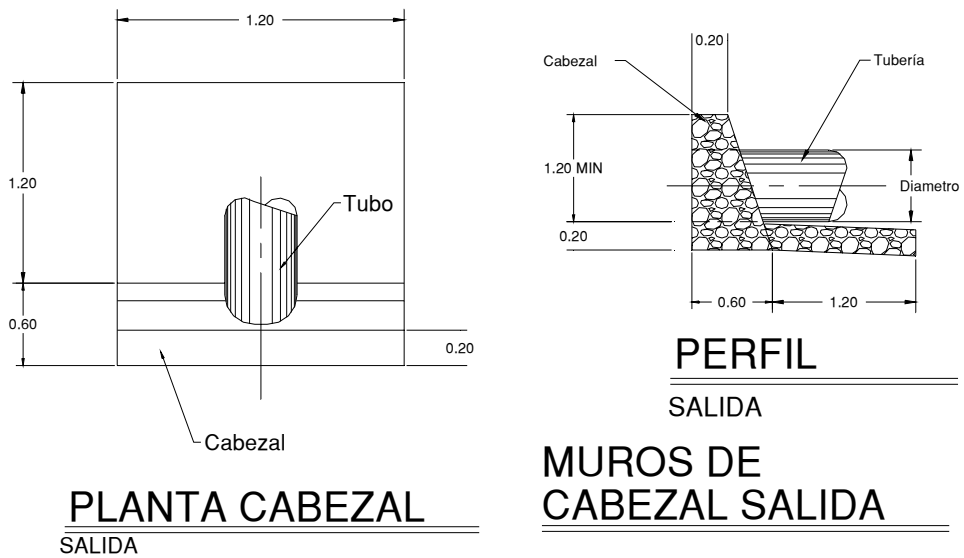




**Figura 18. Sección caja recolectora de caudales**

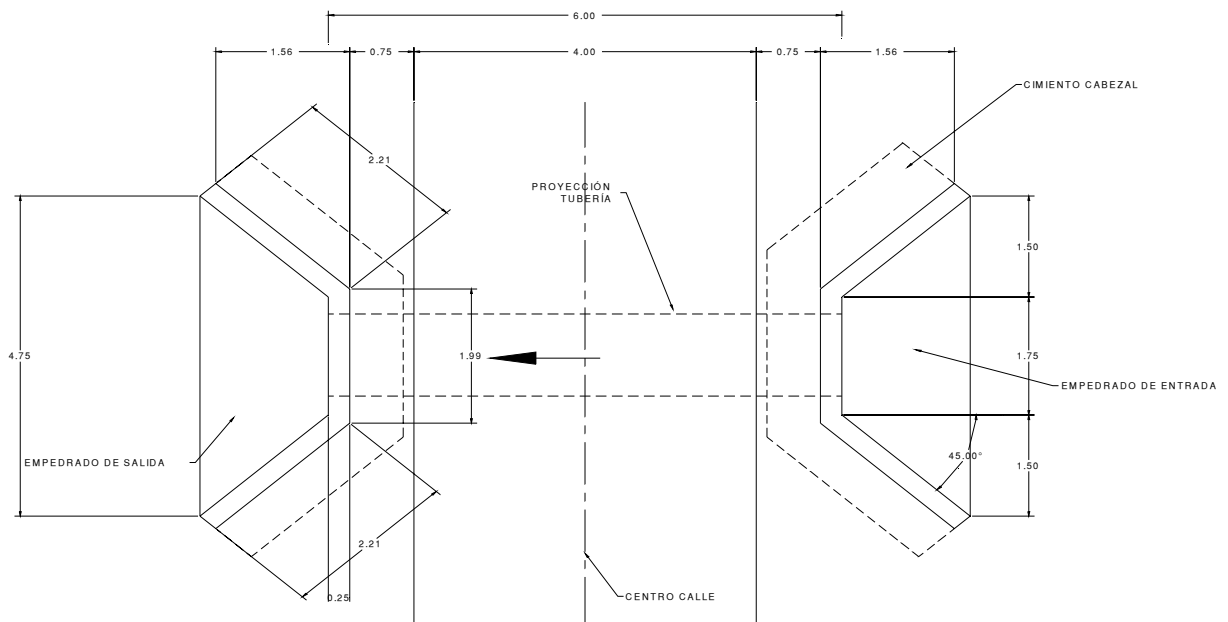


**Figura 19. Detalles de cabezales de salida**

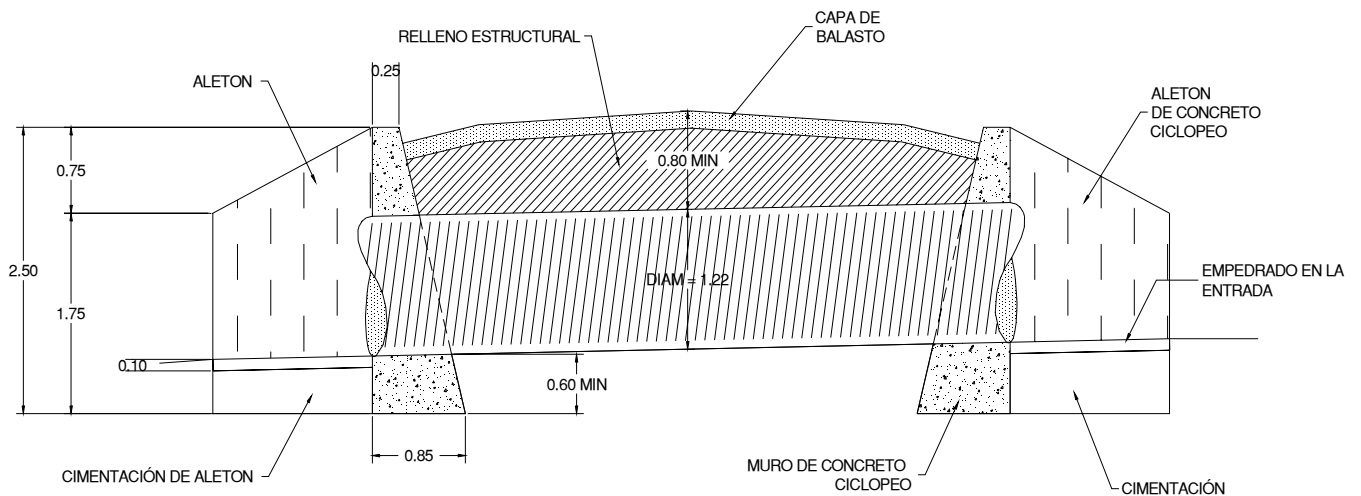


Cuando se trata de un arrollo o paso de agua, entonces se coloca un muro cabezal en la entrada, este servirá para proteger el relleno y encausar el agua proveniente del arrollo o quebrada. A continuación se presenta un ejemplo de este caso los kilometrajes pueden verse en los planos del proyecto en el apéndice.

**Figura 20. Detalles de drenajes transversales con aletones**



**PLANTA TUBERÍA Ø 48" CON ALETONES**



**SECCIÓN TUBERÍA Ø 48" CON ALETONES**

#### **2.4.4 Contra cunetas**

Son canales destinados a evitar que el agua llegue a los taludes y cauce deslizamientos o derrumbes en los cortes de la carretera. La contra cuneta deberá colocarse en la parte mas alta del talud, a una distancia no menor de 2 metros de la orilla, tomando en cuenta el tipo de suelo existente en el área para evitar derrumbes. Este tipo de drenaje longitudinal nos sirve para mantener lejos el agua del camino o bien que el agua escurrida no llegue a el, este tipo de cuneta no fue necesaria en este proyecto.

#### **-Bombeo de la superficie**

Es la pendiente que se le da al camino, para evitar que el agua de lluvia se estanque en la superficie y ocasione problemas de infiltración en las capas de sub base y sub rasante, provocando saturación del terreno, ablandándolo lo cual generará daños al pavimento. El bombeo sirve para evacuar el agua hacia las cunetas que no corra longitudinalmente sobre la superficie. El bombeo utilizado en caminos pavimentados varía desde 1/2 % a 3%, en este proyecto se utilizó un bombeo de 3%.

### **2.5 Suelos**

#### **2.5.1 Inspección de suelos**

El banco de material que se propone, es el banco de material de la comunidad del cual se extrae principalmente arena, ubicado en la entrada a la comunidad de Pantoc, el material que proporciona este banco es de buena calidad ya que es arenoso por lo cual se recomienda mezclarse principalmente con limo y arcilla en las cantidades descritas en el informe de suelos. El tipo de suelo de la sub rasante es limo arcilloso.

#### **2.5.2 Análisis de resultados de laboratorio**

El resultado del banco de material que se propone, es el banco de material de la comunidad del cual se extrae principalmente arena, por lo cual el material tiene una consistencia arenosa, por lo cual se recomienda

mezclarse con material limoso y arcilloso según los resultados de las pruebas realizadas (Ver anexo). Dando como resultado un suelo arenoso, al cual es necesario mezclarlo con arcilla y limo para que este dentro de las normas en lo que respecta a la capa de rodadura.

## **2.6 Diseño de rodadura**

### **2.6.1 Criterios de pavimentos**

Se dividen en rígidos y flexibles, esta es la más conocida y generalizada clasificación, existiendo también los pavimentos tipo especial como aquellos formados por adoquines, ladrillos, bloques de madera, empedrados, etc.

-Pavimentos flexibles: Son aquellos que tienen una base flexible o semi rígida, sobre la cual se coloca una capa de rodamiento formada por una mezcla bituminosa de alquitrán o asfalto.

-Pavimentos Rígidos: son aquellos en los cuales la capa de rodamiento está formada por concreto hidráulico, con o sin refuerzo. En algunos casos, estos pavimentos podrán llevar una carpeta de desgaste formada por una mezcla bituminosa.

-Características de las diferentes capas del pavimento

Por pavimento comprenderemos a las diferentes partes que lo conforman utilizando la terminología siguiente:

Pavimento: estructura que descansa sobre el terreno de fundación y que se halla formado por diferentes capas: sub base, base, Capa de rodamiento y sello.

Terreno de fundación: es sobre el cual descansan las diferentes capas que forman el pavimento, después de haber sido terminado el movimiento de

tierras y que una vez compactado, tiene las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos de diseño.

Sub base: la capa de material seleccionado que se coloca encima de la sub-rasante. Tiene por objeto:

Sirve de capa de drenaje al pavimento.

Controlar, o eliminar los cambios de volumen, elasticidad y plasticidad perjudiciales que pudiera tener el material del terreno de fundación. Controlar la ascensión capilar del agua proveniente de las capas freáticas cercanas, o de otras fuentes, protegiendo el pavimento contra los hinchamientos que se producen en época de helada (las heladas tienen una acción muy limitada en los países latinoamericanos). Este hinchamiento es debido al congelamiento del agua capilar, fenómeno que se observa especialmente en suelos limosos, donde la ascensión capilar del agua es grande.

El material de sub-base debe ser seleccionado y tener mayor capacidad soporte que el terreno de fundación compactado. El material de la sub-base puede ser: arena, grava, granzón, escoria de altos hornos, o residuos de material de cantera. En algunos casos se puede emplear para sub-base el material del terreno de fundación, mezclado con granzón, cemento, etc.

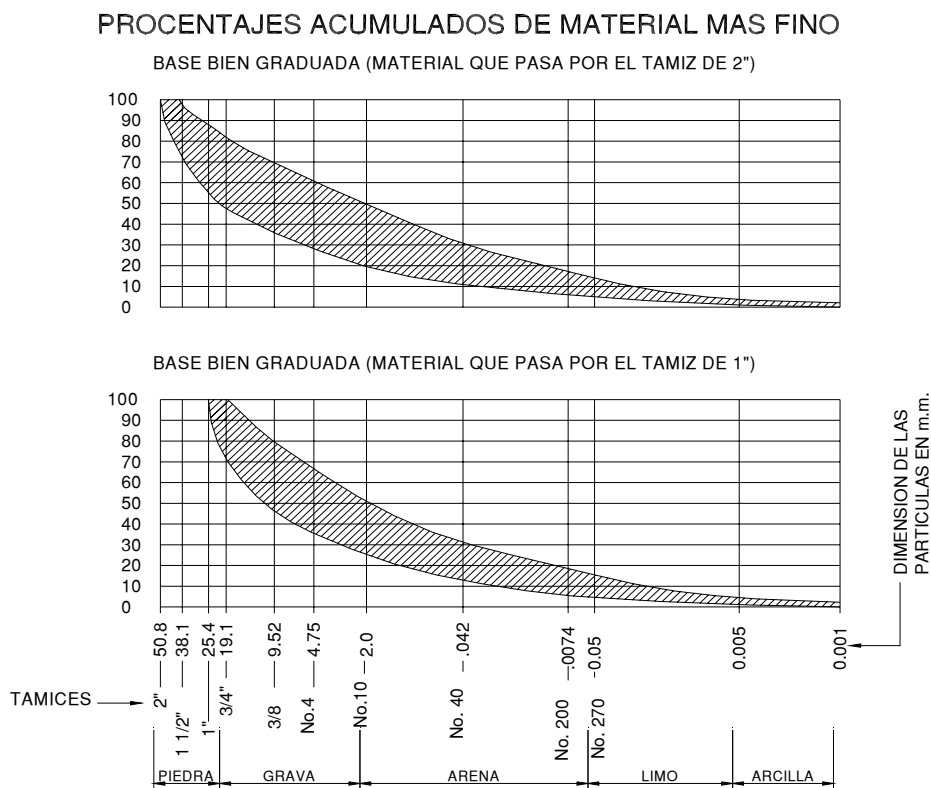
El material de la sub-base debe tener las características de un suelo A-1 o A-2, aproximadamente. Su límite líquido debe ser inferior a 35% y su índice plástico no mayor de 6, el CBR no debe bajar de 15%.

Si la función principal de la sub-base es servir de capa de drenaje, el material a emplearse debe ser granular, la cantidad de material fino (limo y arcilla) que pase el tamiz número 200 no debe ser mayor del 8%.

Base: capa de material pétreo, mezcla de suelo-cemento, mezcla bituminosa, o piedra triturada, que se coloca encima de la sub-base.

Esta Capa tiene por finalidad absorber los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos, repartiéndolos a la sub-base y al terreno de fundación.

**Figura 21. Curvas de granulometría para bases**



Las bases pueden ser granulares o bien estar formadas por mezclas bituminosas o mezclas con cemento u otro material ligante.

El material que se emplee en la base deberá llenar los siguientes requisitos:<sup>3</sup>

- Ser resistente a los cambios de humedad y temperatura.

<sup>3</sup> Normas de puentes y carreteras de la Dirección General de Caminos

- No presentar cambios de volumen que sean perjudiciales.
- El porcentaje de desgaste, según el ensayo de abrasión con la maquina de los ángeles, debe ser inferior a 50.
- La fracción del material que pase el tamiz Núm. 40, debe tener un límite líquido menor de 25% y un índice de plasticidad inferior a 6.
- La fracción que pasa por el tamiz No. 200, no debe exceder de  $\frac{1}{2}$ , y en ningún caso de los  $\frac{2}{3}$  de la fracción que pase el tamiz No. 40.
- La graduación del material de la base debe hallarse dentro de los límites indicados en la figura 7.
- El CBR debe ser superior a 50%.

Por lo general, para la capa de base se emplea piedra triturada, grava o mezcla estabilizadas de suelo cemento, suelo bituminoso, etc.

Cuando se empleen bases de suelo-cemento, el agua y el cemento Pórtland deberán estar conformes con las especificaciones vigentes y el suelo que se utilice deberá tener la siguiente graduación.

- 50% o mas debe pasar el tamiz Núm. 4
- 15% – 100% debe pasar el tamiz Núm. 40
- menos del 50% debe pasar el tamiz Núm. 200
- El límite líquido no debe ser mayor del 40%, y el índice plástico no mayor de 18.
- El porcentaje de cemento que se emplea en las mezclas de suelo cemento varía, generalmente, entre 6% y 15%, por volumen de mezcla compactada.

Capa de rodamiento: la que se coloca encima de la base y está formada por mezcla bituminosa o de concreto hidráulico.

Carpeta de desgaste o sello: se coloca encima de la capa de rodamiento y está formada por una mezcla bituminosa.

Superficie rasante: es la que soporta el tránsito de los vehículos motorizados.

No siempre un pavimento se compone de todas las capas anteriormente indicadas. La ausencia de una o varias de estas capas depende de la capacidad soporte del terreno de fundación, de la clase de material a usarse, el tipo de pavimento, intensidad de tránsito, carga de diseño, etc.

Función y características de las diferentes capas de un pavimento

Terreno de fundación: de su capacidad soporte depende, en gran parte, el espesor que debe tener un pavimento, si es pésimo, o sea que tenga un alto contenido de material orgánico, debe desecharse y sustituirse por otro de mejor calidad. Si es malo y se halla formado por suelo fino, limoso o arcilloso, susceptible de saturación, deberá colocarse una sub-base granular de material seleccionado antes de poner la base y capa de rodamiento.

Cuando el terreno de fundación sea regular o bueno y esté formado por suelo bien graduado que no ofrezca peligro a la saturación, o por un material de granulometría gruesa, posiblemente no requiera la capa de subbase, en nuestro caso, si es necesaria, pues el terreno de fundación es arcilloso.

### **2.6.2 Análisis de cargas**

Las cargas utilizadas por rueda en calles es de 4,500 Kg. o sea 10,000 libras según AASHTO, de acuerdo a ello se diseñan los espesores del pavimento. Para el diseño del pavimento existen diversos métodos, como los basados en las características físicas del terreno de fundación.



### **2.6.3 Diseño de capa de rodadura**

El diseño se basa en las características físicas del terreno y se utilizan los espesores recomendados por el departamento Americano de Investigaciones Científicas sobre Carreteras (Highway Research Board)..

La clasificación sugerida por Highway Research Board es una modificación a la presentada por la Public Road Administration. Los suelos son divididos en dos grandes grupos: Granulares y finos.

#### **Suelos granulares**

A-1.- Pertenecen a este grupo los suelos formados por mezclas bien graduadas de grava, arena, limo y arcilla.

Según su plasticidad estos suelos son divididos en dos sub suelos: A-1a y A-1b.

A-1a.- Son suelos plásticos.

A-1b.- Son suelos A-1 no plásticos, o con muy poca plasticidad.

Cuando estos suelos están debidamente compactados presentan una buena capacidad soporte.

Los suelos A-1a son buenos para Sub bases, y los A-1b, para bases.

A-2.- Este grupo comprende los suelos granulares compuestos de grava, arena, limo y arcilla, pero con mayor cantidad de material fino que los suelos A-1. estos suelos son subdivididos en A-2a y A-2b.

A-2a.- Son aquellos que tienen poca plasticidad.

A-2b.- Son los que tienen plasticidad apreciable.

En los suelos A-2a el material fino es predominantemente limoso, y en los A-2b, arcilloso; de ahí que estos últimos tengan mayor plasticidad.

Los suelos A-2a son semejantes a los A-3.

Los suelos A-2b requieren una sub base granular cuando son susceptibles de saturarse de agua, pues pierden estabilidad cuando se hallan saturados.

A-3.- Pertenecen a este grupo los suelos gravosos o arenosos y las mezclas de grava y arena sin material fino o con cantidades pequeñas de limo y arcilla.

Estos suelos son buenos para ser empleados como Sub base o Base cuando se hallan debidamente confinados. Debido a su granulometría gruesa, son permeables.

A-4.- Los suelos pertenecientes a este grupo son predominantemente limosos, con muy poca o ninguna cantidad de material grueso. Si tiene un buen porcentaje de arcilla, se los clasifica como A-4-7. por lo tanto tenemos dos subgrupos: A-4 y A-4-7.

A-4.- Son suelos limosos no cohesivos y susceptibles de absorber agua por acción capilar. De ahí que se requiera un buen drenaje cuando se encuentran en zonas expuestas a heladas, pues el agua capilar, al congelarse, aumenta de volumen, y se hincha la masa del suelo. Este hinchamiento puede ocasionar la rotura de los pavimentos.

A-4-7.- Son suelos A-4 con suficiente cantidad de arcilla, lo que les da cierta plasticidad. Son susceptibles de ser afectados por la acción de heladas.

A-5.- A este grupo pertenecen los suelos limosos que son elásticos y semejantes a los anteriores. La elasticidad de estos suelos es debido a la presencia de material diatomáceo. Cuando tiene un porcentaje de arcilla son clasificados como A-5-7. luego tenemos los subgrupos A-5 y A-5-7.

A-5.- Son suelos elásticos semejantes a los A-4.

A-5-7.- Suelos elásticos semejantes a los A-4-7.

A-6.- Este grupo comprende los suelos arcillosos que tienen un alto contenido de material coloidal y son muy plásticos. Estos suelos, cuando absorben o pierden agua, experimentan grandes cambios de volumen. Cuando están secos tienen una buena capacidad de soporte, pero cuando se hallan saturados de agua son muy inestables. Su permeabilidad es prácticamente nula.

A-7.- Pertenecen a este grupo los suelos arcillosos algo elásticos cuyo contenido de material coloidal no es elevado. Al igual que los anteriores, estos suelos sufren cambios perjudiciales de volumen bajo diferentes condiciones de humedad, y su estabilidad es casi nula cuando se hallan saturados de agua. Son suelos prácticamente impermeables.

A-8.- Son suelos turbosos, muy elásticos e inestables. Deben ser desechados toda vez que sea posible, pues su capacidad de soporte es prácticamente nula.

El Highway Research Board, basándose en la clasificación modificada descrita anteriormente, recomienda los siguientes espesores para la Sub base, Base y Capa de rodamiento, considerando una carga por rueda de 4,540 Kg.

Espesores recomendados para las cargas por rueda de 4,500 Kg. (10,000 Libras)

**Tabla XII. Diseño de espesores**

Clasificación del material del terreno de fundación	A-1b No plástico	A-1a Plástico	A-2a No plástico	A-2b Plástico	A-3	A-4 A-4-7	A-5 A-5-7	A-6	A-7
capa de rodamiento	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Base	0	13	13	15	13	20	20	20	20
Sub base	0	0-30	0	0-30	0	5-40	10-40	0-14	0-14
Espesor total	5	18-53	18	20-50	18	30-60	36-60	25-60	25-60

Nota: Los espesores anteriores están dados en centímetros.

Fuente: Highway Research Board.

Cuando no se presenta la acción de heladas y el nivel de la capa freática es bajo (mayor de 2m. de profundidad) los suelos A-1a y A-1b no necesitan Sub base. En caso contrario deberá emplearse el mayor espesor indicado en el cuadro anterior.

Si el terreno de fundación está formado por suelos A-2a y A-3, de granulometría fina, es necesario mezclar la capa superior (unos 30 cm., aproximadamente) con material ligante (arcilla o material bituminoso), a fin de colocar la base sobre una superficie mas estable.

El espesor máximo indicado para sub-base, a colocarse sobre suelos A-4, A-4-7, A-5 y A-5-7 deberá emplearse únicamente cuando haya peligro de heladas, o cuando el nivel de las aguas subterráneas se encuentre cerca ( 1 metro o menos ) de la superficie. En caso contrario deberá emplearse los espesores mínimos indicados.

Cuando el nivel de aguas subterráneas se encuentre a una profundidad tal, que no constituya un peligro para la estabilidad del terreno, los suelos A-6 y A-7 no necesitaran Sub base. El espesor máximo se

requerirá únicamente en caso de que el nivel de la capa freática se encuentre cerca de la superficie.

Los suelos tipo A-4 y A-4-7, A-5, A-5-7, A-6 y A-7 pierden su capacidad soporte y son inestables cuando se hallan saturados de agua. De modo que cuando haya peligro de saturación deberán emplearse los máximos espesores indicados.

Los espesores anteriormente recomendados para capas de Base corresponden a Bases estabilizadas de material granular. Si las bases están formadas por mezclas de suelo-cemento, el espesor variará en la siguiente forma:

**Tabla XIII. Clasificación de materiales**

Clasificación del material del terreno de fundación	
A-1b, no plástico	0 cm.
A-1a, A-2a, A-2b y A-3	12 cm.
A-4, A-4-7, A-5, A-5-7, A-6 y A7	15 cm.

Para el caso del presente proyecto se tiene un material de fundación A-4-7 y no está expuesto a heladas, ni a saturarse, ya que se encuentra en un área montañosa que es posible drenar mientras que la capa freática no se encuentra cerca de la sub-rasante, por lo cual se adquirió la capa de rodadura de 15 centímetros de espesor.

## 2.7 Presupuesto y programa de ejecución física y financiera

Para el efecto se consideraron los aspectos siguientes: Los materiales y mano de obra, se tomaron los precios que se manejan en el municipio de Tukurú, el transporte de los materiales fue incluido en cada renglón, los precios de maquinaria son puestos en sitio y los factores de gastos indirectos como utilidad, administración, supervisión e impuestos se describen en el inciso 2.7.2.1 del presente trabajo de graduación.

### 2.7.1 Cuantificación de renglones

**Tabla XIV. Cuantificación**

REGLÓN	CANTIDAD	UNIDAD
Replanteo Topográfico	4,525.61	ml
Corte de Terreno	19,298.73	m3
Acarreo de material de desperdicio	23,158.48	m3
Relleno material no clasificado	2,972.51	m3
Conformación de Sub-Rasante	27,153.66	m2
Cunetas no revestidas	3,439.46	ml
Capa de Rodadura -Balasto-	27,153.66	m2
Tubería de 36" Currugada	30.00	ml
Cabezal Muro Concreto Ciclopeo	24.81	m3

En el apéndice pueden apreciarse los planos del diseño geométrico, donde se pueden observar los componentes que fueron cuantificados en la tabla anterior.

### 2.7.2 Integración de costos unitarios por renglón

Esta, es la que se utiliza para determinar el costo unitario de cada renglón. Lo anterior se realizó en base a rendimientos, precios de materiales, mano de obra, equipo, herramienta y maquinaria, aplicando también factores de costos indirectos los cuales se muestran a continuación.

### 2.7.2.1 Factores utilizados

La integración de costos unitarios se efectuó utilizando los siguientes factores:

**Tabla XV. Factores**

<b>Factor</b>	<b>Valor</b>
Factor de mano de obra indirecta (ayudantes)	0.30
Factor de prestaciones	0.28
Factor de imprevistos y ocio	0.07
Factor de administración	0.10
Factor de utilidad	0.25
Supervisión	0.06

El factor de mano de obra indirecta es aplicado al valor de la mano de obra directa y el factor de prestaciones es aplicado a la mano de obra total. El uso de los otros factores se muestra en la siguiente modelo de integración de costos unitarios.

### 2.7.2.2 Modelo de integración de costos unitarios

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de ingeniería Civil.

Proyecto: Construcción tramo carretero Comunidad Volcancito a Comunidad Sam Greene, Tukurú, Alta Verapaz.

Fecha: septiembre de 2004.

Integración de costos unitarios

**Tabla XVI. Integración de costos unitarios**

CODIGO DEL RENGLON	2	DESCRIPCION			
CANTIDAD	19298.73	m3	Corte de Terreno		
<b>MATERIAL Y EQUIPO</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (Q) UNITARIO	TOTAL (Q) NACIONAL	
<b>Corte maquinaria</b>					
Tractor D-6	horas	257.00	Q 450.00	Q	115,650.00
Patrol 770 C (motoniveladora)	horas	193.00	Q 350.00	Q	67,550.00
Retro excavadora	horas	207.00	Q 250.00	Q	51,750.00
<b>Acarreo Maquinaria</b>					
Low-Boy	unidad	2.00	Q 6,250.00	Q	12,500.00
<b>Combustible</b>					
Tractor D-6	gal	2056.00	Q 23.00	Q	47,288.00
Patrol 770 C (motoniveladora)	gal	29.00	Q 23.00	Q	667.00
Retro excavadora	gal	59.00	Q 23.00	Q	1,357.00
SUB-TOTAL				Q	296,762.00

% AYUDANTE	3%	Q	8,902.86
% PRESTACIONES	28%	Q	2,492.80
SUB-TOTAL		Q	308,157.66
<b>TOTAL DE MANO DE OBRA (2)</b>		<b>Q</b>	<b>308,157.66</b>

<b>INTEGRACION DEL PRECIO UNITARIO TOTAL</b>			
COSTO (MATERIALES Y EQUIPO + MANO DE OBRA)		Q	308,157.66
% COSTO INDIRECTO + IMPREVISTOS		4%	Q 12,326.31
% SUPERVISIÓN		6%	Q 18,489.46
% ADMINISTRACIÓN		10%	Q 30,815.77
% UTILIDAD		25%	Q 77,039.42
SUB-TOTAL		Q	446,828.61
<b>TOTAL</b>		<b>Q</b>	<b>446,828.61</b>
<b>PRECIO UNITARIO</b>			<b>Q 23.15</b>

Para definir el precio unitario es necesario efectuar la división siguiente:

Precio unitario del renglón = TOTAL / CANTIDAD

Corte de terreno = Q 446,828.61 / 19,298.73 = Q 23.15 / m.<sup>3</sup>



### 2.7.3 El costo total del proyecto

El costo es de **Q 2,567,213.84** que aparece desglosado en la siguiente Tabla:

**Tabla XVII. Costo total**

RENLÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Replanteo Topográfico	4,525.61	ml	Q 2.66	Q 12,038.12
Corte de Terreno	19,298.73	m3	Q 23.15	Q 446,765.60
Acarreo de material de desperdicio	23,158.48	m3	Q 32.38	Q 749,871.58
Relleno material no clasificado	2,972.51	m3	Q 30.06	Q 89,353.65
Conformación de Sub-Rasante	27,153.66	m2	Q 15.14	Q 411,106.41
Cunetas no revestidas	3,439.46	ml	Q 11.92	Q 40,998.36
Capa de Rodadura -Balasto-	27,153.66	m2	Q 27.64	Q 750,527.16
Tubería de 36" Currugada	30.00	ml	Q 1,224.41	Q 36,732.30
Cabzal Muro Concreto Ciclopeo	24.81	m3	Q 1,193.90	Q 29,620.66
<b>Costo estimado total</b>				<b>Q 2,567,213.84</b>

## **2.8 Elaboración de planos y localización**

### **2.8.1 Dibujo de curvas a nivel**

Estas se dibujaron con interpolaciones a cada metro, con el fin de representar en planta la elevación del terreno, las curvas de nivel pueden observarse en los planos 2/1 en conjunto y en cada hoja de planta perfil.

### **2.8.2 Dibujo de curvas horizontales**

Una vez trazada la línea de localización se procedió a diseñar las curvas horizontales de acuerdo a la velocidad de diseño, las curvas horizontales fueron dibujadas en planos planta y perfil.

### **2.8.3 Dibujo de curvas verticales**

Las curvas verticales se calculan y se dibujan con el perfil de la carretera, estas curvas permiten suavizar el trazo vertical de la carretera, con estos datos es posible replantear los puntos de sub-rasante y realizar los cortes y rellenos necesarios para la construcción de la carretera, las curvas verticales pueden verse en los planos planta perfil.

### **2.8.4 Dibujo de drenajes**

Después de calcular los diámetros de los tubos necesarios para drenar la carretera se procede al dibujo de las tuberías en planta y en perfil colocándoles el kilometraje, el diámetro de tubería, y clase de tubería a utilizar los drenajes están dibujados en la planta y en el perfil de los planos.

### **2.8.5 Dibujo de sección típica**

La sección típica de la carretera es tipo "F" con un ancho de rodadura de 2.00 m. por carril, hombro de 0.15 m y cuneta de 0.50 m. a 0.80 m, siendo un ancho total de 5.90 m, los planos de secciones son del 11/15 al 14/15.



## CONCLUSIONES

1. Es parte esencial para el desarrollo de las comunidades beneficiadas del municipio de Tukurú la ejecución del proyecto, y por ende del país, ya que beneficiará directamente a 941 familias de las comunidades de Volcancito, Pantoc y Sam Greene, contribuyendo así a mejorar el nivel de vida, y otros aspectos como educativos, salud, productivos y comerciales.
2. Se utilizó la sección típica tipo F, en base a las condiciones geométricas del lugar, es decir, permite pendientes gobernadoras del 10% y máximas de 18%, así como 2 carriles para conducir a velocidad promedio de 30 kilómetros por hora, sin embargo debido a las condiciones y características del lugar como lo son topografía y permisos de paso en algunas curvas se limitó a donde se tenía el permiso de paso y a las condiciones topográficas del lugar.
3. La capa de rodadura de la carretera será de terracería, siendo la mejor opción económica, pues permite aprovechar los bancos de material cercanos al proyecto. La base se utilizará de carpeta de rodadura y está compuesto por un material principalmente de arena, limo y arcilla, con espesor de 15 centímetros compactados.
4. En general se alcanzaron los objetivos planteados en el presente trabajo de graduación, ya que se aplicaron conocimientos de diferentes ramas de la Ingeniería Civil como son: vías terrestres, topografía, matemáticas, hidráulica, hidrología, dibujo, pavimentos y costos, además se logró diseñar

el proyecto con todos sus componentes. También se pudo orientar a líderes comunitarios para el mantenimiento de la carretera.

5. Debido a la topografía del lugar la pendiente máxima es del 22%, que se recubrirá con empedrado de tipo fraguado y carrileras de concreto en pendientes mayores al 16% se utilizarán cunetas revestidas.
  
6. Debido a la importancia de los caminos vecinales para el desarrollo de las comunidades las instituciones gubernamentales deberían apoyar al desarrollo rural con caminos en buen estado para la comercialización de productos, así los costos disminuirían lo que aumentaría la producción de estos a través de ingreso de tecnología local hacia esas comunidades.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a los líderes comunitarios transmitir y velar por las gestiones administrativas para apoyar la construcción del tramo, una vez realizado velar por darle el mantenimiento preventivo, pues brindará mayores beneficios a los pobladores del sector, velar por la limpieza de cunetas y drenajes transversales, así como el bacheo menor del camino en forma periódica, pues los más beneficiados serán sus familias.
2. Utilizar el diseño contenido en este documento para la ejecución del tramo, la municipalidad gestionará la construcción e implementará el respectivo mantenimiento que sea necesario, a fin de garantizar la vida útil de la carretera; y la seguridad de los usuarios.
3. Debido a la topografía del lugar es recomendable que la construcción del camino vecinal se realice como se indica en planos.



## BIBLIOGRAFÍA

ARREAGA ESPAÑA, Héctor Amilcar, Manual de normas para el diseño geométrico de carreteras. Tesis de Graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, octubre de 1996.

DIRECCION GENERAL DE CAMINOS, Ministerio de Comunicaciones. Especificaciones Generales Para Construcción De Carreteras Y Puentes, diciembre de 2000.

FIGUEROA RAMÍREZ, Rubén Isaac, Proceso para la construcción de caminos rurales. Tesis de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala 1978.

PEREZ MENDEZ, Augusto René, Metodología de Actividades para el diseño Geométrico de carreteras. Tesis de Graduación de Ingeniero Civil, Facultad e Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala 1989.

YLLESCAS PONCE, Alvaro Danilo. Diseño diseño del tramo carretero comprendido desde el entronque del kilómetro 171+400 Carretera interamericana (ca-1), hacia el caserío nuevo Xetinamit, del municipio de Nahualá, departamento de Sololá.. Tesis de Graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, agosto de 2003.





## **APÉNDICE**

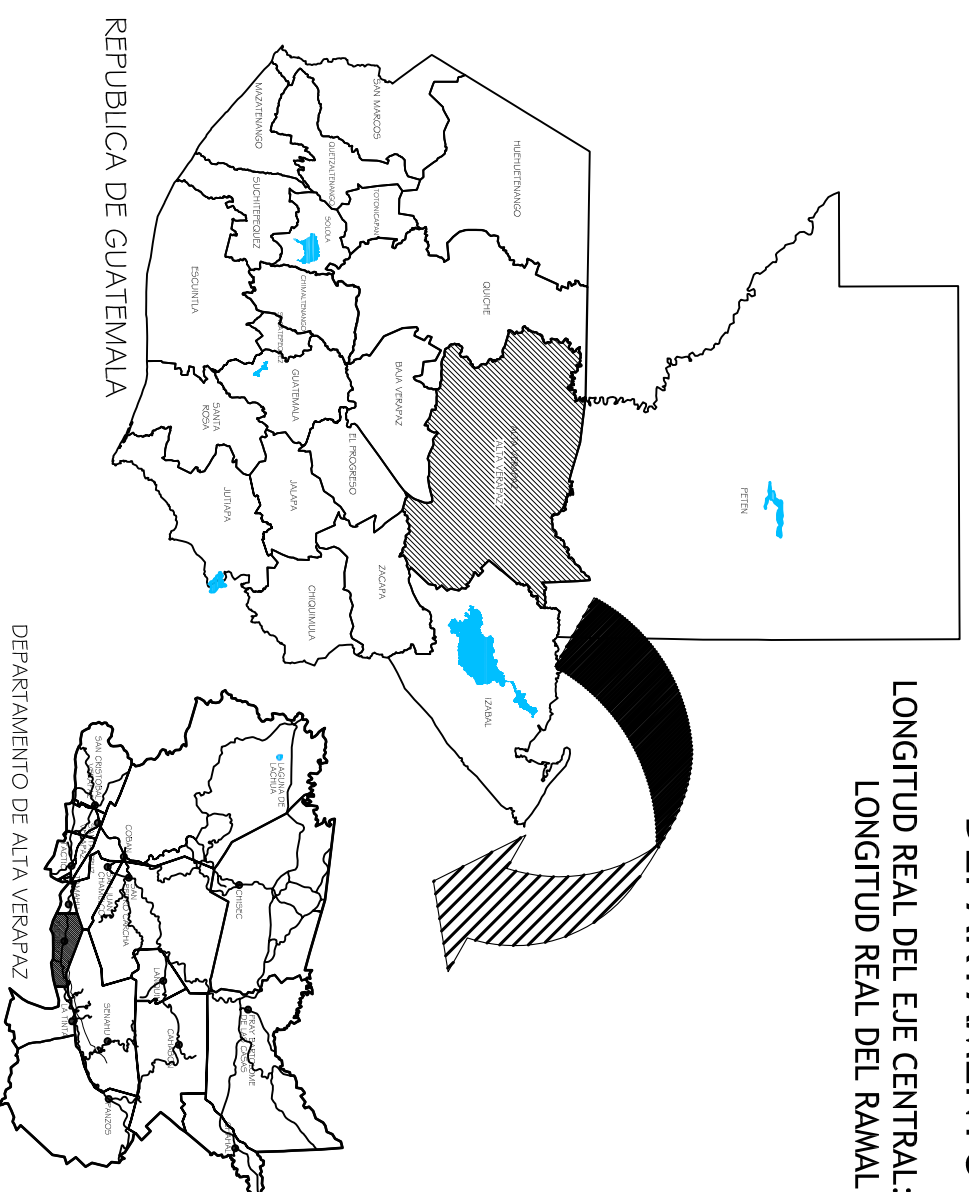
# REPÚBLICA DE GUATEMALA

## PROYECTO:

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO FINAL PARA LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL CAMINO RURAL "VOLCANCITO - SAM GREENE", MUNICIPIO DE TUCURU, DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ.

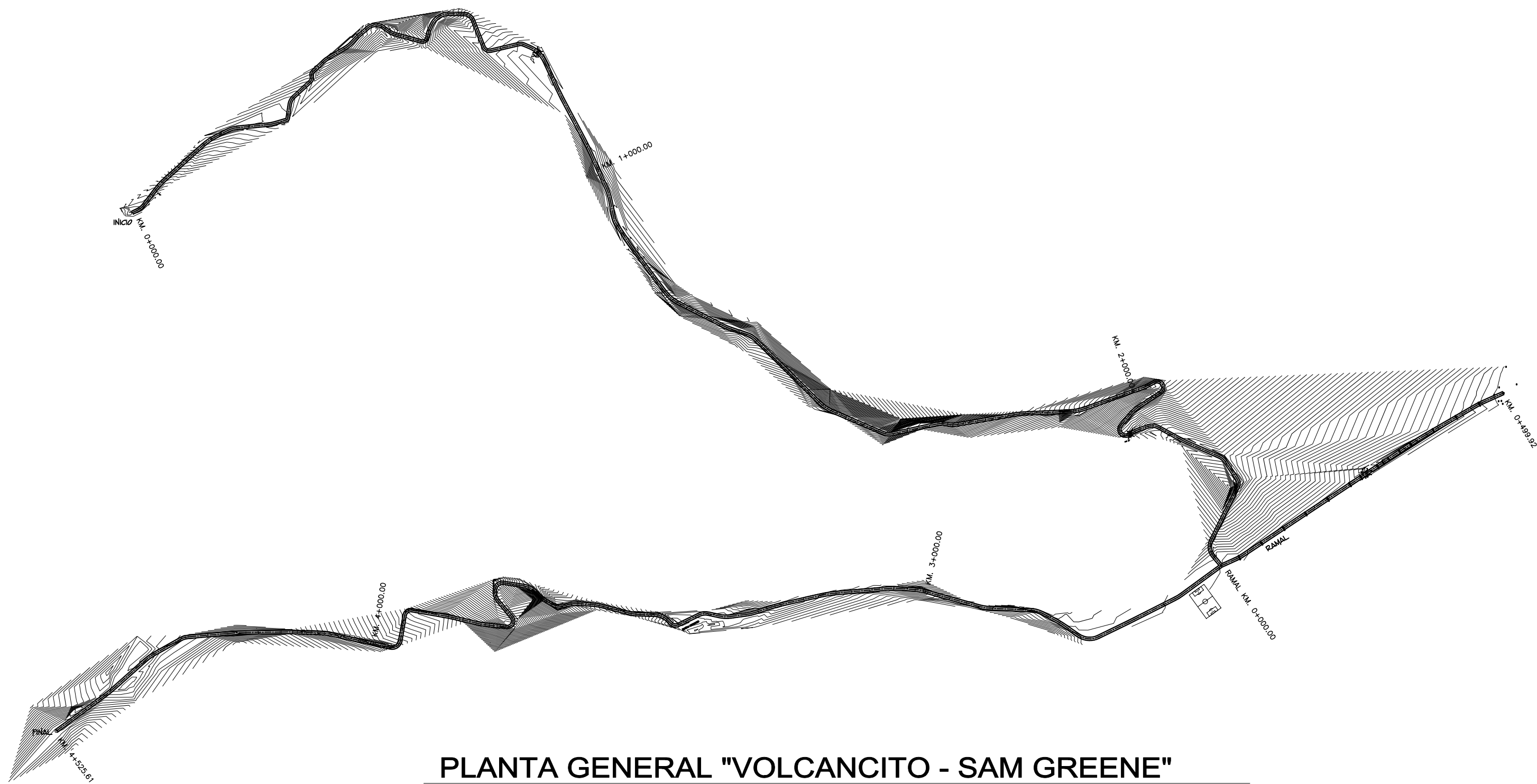
LONGITUD REAL DEL EJE CENTRAL: 4+525.61 KILOMETROS

LONGITUD REAL DEL RAMAL: 0+499.92 KILOMETROS



## ÍNDICE

NÚMERO	CONTENIDO	NÚMERO	CONTENIDO
<b>PLANOS GENERALES</b>			
1 / 15	INDICE	9 / 15	PLANOS PLANTA Y PERFIL
2 / 15	PLANTA GENERAL		PLANTA Y PERFIL Km. -4+200.00 A Km. 4+525.61
<b>PLANOS PLANTA Y PERFIL</b>			
3 / 15	PLANTA Y PERFIL Km. 0+000.00 A Km. 0+780.00	10 / 15	PLANOS SECCIONES
4 / 15	PLANTA Y PERFIL Km. 0+700.00 A Km. 1+480.00		SECCIONES TRANSVERSALES
5 / 15	PLANTA Y PERFIL Km. 1+400.00 A Km. 2+180.00	11 / 15	SECCIONES TRANSVERSALES
6 / 15	PLANTA Y PERFIL Km. 2+100.00 A Km. 2+880.00	12 / 15	SECCIONES TRANSVERSALES
7 / 15	PLANTA Y PERFIL Km. 2+800.00 A Km. 3+580.00	13 / 15	SECCIONES TRANSVERSALES
8 / 15	PLANTA Y PERFIL Km. 3+500.00 A Km. 4+280.00	14 / 15	SECCIONES TRANSVERSALES Y MOVIMIENTO DE TIERRA
		15 / 15	DETALLES
			DETALLES GEOMÉTRICOS



## PLANTA GENERAL "VOLCANCITO - SAM GREENE"

EJE CENTRAL KM. 0+000.00 A KM. 4+525.61  
 RAMAL KM. 0+000.00 A KM. 0+499.92

ESCALA : 1 / 3,000



**EPS**  
 UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO:  
 DISEÑO TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO  
 DE LA COMUNIDAD VOLCANCITO HACIA  
 COMUNIDAD SAM GREENE,  
 MUNICIPIO DE TUCURU, ALTA VERAPAZ.

CONTENIDO:  
 PLANTA GENERAL

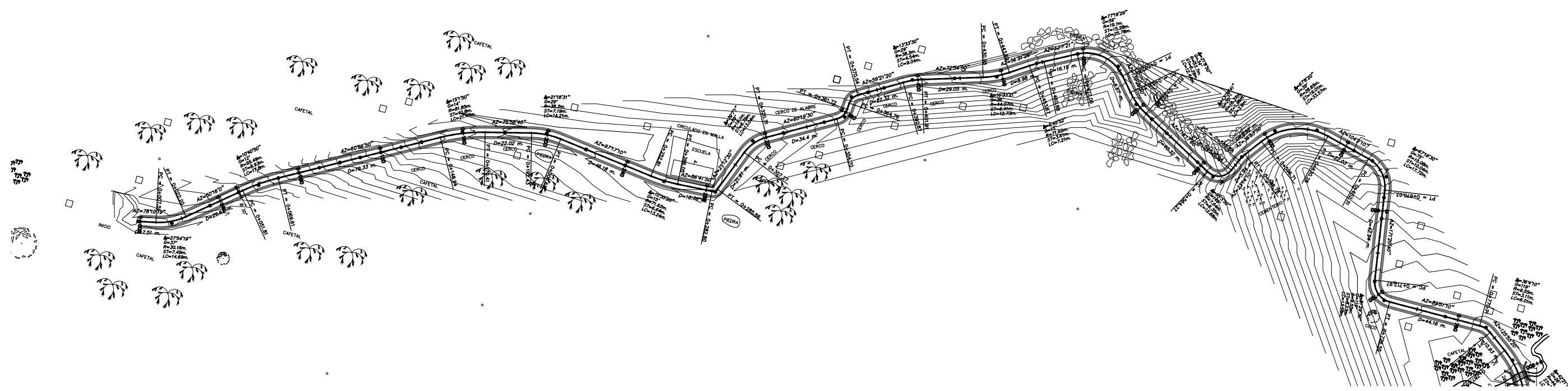
CALCULO:	HECTOR N. HERNÁNDEZ	FECHA:	JULIO 2004
DISEÑO:	HECTOR N. HERNÁNDEZ	DIBUJO:	HECTOR N. HERNÁNDEZ
REVISO:	ING. LUIS ALFARO	APROBO:	ING. LUIS ALFARO
ESCALA:	INDICADA	LEVANTO:	HECTOR N. HERNÁNDEZ

No.	FECHA	MODIFICACIÓN	FIRMA

Vo. Bo. PLANIFICADOR      Vo. Bo. PROPIETARIO

ARCHIVO  
 CEP-VOLC-GREENE-PLAN000  
 CÓDIGO  
 VOLC000

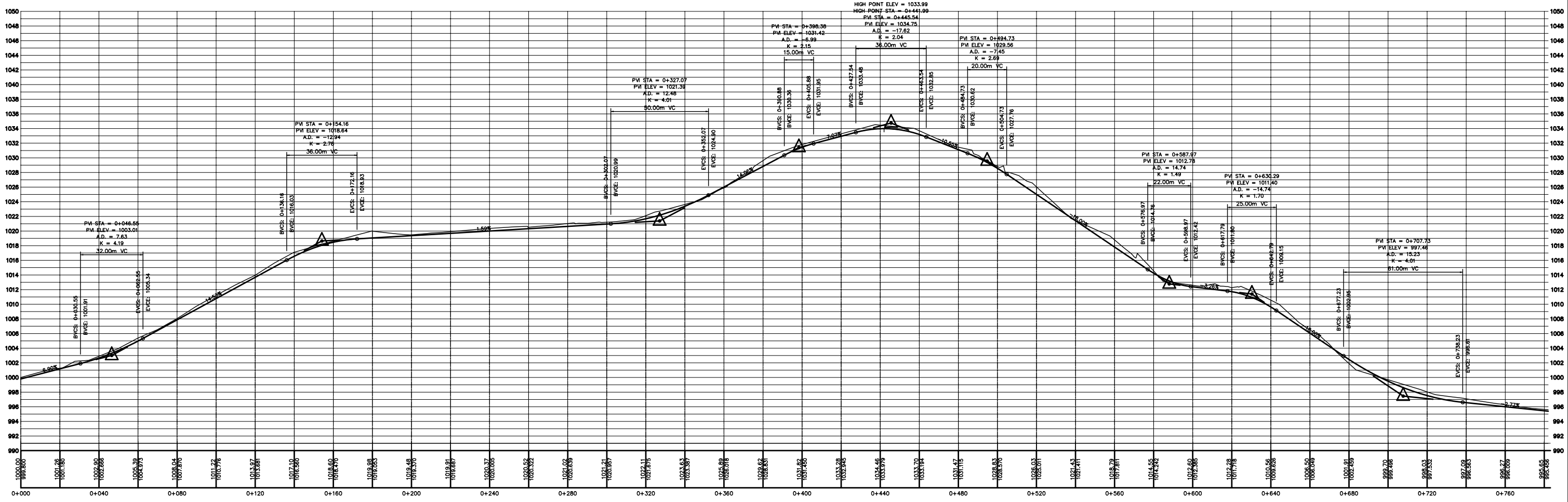
No. HOJA  
 02  
 15



**PLANTA Y PERFIL "VOLCANCITO - SAM GREENE"**

KM. 0+000.00 A KM. 0+760.00

ESCALA HORIZONTAL : 1 / 1,000  
ESCALA VERTICAL : 1 / 200



**EPS**  
UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO:  
**DISEÑO TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DE LA COMUNIDAD VOLCANCITO HACIA COMUNIDAD SAM GREENE, MUNICIPIO DE TUCURU, ALTA VERAPAZ.**

CONTENIDO:  
**PLANTA & PERFIL  
KM. 0+000.00 - KM. 0+760.00**

CALCULO: HECTOR N. HERNÁNDEZ  
DISEÑO: HECTOR N. HERNÁNDEZ  
REVISO: ING. LUIS ALFARO  
ESCALA: INDICADA

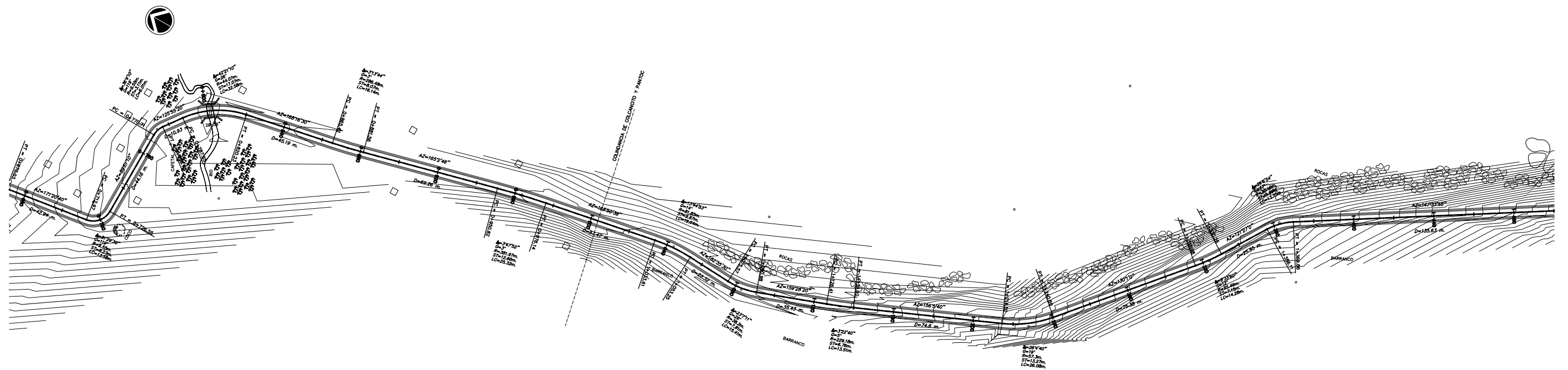
FECHA: JULIO 2004  
DIBUJO: HECTOR N. HERNÁNDEZ  
APROBO: ING. LUIS ALFARO  
LEVANTO: HECTOR N. HERNÁNDEZ

No.	FECHA	MODIFICACIÓN	FIRMA

Vo. Bo. PLANIFICADOR  
Vo. Bo. PROPIETARIO

ARCHIVO  
CEPS-VOLC-GREENE/PLANTAS  
CÓDIGO  
VOLC-009

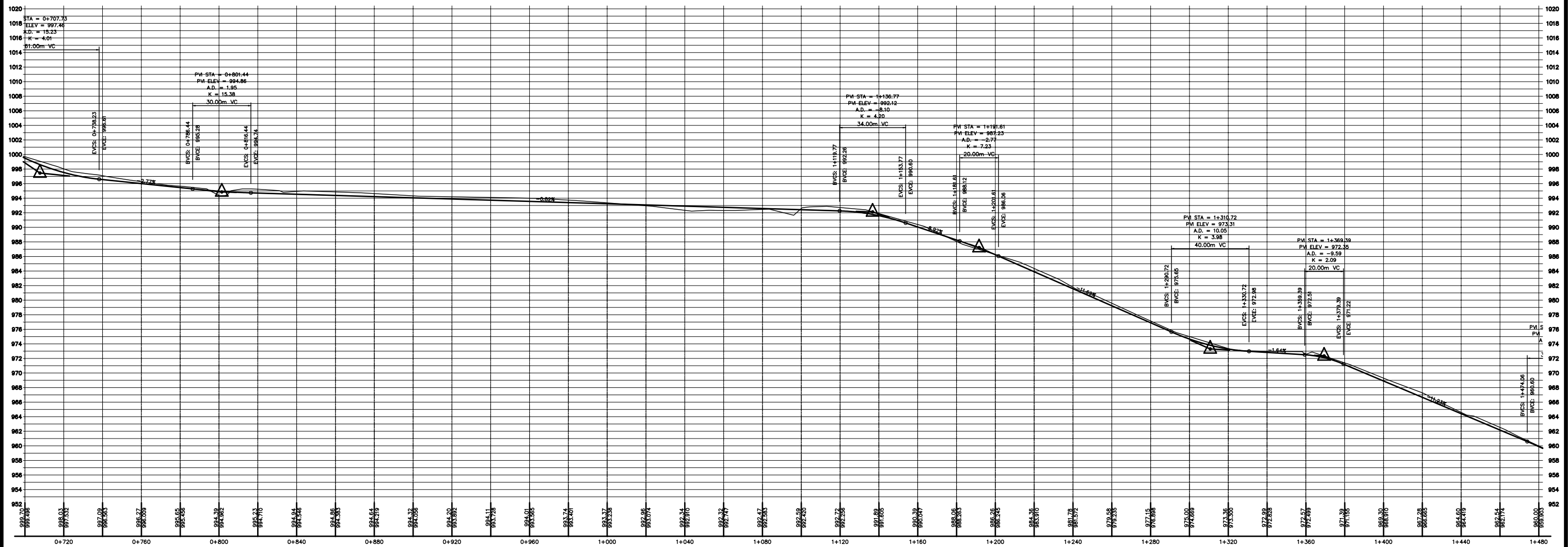
No. HOJA  
**03**  
15



### PLANTA Y PERFIL "VOLCANCITO - SAM GREENE"

KM. 0+700.00 A KM. 1+480.00

ESCALA HORIZONTAL : 1 / 1,000  
ESCALA VERTICAL : 1 / 200



**EPS**  
UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO:  
DISEÑO TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO  
DE LA COMUNIDAD VOLCANCITO HACIA  
COMUNIDAD SAM GREENE,  
MUNICIPIO DE TUCURU, ALTA VERAPAZ.

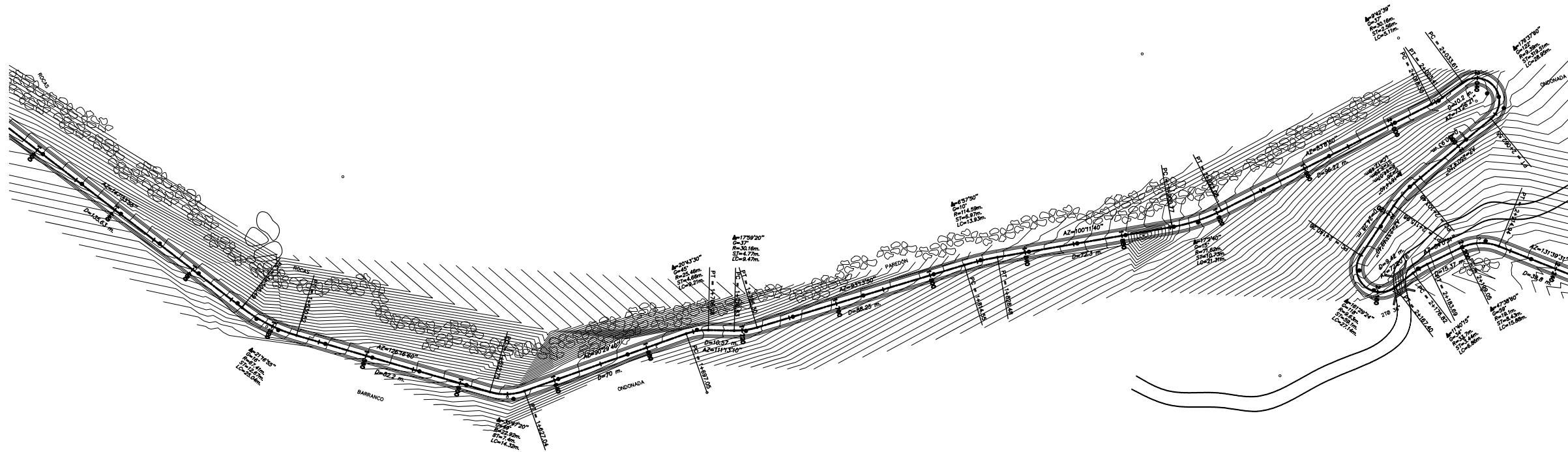
CONTENIDO:  
PLANTA y PERFIL  
KM. 0+700.00 - KM. 1+480.00

CALCULO:	HECTOR N. HERNÁNDEZ	FECHA:	JULIO 2004
DISEÑO:	HECTOR N. HERNÁNDEZ	DIBUJO:	HECTOR N. HERNÁNDEZ
REVISO:	ING. LUIS ALFARO	APROBO:	ING. LUIS ALFARO
ESCALA:	INDICADA	LEVANTO:	HECTOR N. HERNÁNDEZ

No.	FECHA	MODIFICACIÓN	FIRMA

Vo. Bo. PLANIFICADOR  
Vo. Bo. PROPIETARIO

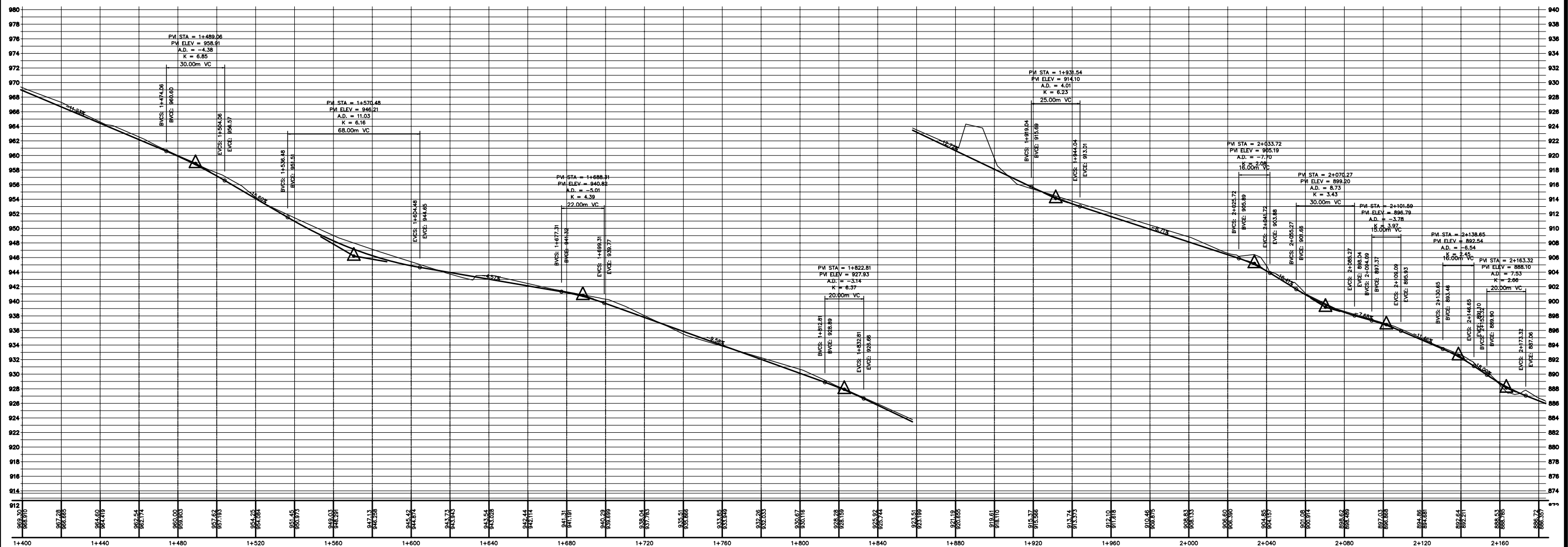
ARCHIVO	No. HOJA
CEPS/VOLCANCITO/PLANTA	04
CÓDIGO	15
VOLC-04	



### PLANTA Y PERFIL "VOLCANCITO - SAM GREENE"

KM. 1+400.00 A KM. 2+180.00

ESCALA HORIZONTAL : 1 / 1,000  
ESCALA VERTICAL : 1 / 200



**EPS**  
UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO:  
DISEÑO TRAMO CARRETERO COMPROMETIDO  
DE LA COMUNIDAD VOLCANCITO HACIA  
COMUNIDAD SAM GREENE,  
MUNICIPIO DE TUCURU, ALTA VERAPAZ.

CONTENIDO:  
PLANTA e PERFIL  
KM. 2+100.00 - KM. 2+880.00

CALCULO:	HECTOR N. HERNÁNDEZ	FECHA:	JULIO 2004
DISEÑO:	HECTOR N. HERNÁNDEZ	DIBUJO:	HECTOR N. HERNÁNDEZ
REVISO:	ING. LUIS ALFARO	APROBO:	ING. LUIS ALFARO
ESCALA:	INDICADA	LEVANTO:	HECTOR N. HERNÁNDEZ

No.	FECHA	MODIFICACIÓN	FIRMA

Vo. Bo. PLANIFICADOR

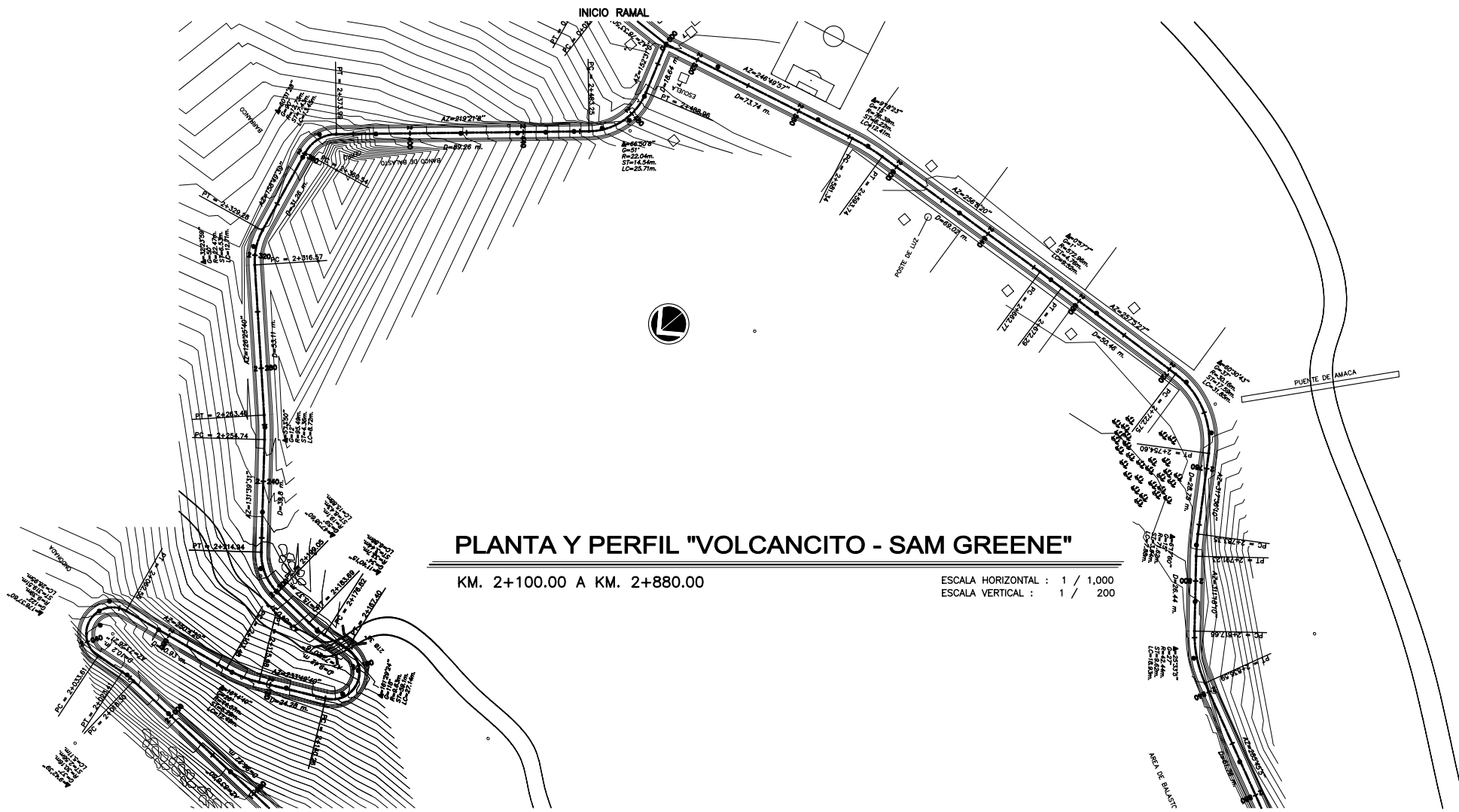
Vo. Bo. PROPIETARIO

ARCHIVO  
CEPS/VOLC-GREENE/PLANO05  
CÓDIGO  
VOLC-05

No. HOJA

05

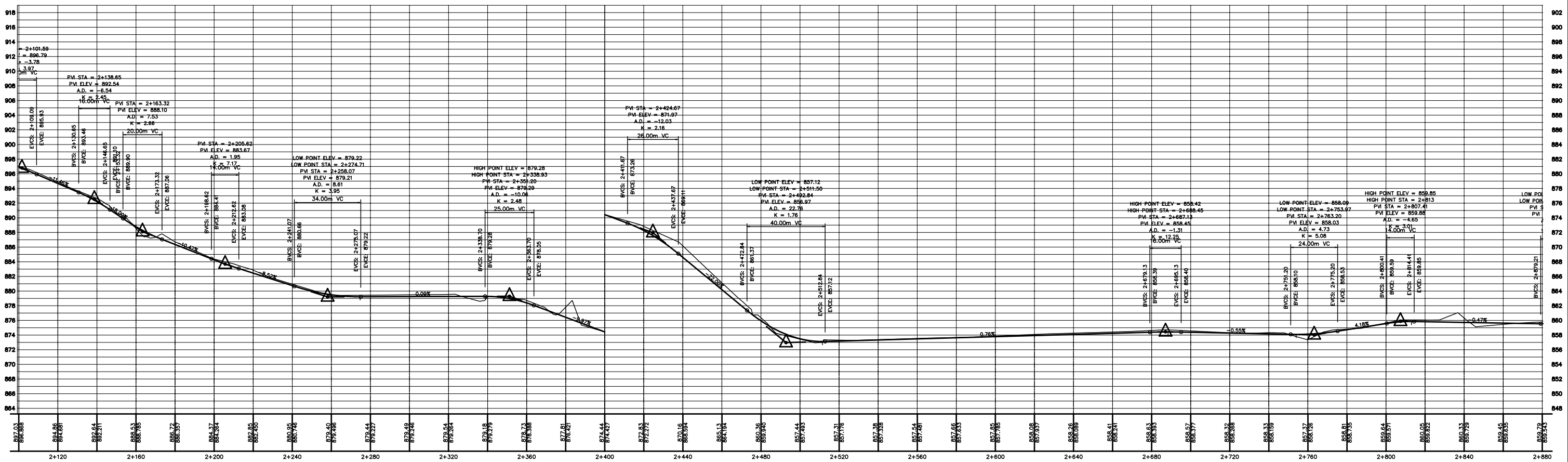
15



**PLANTA Y PERFIL "VOLCANCITO - SAM GREENE"**

KM. 2+100.00 A KM. 2+880.00

ESCALA HORIZONTAL : 1 / 1,000  
ESCALA VERTICAL : 1 / 200



**EPS**  
UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO:  
DISEÑO TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DE LA COMUNIDAD VOLCANCITO HACIA COMUNIDAD SAM GREENE, MUNICIPIO DE TUCURU, ALTA VERAPAZ.

CONTENIDO:  
PLANTA y PERFIL  
KM. 2+100.00 - KM. 2+880.00

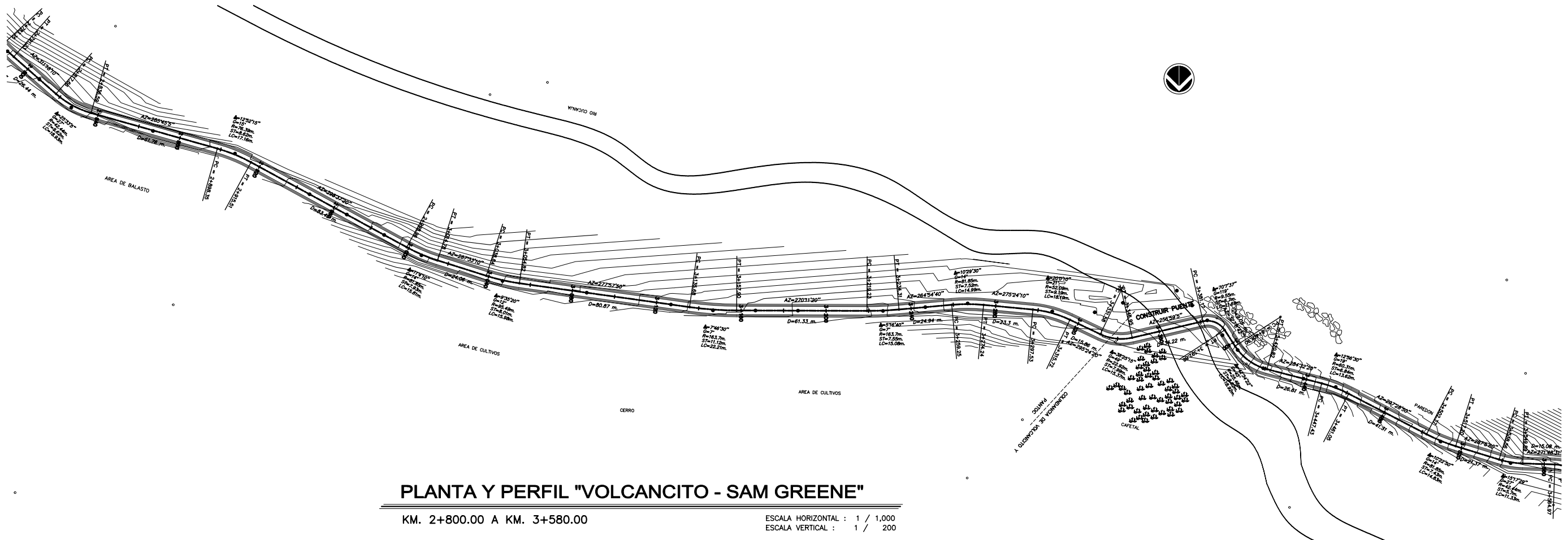
CALCULO:	HECTOR N. HERNÁNDEZ	FECHA:	JULIO 2004
DISEÑO:	HECTOR N. HERNÁNDEZ	DIBUJO:	HECTOR N. HERNÁNDEZ
REVISO:	ING. LUIS ALFARO	APROBO:	ING. LUIS ALFARO
ESCALA:	INDICADA	LEVANTO:	HECTOR N. HERNÁNDEZ

No.	FECHA	MODIFICACIÓN	FIRMA

Vo. Bo. PLANIFICADOR Vo. Bo. PROPIETARIO

ARCHIVO CEPS-VOLC-GREENE-PLAN-06	No. HOJA 06
CÓDIGO VOLC-06	15

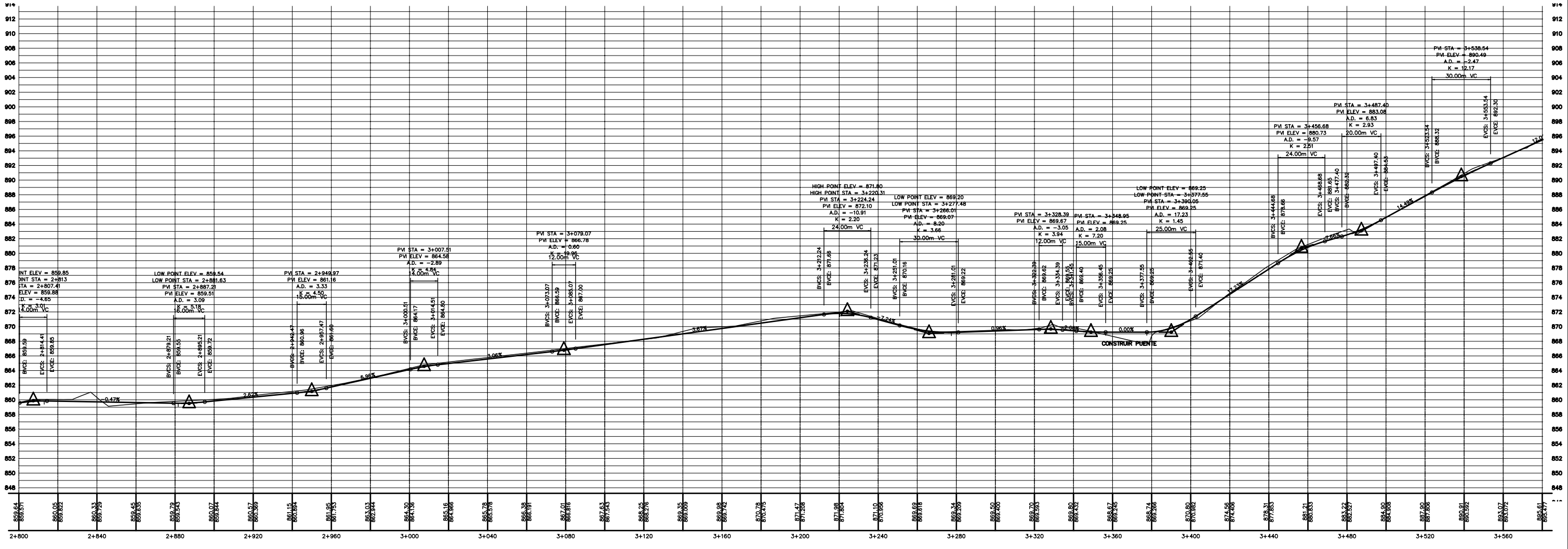





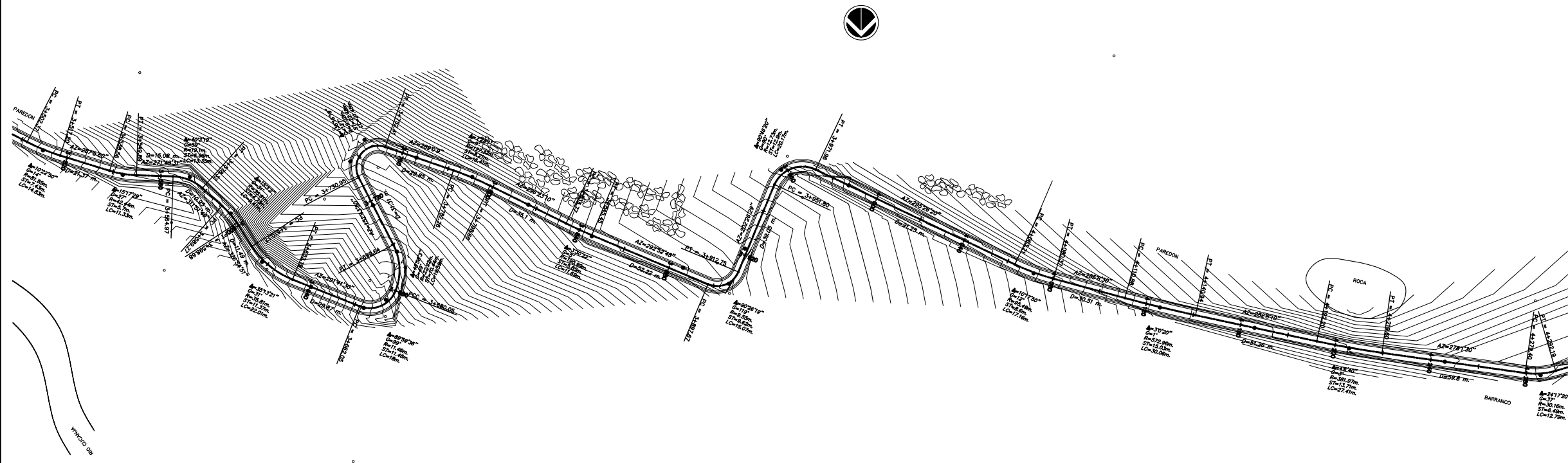
**PLANTA Y PERFIL "VOLCANCITO - SAM GREENE"**

KM. 2+800.00 A KM. 3+580.00

ESCALA HORIZONTAL : 1 / 1,000  
ESCALA VERTICAL : 1 / 200



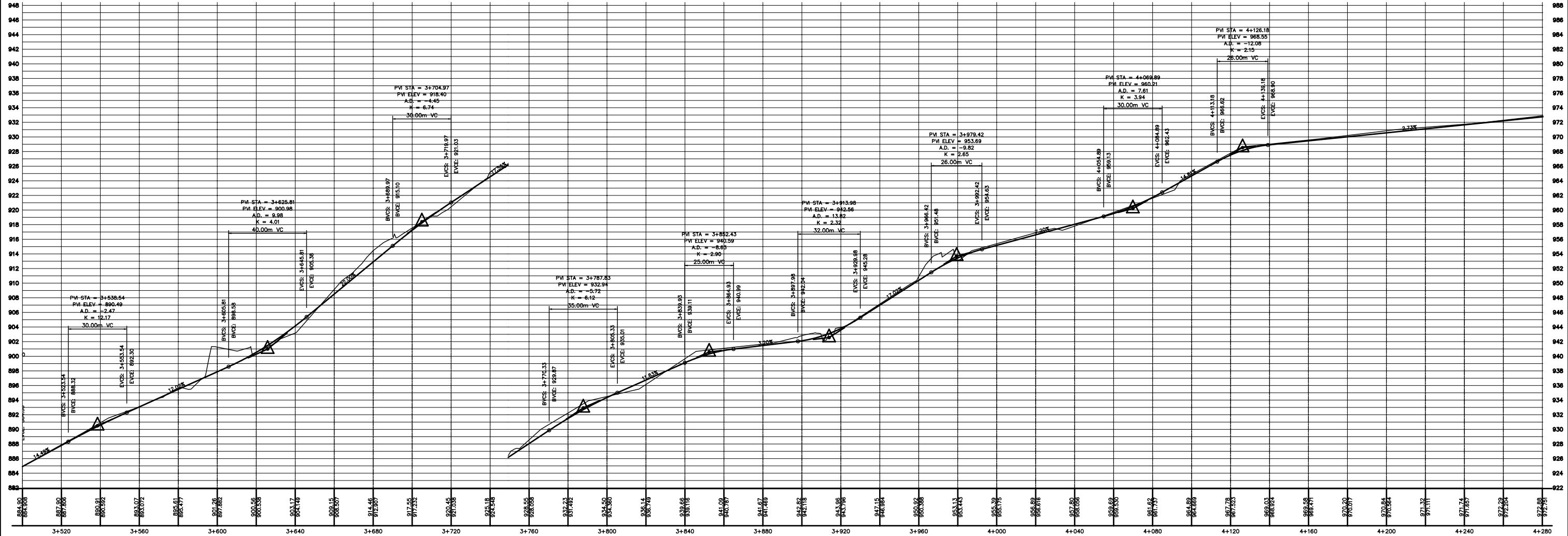
 <b>EPS</b> UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA	PROYECTO: <b>DISEÑO TRAMO CARRETERO COMPROMIDO DE LA COMUNIDAD VOLCANCITO HACIA COMUNIDAD SAM GREENE, MUNICIPIO DE TUCURU, ALTA VERAPAZ.</b>	CONTENIDO: <b>PLANTA y PERFIL          KM. 2+800.00 - KM. 3+580.00</b>	CALCULO: HECTOR N. HERNÁNDEZ DISEÑO: HECTOR N. HERNÁNDEZ REVISO: ING. LUIS ALFARO ESCALA: INDICADA	FECHA: JULIO 2004 DIBUJO: HECTOR N. HERNÁNDEZ APROBO: ING. LUIS ALFARO LEVANTO: HECTOR N. HERNÁNDEZ	No. _____ FECHA _____ MODIFICACIÓN _____ FIRMA _____	ARCHIVO CEPVOLCANCITOPLAN007 CÓDIGO VOLC007	No. HOJA <b>07</b> 15	
					Vo. Bo. PLANIFICADOR		Vo. Bo. PROPIETARIO	



### PLANTA Y PERFIL "VOLCANCITO - SAM GREENE"

KM. 3+500.00 A KM. 4+280.00

ESCALA HORIZONTAL : 1 / 1,000  
ESCALA VERTICAL : 1 / 200



**EPS**  
UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO:  
DISEÑO TRAMO CARRETERO COMPROMIDO  
DE LA COMUNIDAD VOLCANCITO HACIA  
COMUNIDAD SAM GREENE,  
MUNICIPIO DE TUCURU, ALTA VERAPAZ.

CONTENIDO:  
PLANTA & PERFIL  
KM. 3+500.00 - KM. 4+280.00

CALCULO: HECTOR N. HERNÁNDEZ  
DISEÑO: HECTOR N. HERNÁNDEZ  
REVISO: ING. LUIS ALFARO  
ESCALA: INDICADA

FECHA: JULIO 2004  
DIBUJO: HECTOR N. HERNÁNDEZ  
APROBO: ING. LUIS ALFARO  
LEVANTO: HECTOR N. HERNÁNDEZ

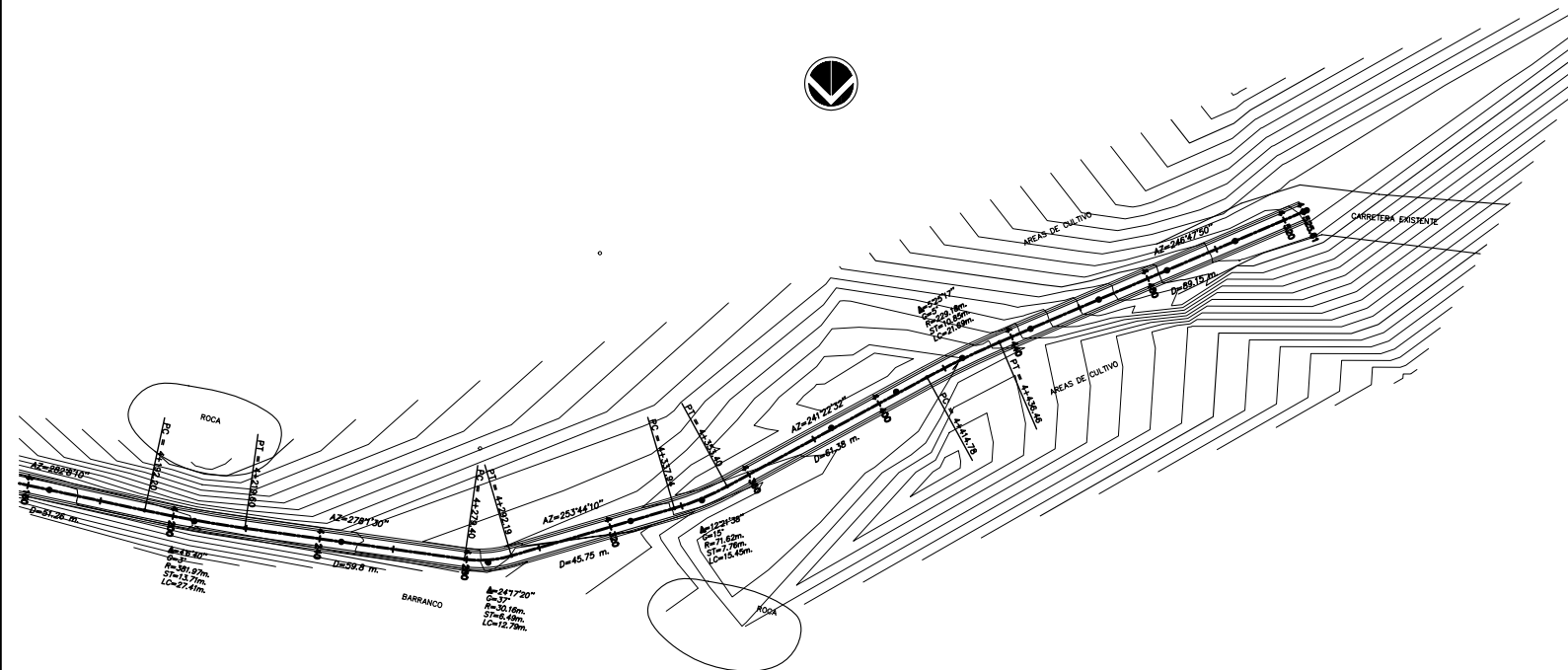
No.	FECHA	MODIFICACIÓN	FIRMA

ARCHIVO  
CEPS/VOLCANCITO/PLANTA06  
CÓDIGO  
VOLC06

No. HOJA  
**08**

Vo. Bo. PLANIFICADOR  
Vo. Bo. PROPIETARIO

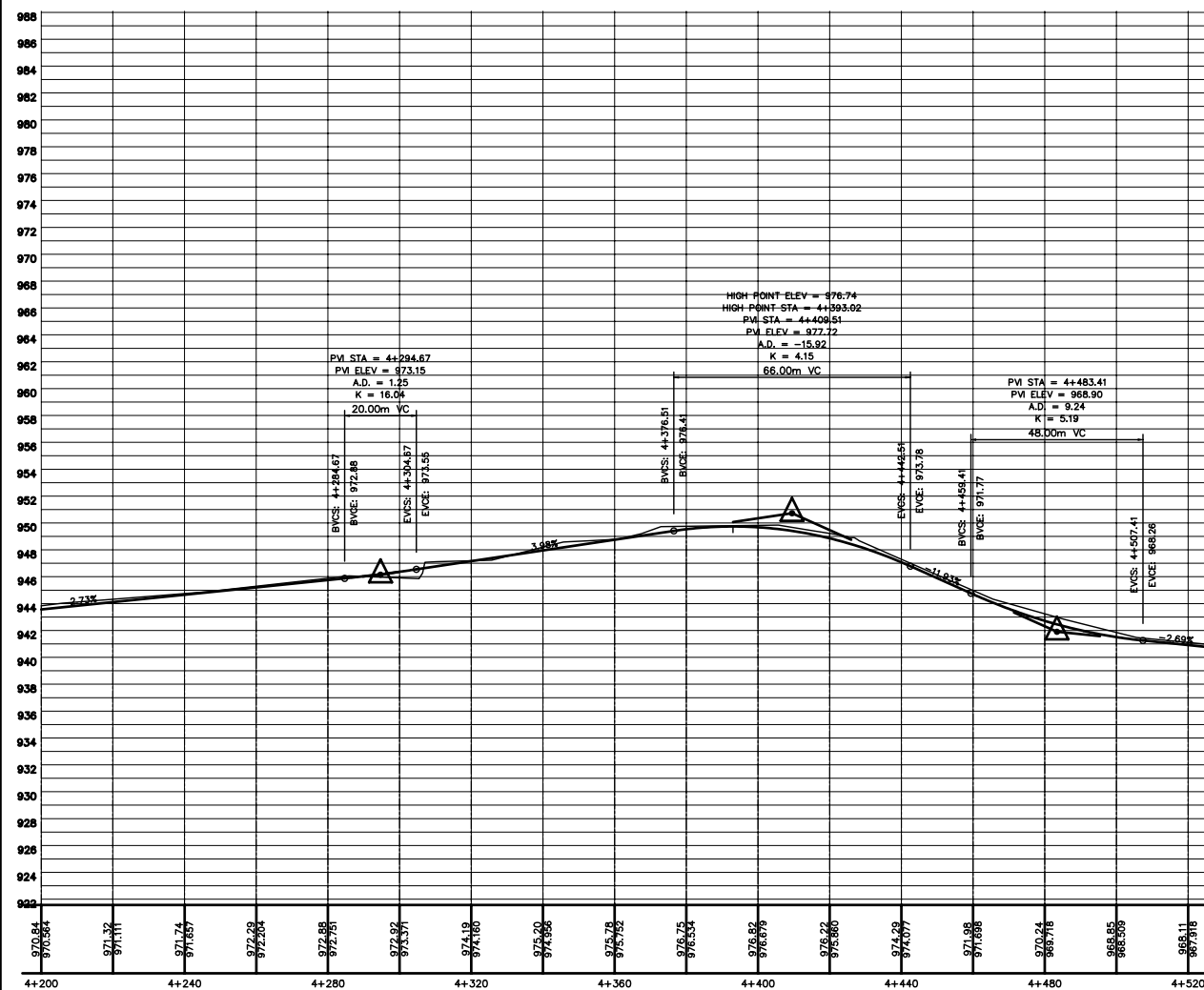
15

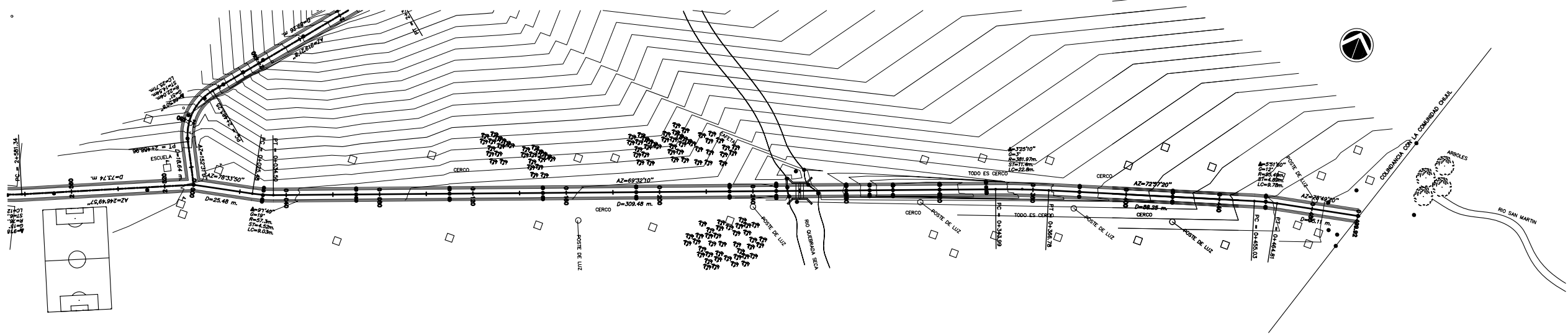


### PLANTA Y PERFIL "VOLCANCITO - SAM GREENE"

KM. 4+200.00 A KM. 4+525.61

ESCALA HORIZONTAL : 1 / 1,000  
ESCALA VERTICAL : 1 / 200

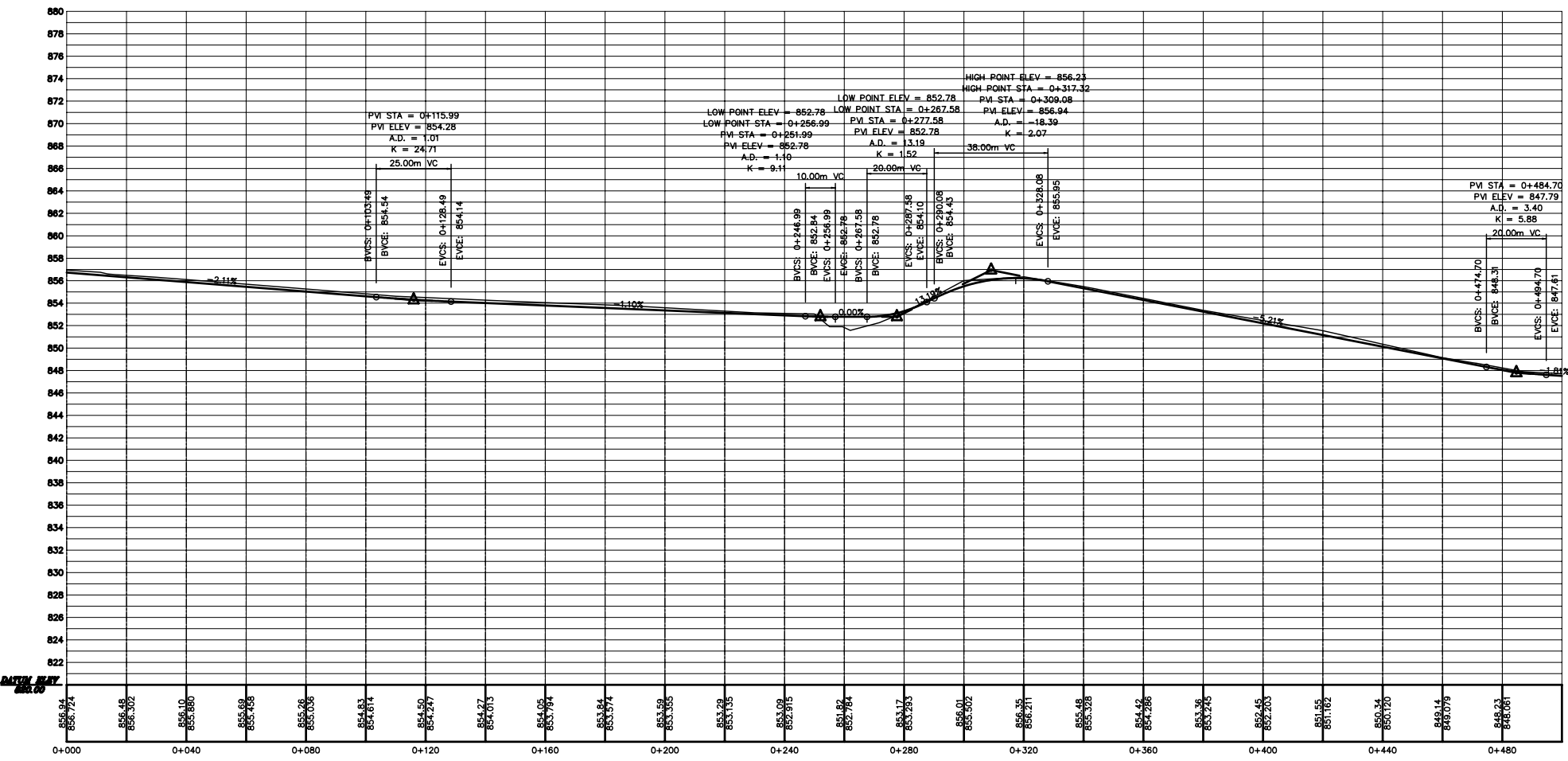


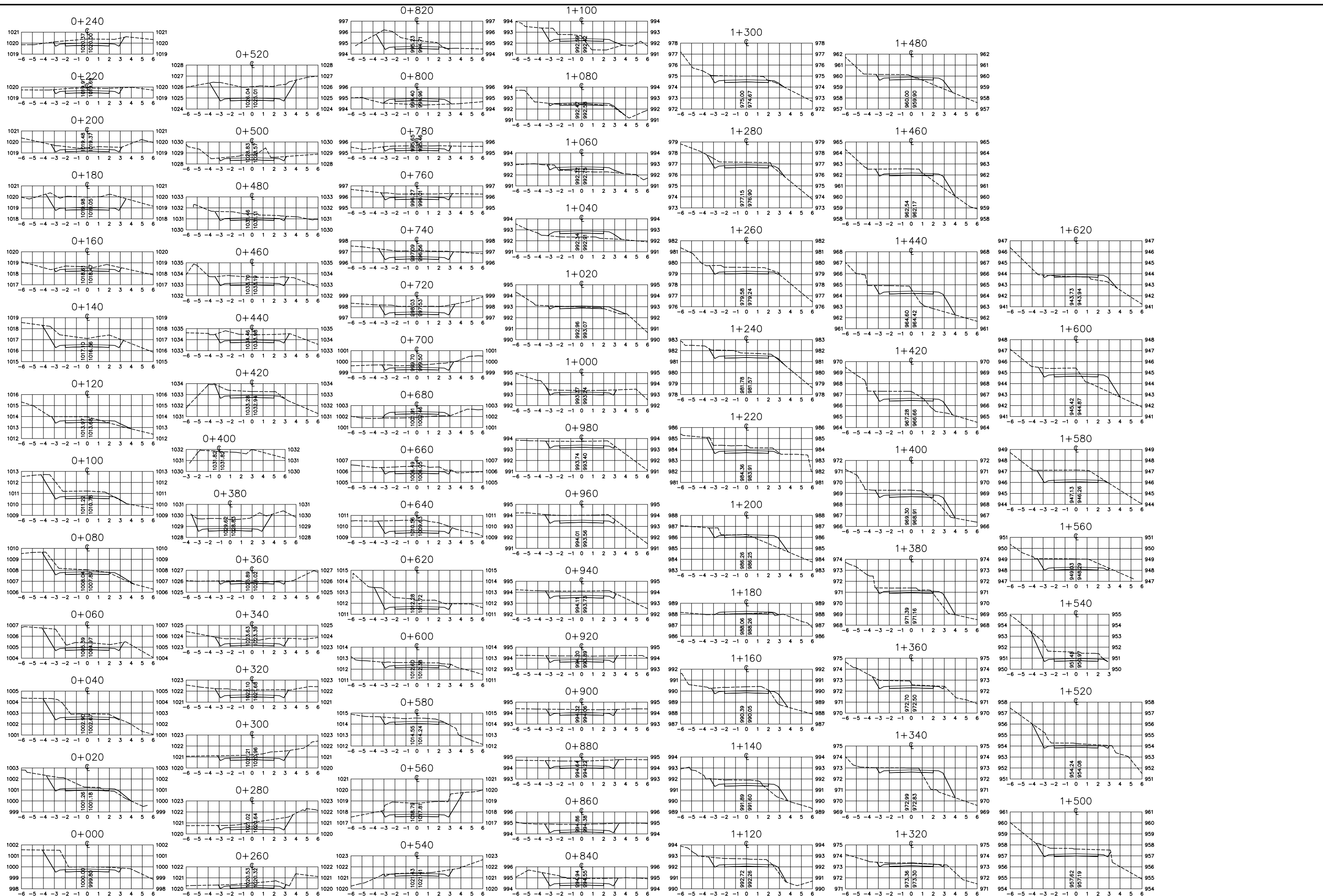


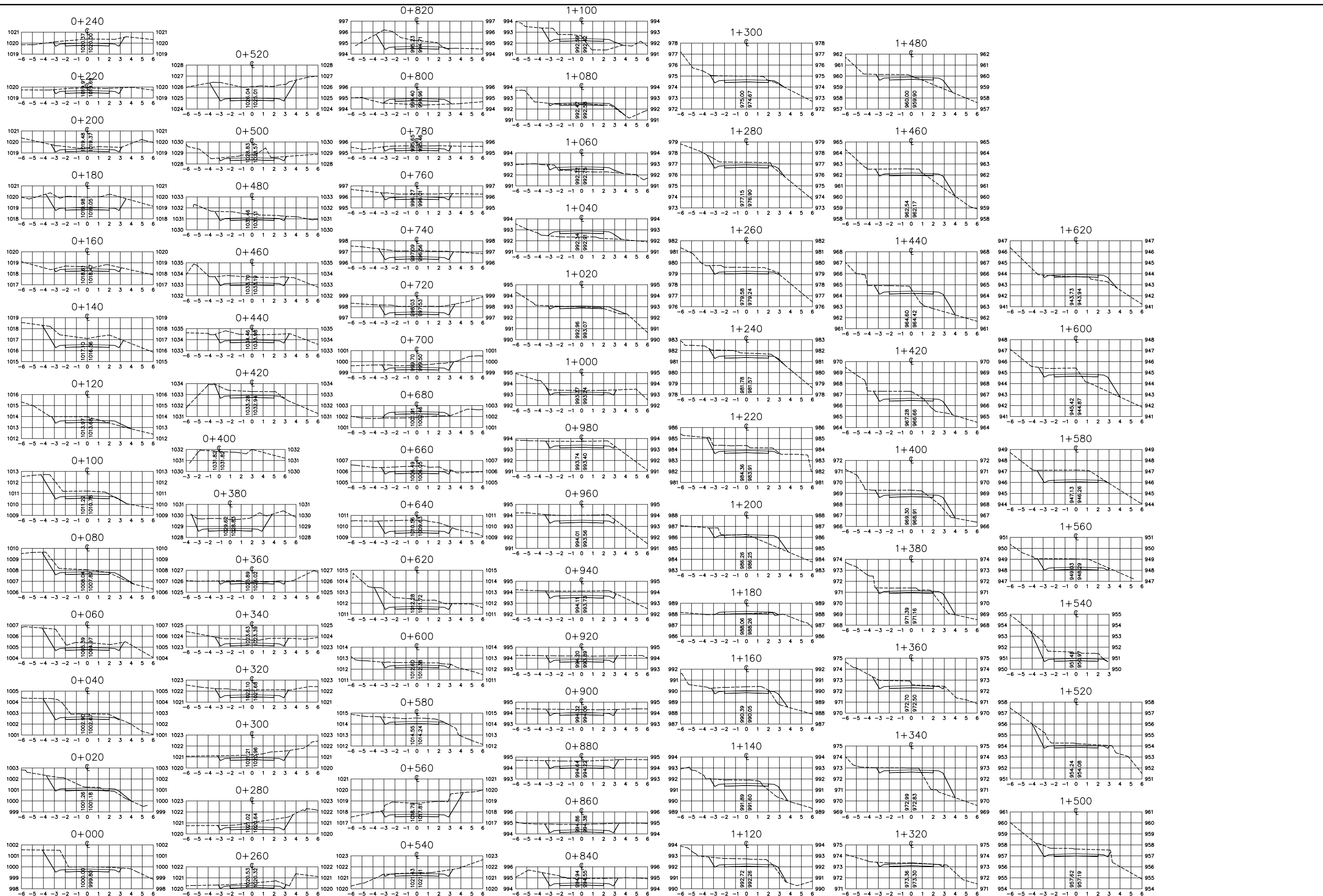
### PLANTA Y PERFIL "VOLCANCITO - SAM GREENE"

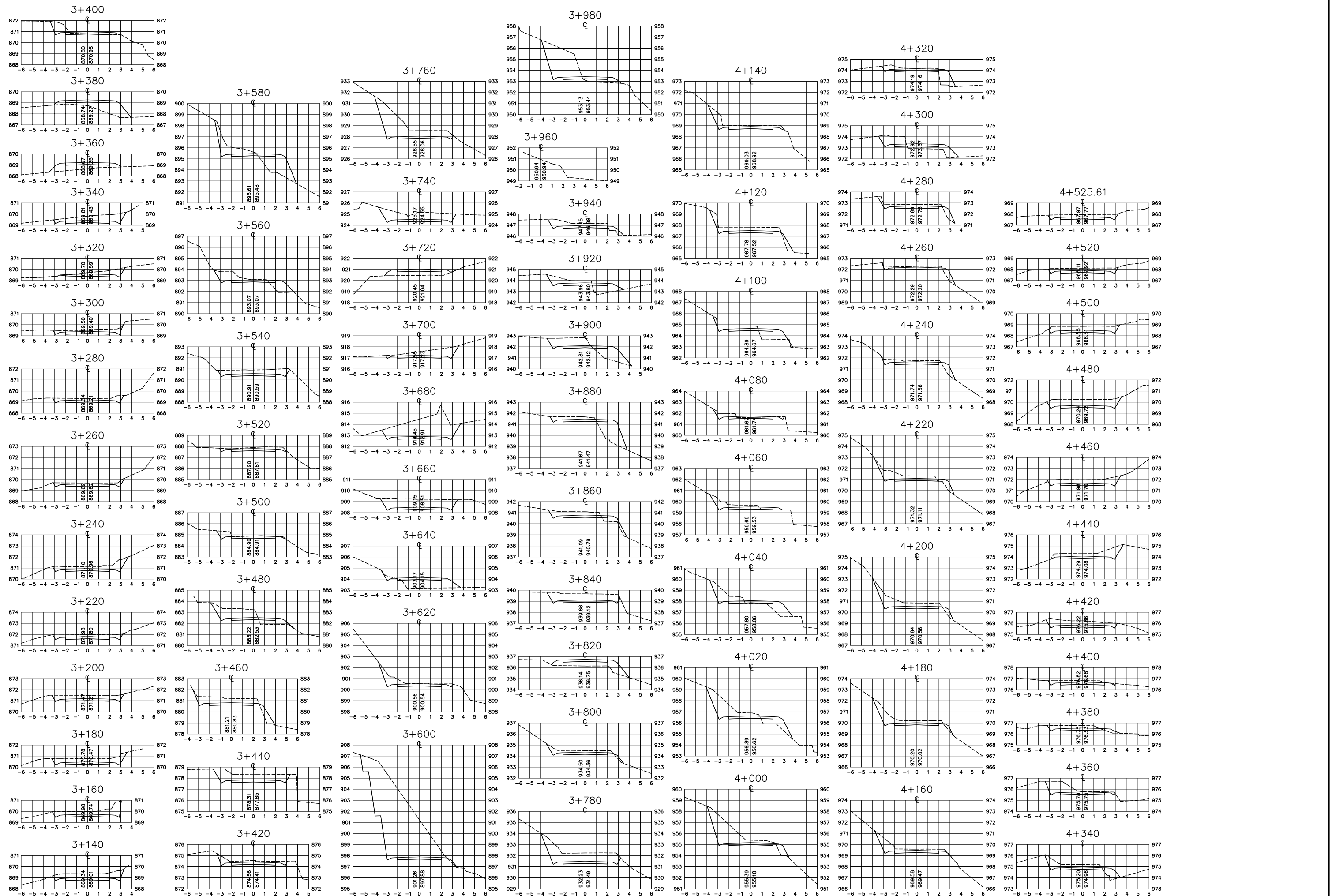
RAMAL KM. 0+000.00 A KM. 0+499.92

ESCALA HORIZONTAL : 1 / 1,000  
ESCALA VERTICAL : 1 / 200









**EPS**  
UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO:  
**DISEÑO TRAMO CARRETERO COMPROMIDIO  
DE LA COMUNIDAD VOLCANCITO HACIA  
COMUNIDAD SAM GREENE,  
MUNICIPIO DE TUCURU, ALTA VERAPAZ.**

CONTENIDO:  
**SECCIONES TRANSVERSALES**

CALCULO:	HECTOR N. HERNÁNDEZ	FECHA:	JULIO 2004
DISEÑO:	HECTOR N. HERNÁNDEZ	DIBUJO:	HECTOR N. HERNÁNDEZ
REVISO:	ING. LUIS ALFARO	APROBO:	ING. LUIS ALFARO
ESCALA:	INDICADA	LEVANTO:	HECTOR N. HERNÁNDEZ

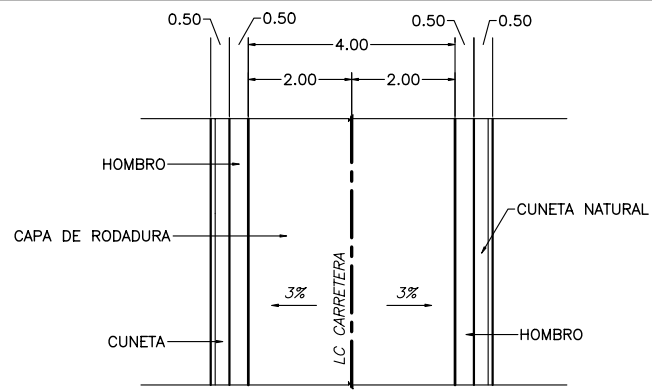
No.	FECHA	MODIFICACIÓN	FIRMA

Vo. Bo. PLANIFICADOR  
Vo. Bo. PROPIETARIO

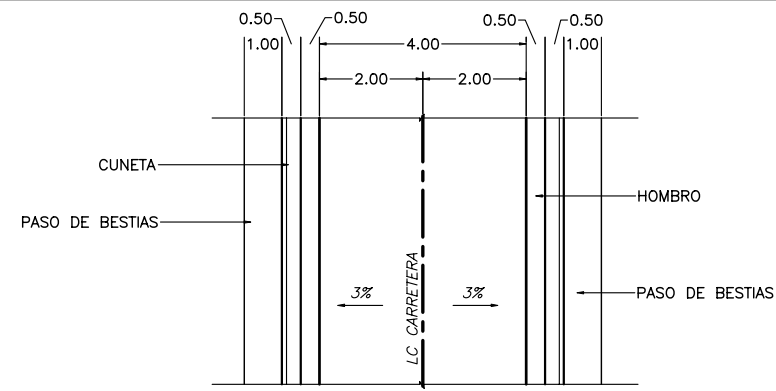
ARCHIVO	No. HOJA
CÓDIGO	13
	15



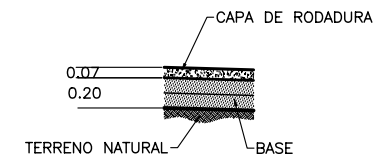




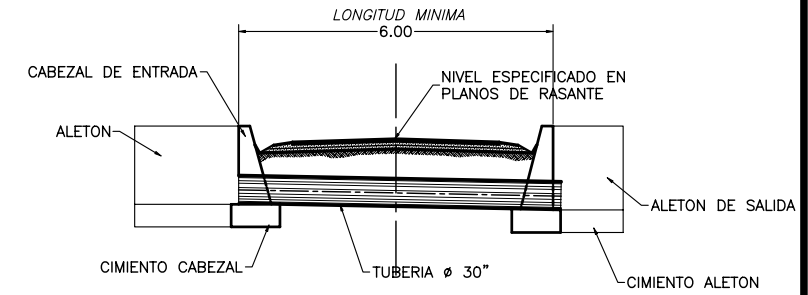
**PLANTA TÍPICA EN TANGENTE** ESCALA: 1:50



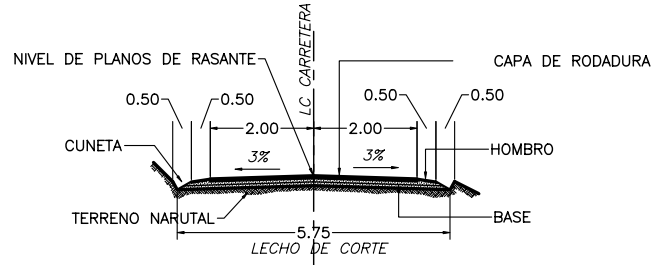
**PLANTA TÍPICA EN TANGENTE CON PASO DE BESTIAS** ESCALA: 1:50



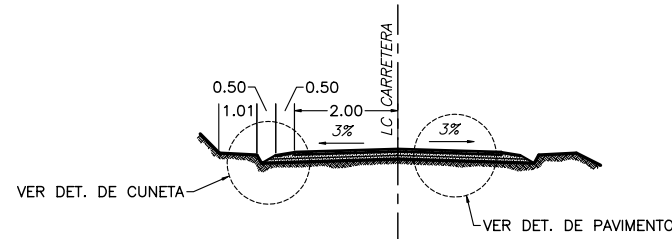
**DETALLE DE PAVIMENTO** ESCALA: 1:12.5



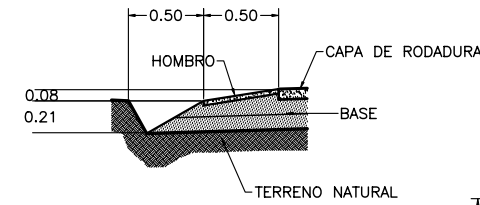
**SECCION DRENAJE TRANSVERSAL TÍPICO Ø 30"** ESCALA: 1:50



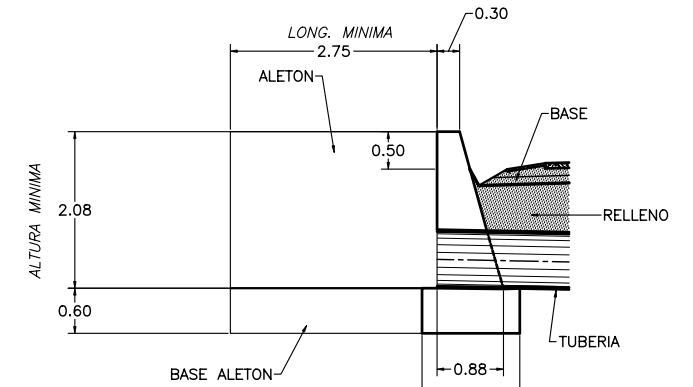
**SECCIÓN TRANSVERSAL, TANGENTE** ESCALA: 1:50



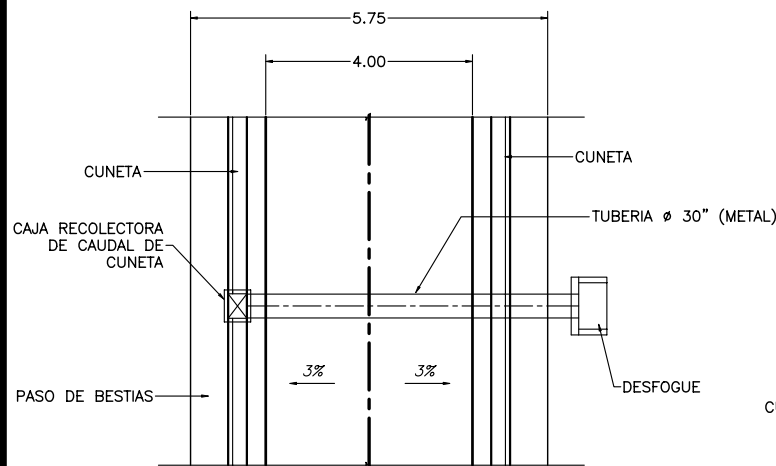
**SECCIÓN TRANSVERSAL, TANGENTE CON PASO DE BESTIAS** ESCALA: 1:50



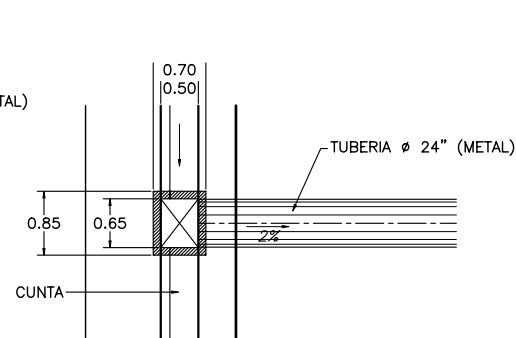
**DETALLE DE CUNETA** ESCALA: 1:12.5



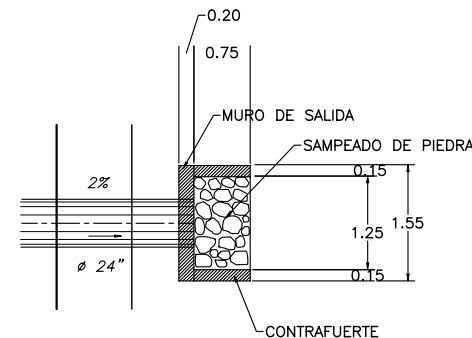
**SECCION CABEZAL + ALETONES ENTRADA Y SALIDA** ESCALA: 1:25



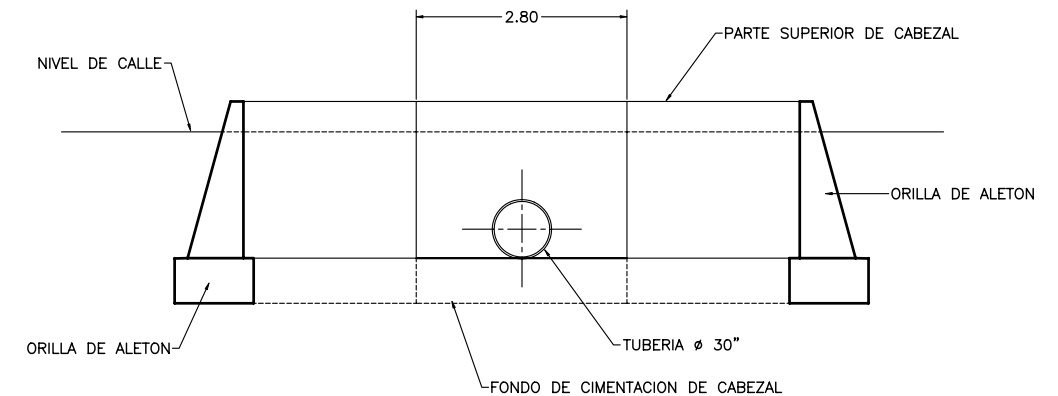
**PLANTA DRENAJE TRANSVERSAL TÍPICO CON PASO DE BESTIAS** ESCALA: 1:50



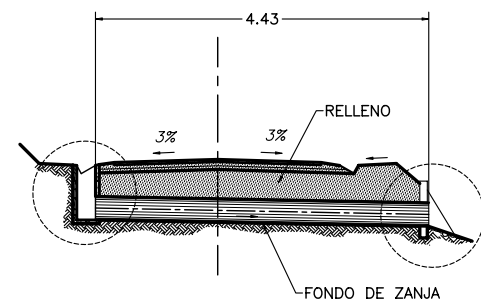
**PLANTA DET. CAJA DE DRENAJE CON PASO DE BESTIAS** ESCALA: 1:25



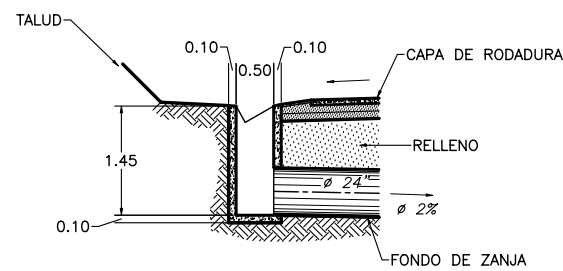
**PLANTA DESFOGUE DE DRENAJE CON PASO DE BESTIAS** ESCALA: 1:25



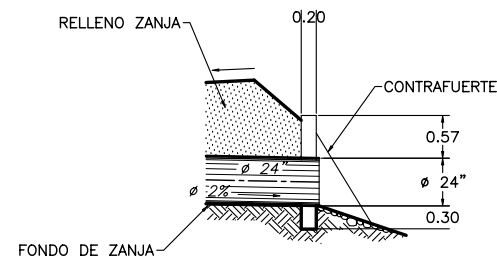
**ELEVACIÓN CABEZAL + ALETONES ENTRADA Y SALIDA** ESCALA: 1:25



**SECCIÓN DRENAJE TRANSVERSAL TÍPICO Ø 24"** ESCALA: 1:50  
CON PASO DE BESTIAS



**SECCIÓN DET. CAJA DE DRENAJE CON PASO DE BESTIAS** ESCALA: 1:25



**SECCIÓN DESFOGUE DE DRENAJE CON PASO DE BESTIAS** ESCALA: 1:25

**ESPECIFICACIONES**

- LOS CABEZALES SERAN DE MAMPOSTERÍA DE PIEDRA LIGADA CON MORTERO CON RELACION 1:3
- LAS TUBERIAS TRANSVERSALES SERÁN DEL DIÁMETRO INDICADO Y EN LA POSICIÓN INDICADA EN LOS PLANOS DE DISEÑO GEOMETRICO Y DE METAL.
- LA BASE SERA CONSTITUIDA CON MATERIAL SELECTO Y COMPACTADO HASTA UN 95 % DE DE PROCTOR MODIFICADO.
- LOS MATERIALES UTILIZADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LAS CAJAS COLECTORAS DEBERA ESTAR LIBRE DE IMPUREZAS
- EL PASO DE BESTIAS EN LOS LUGARES INDICADOS EN LOS PLANOS DE DISEÑO GEOMETRICO DEBERA TENER UN ANCHO MINIMO DE 1.00 MTS.
- LAS CUNETAS EN TODO EL RECORRIDO SERAN NARURALES CON LA FORMA SEGÚN DETALLE EN ESTE PLANO.



**EPS**  
UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO:  
DISEÑO TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DE LA COMUNIDAD VOLCANCITO HACIA COMUNIDAD SAM GREENE, MUNICIPIO DE TUCURU, ALTA VERAPAZ.

CONTENIDO:  
DETALLES

CALCULO:	HECTOR N. HERNÁNDEZ	FECHA:	JULIO 2004
DISEÑO:	HECTOR N. HERNÁNDEZ	DIBUJO:	HECTOR N. HERNÁNDEZ
REVISO:	ING. LUIS ALFARO	APROBO:	ING. LUIS ALFARO
ESCALA:	INDICADA	LEVANTO:	HECTOR N. HERNÁNDEZ

No.	FECHA	MODIFICACIÓN	FIRMA


ARCHIVO CEPS/VOLCANCITO/PLANOS	No. HOJA
CÓDIGO VOLC-05	15
	15

Vo. Bo. PLANIFICADOR      Vo. Bo. PROPIETARIO