



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA  
LA ALDEA MARAXCÓ Y MEJORAMIENTO DEL TRAMO CARRETERO QUE  
CONDUCE A LA ALDEA SHUSHO ARRIBA, MUNICIPIO DE CHIQUIMULA,  
DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA**

**Fernando Miguel Chinchilla Paiz**

Asesorado por el Ing. Ángel Roberto Sic García

Guatemala, octubre de 2010



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA  
LA ALDEA MARAXCÓ Y MEJORAMIENTO DEL TRAMO CARRETERO QUE  
CONDUCE A LA ALDEA SHUSHO ARRIBA, MUNICIPIO DE CHIQUIMULA,  
DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN  
PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**FERNANDO MIGUEL CHINCHILLA PAIZ**

ASESORADO POR EL ING. ÁNGEL ROBERTO SIC GARCÍA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2010



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
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero Spínola de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortiz de León
VOCAL V	Br. José Alfredo Ortiz Herincx
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Ángel Roberto Sic García
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas



## 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 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA  
LA ALDEA MARAXCÓ Y MEJORAMIENTO DEL TRAMO CARRETERO QUE  
CONDUCE A LA ALDEA SHUSHO ARRIBA, MUNICIPIO DE CHIQUIMULA,  
DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil,  
el 2 de octubre de 2,009.



Fernando Miguel Chinchilla Paiz





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIDAD DE EPS

Guatemala 05 de julio de 2010.  
Ref.EPS.DOC.693.07.10.

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano  
Directora Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Fernando Miguel Chinchilla Paiz** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **200516261**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA MARAXCÓ Y MEJORAMIENTO DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE A LA ALDEA SHUSHO ARRIBA, MUNICIPIO DE CHIQUIMULA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA"**.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Angel Roberto Sic García  
Asesor-Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Civil

c.c. Archivo  
ARSG/ra





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 05 de julio de 2010.

Ref.EPS.D.460.07.10

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

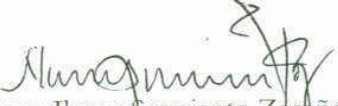
Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA MARAXCÓ Y MEJORAMIENTO DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE A LA ALDEA SHUSHO ARRIBA, MUNICIPIO DE CHIQUIMULA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Fernando Miguel Chinchilla Paiz**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Ángel Roberto Sic García.

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 -Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

  
Inga. Norma Ileana Sarmiento Zecaña de Serrano  
Directora Unidad de EPS



NISZ/ra





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,  
15 de julio de 2010

Ingeniero  
Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director de la Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ing. Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA MARAXCÓ Y MEJORAMIENTO DEL TRAMO QUE CONDUCE A LA ALDEA SHUSHO ARRIBA, MUNICIPIO DE CHIQUIMULA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Fernando Miguel Chinchilla Paiz, quien contó con la asesoría del Ing. Ángel Roberto Sic García.

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. Rafael Enrique Morales Ochoa  
Revisor por el Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRAULICA  
USAC

/bbdeb.

Más de **130** Años de Trabajo Académico y Mejora Continua







UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,  
4 de octubre de 2010

Ingeniero  
Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director Escuela Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA MARAXCÓ Y MEJORAMIENTO DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE A LA ALDEA SHUSHO ARRIBA, MUNICIPIO DE CHIQUIMULA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA,** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Fernando Miguel Chinchilla Paiz, quien contó con la asesoría del Ing. Ángel Roberto Sic García.

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. Fernando Amílcar Boiton Velásquez  
Coordinador del Área de Topografía y Transportes



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
TRANSPORTES  
USAC

/bbdeb.

Más de **130** Años de Trabajo Académico y Mejora Continua









UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
www.ingenieria-usac.edu.gt



El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Ángel Roberto Sic García y de la Directora de la Unidad de E.P.S. Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña, al trabajo de graduación del estudiante Fernando Miguel Chinchilla Paiz, titulado DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA MARAXCÓ Y MEJORAMIENTO DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE A LA ALDEA SHUSHO ARRIBA, MUNICIPIO DE CHIQUIMULA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, octubre de 2010

/bbdeb.



Universidad de San Carlos  
De Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref. DTG.339-2010

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 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA MARAXCÓ Y MEJORAMIENTO DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE A LA ALDEA SHUSHO ARRIBA, MUNICIPIO DE CHIQUIMULA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA**, presentado por el estudiante universitario Fernando Miguel Chinchilla Paiz, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
Decano



Guatemala, octubre de 2010

/cc



## **ACTO QUE DEDICO A:**

- DIOS** Gracias por ser el faro que guía mi camino y las innumerables bendiciones que me has dado; a ti he encomendado mi vida.
- MI MAMÁ** Annabella Paiz, por tu infinito amor y apoyo incondicional que me has brindado. Tú eres la prueba del amor de Dios en la tierra. Te amo mama.
- MI HERMANO** José Rafael, por tu apoyo, amistad y cariño. No tenés idea de cuan orgulloso me siento de que seas mi hermano.
- MIS TÍOS** En especial a José Ricardo y Ana Margarita, quienes han sido como mis segundos padres y siempre han velado por mi bienestar.
- MIS PRIMOS** Valeria, Pablo, Mario y Ricardo, que son casi como mis hermanos. Gracias por cuidar de mí y estar siempre a mi lado.
- MIS ABUELITAS** Margarita Juárez (q.e.p.d.) e Hilda Ibarra, por sus enseñanzas e inculcación de valores. Querida Tati, esta victoria es toda suya.
- MI NOVIA** Ana Lucía, por tu inmenso amor y por todo este aguante durante mis prácticas y el tiempo que no he estado contigo. Te amo mi Nalu.
- MI FAMILIA Y AMIGOS EN GENERAL.**



## **AGRADECIMIENTOS A:**

### **UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Especialmente a la Facultad de Ingeniería, por mi formación y el orgullo de ser sancarlista.

### **MIS PADRES**

Por su amor y sacrificios para brindarme siempre lo mejor. Que este logro sea una recompensa a todos sus esfuerzos.

### **MI HERMANO**

Por su cariño, apoyo y todos los momentos que hemos compartido.

### **SEÑOR OSCAR TORRES**

Sin su ayuda, y la de su hijo, no hubiera podido terminar la topografía.

### **MIS AMIGOS**

Vicky Carrillo, Edher Morales, Manuel Arango, Roberto Secaida, Javier Velásquez, Erick Roldán, Jeysson Macal, Guillermo Agueda y a la promoción 43 del Fischmann.

### **MIS AMIGOS DE CHIQUIMULA**

En especial a todos los de la Aduana y a la familia Salguero Morataya, por su hospitalidad y hacerme sentir como en casa.





# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	<b>V</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	<b>IX</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>XVII</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XXI</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>XXIII</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>XXV</b>
<b>1 ASPECTOS MONOGRÁFICOS</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes históricos	1
1.2 Características geográficas	4
1.2.1 Localización	4
1.2.2 Colindancias	4
1.2.3 Vías de acceso	4
1.2.4 Clima e hidrografía	5
1.2.5 Fisiología y orografía	6
1.3 Características económicas	6
1.3.1 Producción agropecuaria	7
1.3.2 Actividad comercial	8
1.4 Características socioculturales	8
1.4.1 Población	8
1.4.2 División político – administrativa	9
1.4.3 Educación	11
1.4.4 Servicios básicos existentes	12
1.4.5 Descripción de la necesidad y priorización del problema	13

1.4.5.1	Aldea Maraxcó	13
1.4.5.2	Aldea Shusho Arriba	15
<b>2</b>	<b>DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA MARAXCÓ</b>	<b>17</b>
2.1	Descripción del proyecto	17
2.2	Levantamiento topográfico	17
2.3	Fuentes de agua	19
2.4	Aforos	19
2.5	Análisis de calidad del agua	20
2.5.1	Examen bacteriológico	20
2.5.2	Examen físico-químico sanitario	21
2.6	Criterios de diseño	21
2.6.1	Período de diseño	22
2.6.2	Tasa de crecimiento poblacional	22
2.6.3	Dotación	24
2.6.4	Caudales	25
2.7	Tanque de almacenamiento	27
2.8	Desinfección	28
2.9	Línea de distribución	32
2.10	Obras de arte	38
2.10.1	Paso aéreo	38
2.11	Conexiones prediales	39
2.12	Válvulas	39
2.13	Elaboración de planos	40
2.14	Elaboración de presupuesto	40
2.15	Cronograma de ejecución	42
2.16	Programa de operación y mantenimiento	42
2.17	Propuesta de tarifa	44

2.17.1	Costo de operación	44
2.17.2	Costo de mantenimiento	45
2.17.3	Costo de tratamiento	45
2.17.4	Costo de bombeo	46
2.17.5	Gastos administrativos	47
2.17.6	Cálculo de tarifa	48
2.18	Evaluación socio-económica	49
2.18.1	Valor presente neto	49
2.18.2	Tasa interna de retorno	51
2.19	Evaluación de impacto ambiental	52

<b>3</b>	<b>MEJORAMIENTO DEL TRAMO CARRETERO ALDEA SHUSHO ARRIBA</b>	<b>55</b>
3.1	Descripción del proyecto	55
3.2	Especificaciones técnicas	56
3.3	Levantamiento topográfico	57
3.4	Criterios de diseño	57
3.4.1	Período de diseño	57
3.4.2	Volumen de tránsito	58
3.4.2.1	Tránsito promedio diario anual	58
3.4.2.2	Composición del tránsito	59
3.4.2.3	Proyecciones de la demanda de tránsito	60
3.4.3	Velocidad de operación	61
3.4.4	Velocidad de diseño	61
3.5	Componentes básicos de la sección transversal	63
3.5.1	Ancho de carriles	64
3.5.2	Pendiente transversal de los carriles	65
3.5.3	Hombros	65
3.5.4	Drenaje superficial	66

3.6	Alineamiento horizontal	66
3.6.1	Curvas horizontales	67
3.6.2	Peralte	71
3.6.3	Distribución de “e” y “f”	72
3.6.4	Sobre-anchos en las curvas	75
3.7	Alineamiento vertical	78
3.7.1	Curvas verticales	78
3.8	Estudios de suelos	82
3.8.1	Ensayo Proctor Modificado	82
3.8.2	Ensayo C.B.R.	83
3.8.3	Granulometría	86
3.8.4	Límites de Atterberg	87
3.9	Ensayo de suelos	88
3.10	Movimiento de tierras	90
3.10.1	Volúmenes de tierra	91
3.11	Carpeta de rodadura	93
3.11.1	Módulo de reacción de sub-rasante (K)	93
3.11.2	Módulo de ruptura del concreto (Mr)	95
3.11.3	Diseño de espesor de pavimento	95
3.12	Elaboración de planos	97
3.13	Elaboración de presupuesto	98
3.14	Cronograma de ejecución	100
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>101</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>103</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>105</b>
	<b>APÉNDICE</b>	<b>109</b>
	<b>PLANOS DE LOS PROYECTOS</b>	<b>125</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Mapa del departamento de Chiquimula	3
2.	Localización de las aldeas Maraxcó y Shusho Arriba	10
3.	Circuito E-28 – E-30 – E-262	35
4.	Modelo hidráulico circuito E-28 – E-30 – E-262	37
5.	Diagrama de flujo de efectivo del sistema de agua potable	50
6.	Diagrama de flujo de efectivo del sistema de agua potable para el cálculo de la tasa interna de retorno	51
7.	Elementos de una curva simple	69
8.	Forma de curvas verticales y sus elementos	79
9.	Gráfica para el cálculo de longitud mínima de la curva vertical convexa	80
10.	Gráfica para el cálculo de longitud mínima de la curva vertical cóncava	80
11.	Gráfica de compactación Proctor Modificado	83
12.	Gráfica C.B.R. vs. compactación	85
13.	Representación geométrica para el cálculo de volúmenes de movimiento de tierras	92
14.	Esquema de las capas que forman un pavimento rígido construido sobre la capa sub-rasante	93
15.	Sistema de agua potable por llena cántaros en la aldea Maraxcó	142
16.	Topografía del camino que conduce a la aldea Shusho Arriba	142

## TABLAS

I.	Población de Chiquimula por sexo. Censo 2002	9
II.	Población de Chiquimula por grupos de edad. Censo 2002	9
III.	Infraestructura escolar en Chiquimula	11
IV.	Levantamientos topográficos según instrumentos de medición	18
V.	Períodos de diseño para componentes de un sistema de agua	22
VI.	Dotaciones según sistemas de abastecimiento para el área rural	24
VII.	Volúmenes de hipoclorito para lograr una solución al 10%	31
VIII.	Presupuesto del sistema de abastecimiento de agua potable, aldea Maraxcó	41
IX.	Cronograma de ejecución físico-financiero del sistema de abastecimiento de agua potable, aldea Maraxcó	42
X.	Flujo de efectivo del sistema de agua potable	50
XI.	Tipos de carretera según su TPDA	59
XII.	Composición porcentual del tránsito vehicular en el tramo carretero que conduce a la aldea Shusho Arriba	60
XIII.	Valores límites recomendados para el diseño de carreteras	63
XIV.	Tasa de sobreelevación por tipo de terreno	72
XV.	Valores máximos típicos para “e” y “f” en distintos países del mundo	74
XVI.	Sobre-ancho en curvas de carreteras de dos carriles	77
XVII.	Valores de k para curvas cóncavas y convexas	81
XVIII.	Datos tabulados del ensayo C.B.R.	84
XIX.	Resistencia del suelo en relación de distintos porcentajes de C.B.R.	85
XX.	Tabulación de datos obtenidos por ensayo de análisis de distribución de granulometría	87
XXI.	Tabulación de los porcentajes según la clasificación del suelo	87

XXII.	Resultados de ensayo de límites de Atterberg	88
XXIII.	Clasificación de vehículos según categoría de cargas por eje	89
XXIV.	Valores de “K” según la clasificación del suelo	94
XXV.	Espesor óptimo de carpeta de rodadura en función de Mr y K	96
XXVI.	Presupuesto del mejoramiento y pavimentación del tramo carretero que conduce a la aldea Shusho Arriba	99
XXVII.	Cronograma de ejecución físico-financiero del mejoramiento y pavimentación del tramo carretero que conduce a la aldea Shusho Arriba	100





## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>4</b>	Libras de hipoclorito de calcio al 65% para desinfectar 1000 lt de agua en una solución al 10%
<b>86400</b>	Cantidad de segundos en un día
<b>2592000</b>	Cantidad de segundos en un mes
<b>%Consumo comercial</b>	Porcentaje de consumo comercial en relación al uso doméstico
<b>%Consumo industrial</b>	Porcentaje de consumo industrial en relación al uso doméstico
<b>%Consumo oficial</b>	Porcentaje de consumo oficial empleado por entidades estatales en relación al uso doméstico
<b>%Pérdidas y fugas</b>	Estimado de pérdidas asignados por el diseñador
<b><math>\Delta</math></b>	Ángulo de deflexión
<b><math>^{\circ}\text{C}</math></b>	Grados Celsius
<b>A</b>	Anualidad; diferencia de pendientes
<b>A.A.S.H.T.O.</b>	Asociación americana de carreteras estatales y oficiales de transportación (por sus siglas en inglés)

<b>ACI</b>	Instituto americano del concreto (por sus siglas en inglés)
<b>Br.</b>	Bronce
<b>C</b>	Coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams
<b>C.B.R.</b>	Valor relativo de soporte California (por sus siglas en inglés)
<b>Cb</b>	Costo de bombeo
<b>Cc</b>	Coeficiente de graduación
<b>Ch</b>	Costo de hipoclorito de calcio
<b>Cm</b>	Costo de mantenimiento; cuerda máxima
<b>Co</b>	Costo de operación
<b>Cu</b>	Coeficiente de uniformidad
<b>CT</b>	Cota de terreno
<b>Ct</b>	Costo de tratamiento
<b>D</b>	Demanda
<b>d</b>	Diámetro interno del tubo, pulgadas
<b>D<sub>10</sub></b>	Diámetro máximo del 10%
<b>D<sub>30</sub></b>	Diámetro máximo del 30%

<b>D<sub>60</sub></b>	Diámetro máximo del 60%
<b>dot</b>	Dotación escogida
<b>E</b>	Estación; external
<b>e</b>	Porcentaje de eficiencia de la bomba; tasa de sobreelevación o peralte
<b>f</b>	Factor de fricción lateral
<b>fdh</b>	Factor de hora máximo
<b>fdm</b>	Factor de día máximo
<b>Fp</b>	Factor de prestaciones
<b>FS</b>	Factor de seguridad
<b>Ga</b>	Gastos administrativos
<b>Gc</b>	Grado de curvatura
<b>H</b>	Pérdida de carga
<b>Hóptima</b>	Humedad óptima
<b>i</b>	interés efectivo
<b>I.P.</b>	Índice de plasticidad
<b>INE</b>	Instituto Nacional de Estadística

<b>k</b>	Coeficiente cuyo valor se encuentra entre 0.15 y 0.20; longitud de la curva vertical en el plano horizontal
<b>K</b>	Módulo de reacción de sub-rasante
<b>L</b>	Longitud del tubo; longitud de la línea central de la tubería; longitud entre el eje frontal y el eje posterior del vehículo de diseño; litro
<b>L/hab/día</b>	Litros por habitante por día (dotación)
<b>Lc</b>	Longitud de curva horizontal
<b>LCV</b>	Longitud de curva vertical
<b>LL</b>	Límite líquido
<b>m</b>	Metro
<b>m<sup>2</sup></b>	Metro cuadrado
<b>m<sup>3</sup></b>	Metro cúbico
<b>mca</b>	Metro columna de agua
<b>Mnl</b>	Costo de materiales no locales
<b>Mr</b>	Módulo de ruptura del concreto

<b>n</b>	Período de diseño, número de años; número de habitantes por vivienda; mitad de la sumatoria de viviendas que llegan a un nodo; número de carriles de la superficie de rodamiento
<b>N</b>	Número de viviendas estimadas para el final del período
<b>Nc</b>	Número de conexiones
<b>Om</b>	Ordenada media
<b>P</b>	Potencia requerida de la bomba
<b>P.C.A.</b>	Asociación del cemento Portland
<b>P/A</b>	Valor presente dado una anualidad
<b>P1</b>	Pendiente de entrada
<b>P2</b>	Pendiente de salida
<b>PC</b>	Principio de curva horizontal
<b>Pf</b>	Población futura
<b>PI</b>	Punto de inflexión
<b>PIV</b>	Punto de inflexión vertical
<b>Pj</b>	Pago diario o jornal
<b>Po</b>	Población actual

<b>PT</b>	Principio de tangente horizontal
<b>pulg</b>	Pulgada
<b>pulg<sup>2</sup></b>	Pulgada cuadrada
<b>pulg<sup>3</sup></b>	pulgada cúbica
<b>PVC</b>	Policloruro de vinilo
<b>Q</b>	Caudal
<b>Q<sub>1</sub></b>	Caudal de uso simultáneo
<b>Q<sub>2</sub></b>	Caudal unitario
<b>Qconducción</b>	Caudal de conducción
<b>Qd</b>	Caudal doméstico
<b>Qm</b>	Caudal medio diario
<b>Qmh</b>	Caudal máximo horario o caudal de diseño
<b>Qu</b>	Caudal unitario
<b>r</b>	Tasa de crecimiento
<b>R</b>	Radio de curvatura
<b>Rac</b>	Relación de agua-cloro, una parte por millar
<b>s</b>	Segundo
<b>S</b>	Valor sobre-ancho

<b>St</b>	Subtangente
<b>t</b>	Tiempo; peralte o espesor de concreto
<b>TIR</b>	Tasa interna de retorno
<b>Tp</b>	Tarifa propuesta
<b>TPDA</b>	Tránsito promedio diario anual
<b>UNEPAR</b>	Unidad ejecutora del programa de acueductos rurales
<b>V</b>	Velocidad
<b>viv</b>	Vivienda
<b>Vol</b>	Volumen
<b>VPN</b>	Valor presente neto
<b><math>\gamma_{max}</math></b>	Densidad máxima
<b><math>\phi</math></b>	Diámetro





## GLOSARIO

<b>Aforo</b>	Medición del volumen de agua que circula en una sección o corriente por unidad de tiempo.
<b>Agua potable</b>	Agua sanitariamente segura y agradable a los sentidos.
<b>Altimetría</b>	Procedimientos usados para definir las diferencias de nivel existentes entre puntos de elevación de un terreno y/o construcción.
<b>Azimut</b>	Ángulo formado por la dirección horizontal y la del norte verdadero, determinado astronómicamente, este es medido en el sentido de las agujas del reloj.
<b>Banco de marca</b>	Punto en la altimetría y planimetría, cuya altura se conoce y sus coordenadas están georreferenciadas y se utilizará para determinar alturas y coordenadas posteriores.
<b>Carril</b>	Superficie de rodamiento, que tiene el ancho suficiente para permitir la circulación de una hilera de vehículos.

<b>Caudal</b>	Volumen de agua expresado generalmente en litros sobre una unidad de tiempo (segundo).
<b>Cemento Portland</b>	Aglomerante que, en presencia de agua, reacciona y debidamente mezclado con agregados inertes se convierte en una masa manejable con características de piedra artificial.
<b>Cloración</b>	Desinfección de aguas por medio de cloro.
<b>Compactación</b>	Procedimiento artificial de consolidar un terreno, mediante la expulsión del aire existente entre sus partículas, haciendo que las mismas estén lo más próximas posibles.
<b>Cuneta</b>	Zanja en uno o ambos lados del camino o carretera, en la cual, el agua circula debido a la acción de la gravedad.
<b>Dotación</b>	Cantidad de agua en litros asignada a un usuario y/o habitante durante un día.
<b>Fuente</b>	Lugar donde se realiza la toma del agua para un acueducto, esta puede ser superficial o un nacimiento.
<b>Grava</b>	Acumulaciones sueltas de fragmentos de rocas y que tienen más de 2 milímetros de tamaño.

<b>Hipoclorador</b>	Instrumento que sirve para la dosificación de pequeñas cantidades de hipoclorito de calcio en la entrada de un tanque de distribución de agua potable.
<b>Pavimento</b>	Estructura que se coloca sobre el suelo de fundición de vía terrestre destinada a soportar cargas de tránsito.
<b>Planimetría</b>	Proyección de terreno sobre un plano horizontal imaginario, que es la superficie media de la tierra y que toma un punto de referencia para su orientación que puede ser el norte magnético o astronómico y partiendo de él, conocer la orientación de los puntos que han de definir el terreno en estudio.
<b>Presión dinámica</b>	Es la altura que alcanzaría en agua un tubo piezométrico a partir del eje central a lo largo de una tubería con agua a presión, también llamada carga dinámica o hidráulica.
<b>Presión estática</b>	Es la distancia vertical que existen entre la superficie libre de la fuente de abastecimiento a la caja rompe presión o al tanque de distribución, también llamada carga estática. Se mide en metros columna de agua.
<b>Rasante</b>	Nivel de superficie de rodadura de una carretera.

- Sub-base** Capa de la estructura del pavimento destinada a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas cíclicas recibidas por el tránsito al suelo subrasante y este a su vez transmitirlas al cuerpo del terraplén.
- Suelo** Material con arreglo variable de partículas que dejan entre ellas una serie de poros conectados unos con otros para formar una compleja red de canales de diferentes magnitudes que se comunican tanto con la superficie del terreno, las fisuras y grietas del mismo.
- Tanque de distribución** Estructura que permite recolectar las aguas de la fuente abastecedora.

## RESUMEN

El presente trabajo de graduación contiene los aspectos más importantes considerados en el desarrollo de dos proyectos de infraestructura durante el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) realizado en la municipalidad de Chiquimula. Uno de estos proyectos es el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea Maraxcó y el otro es el diseño del mejoramiento del tramo carretero que conduce a la aldea Shusho Arriba.

Primeramente, se presenta una monografía del municipio de Chiquimula, destacando los aspectos más relevantes del municipio: su ubicación, su geografía, las vías de acceso, las características socioeconómicas, etc.

Para el proyecto de agua potable, se optó por continuar la segunda fase del proyecto de abastecimiento de agua en la aldea Maraxcó. Dicha fase consiste en el diseño de la red de distribución de agua ya que la población cuenta actualmente con un pozo, el sistema de bombeo y la línea de conducción. El período de diseño de 20 años, constituido por sistema de bombeo, línea de conducción, tanque de almacenamiento de 138 m<sup>3</sup>, 7,889.13 metros de tubería, y 610 conexiones prediales para abastecer una población futura de 4,973 habitantes.

El mejoramiento del tramo carretero que conduce a la aldea Shusho Arriba consiste en el diseño de una carretera de pavimento rígido con una longitud de 4744.14 metros con un período de diseño de 20 años, para beneficiar a una población futura aproximada de 1400 habitantes.



## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

Contribuir con el desarrollo general de las comunidades proporcionando soluciones técnicas para los problemas de servicios básicos e infraestructura por medio de un sistema de abastecimiento de agua potable y un tramo carretero.

### **ESPECÍFICOS**

1. Recabar información de campo de la aldea Maraxcó para evaluar las condiciones del servicio de agua potable existente, detectando las fallas para implementar un sistema de distribución eficiente.
2. Mejorar las condiciones de vida de la población, mediante la implementación de un sistema de agua potable que abastezca el total de predios, los establecimientos educativos, de salud y centros religiosos de la aldea Maraxcó.
3. Realizar los cálculos hidráulicos necesarios para el diseño de un sistema de agua potable eficiente que cumpla con las necesidades de los habitantes de la aldea Maraxcó.

4. Desarrollar la planificación del proyecto de agua potable para la aldea Maraxcó, elaborando los planos, especificaciones técnicas, el presupuesto con costos directos y el cronograma de ejecución.
5. Mejorar la infraestructura de la aldea Shusho Arriba brindando un mejor acceso vehicular a la comunidad.
6. Realizar pruebas de límites de Atterberg, granulometría, Proctor Modificado y CBR de una muestra de suelo extraída de la carretera hacia Shusho Arriba, para determinar las características del suelo y diseñar la base adecuada para la carretera.
7. Diseñar el tramo carretero que cumpla con especificaciones técnicas, elaborando planos, presupuesto con costos directos y el cronograma de ejecución.
8. Elaborar un análisis de impacto ambiental inicial para determinar cómo afectará la ejecución y operación de ambos proyectos



## INTRODUCCIÓN

El presente proyecto tiene como finalidad la planificación del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), que según el resultado del diagnóstico efectuado en distintas aldeas, así como dentro de la ciudad, se tomó como prioridad en proyectos de infraestructura y servicios básicos: el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable en la aldea Maraxcó y el mejoramiento del tramo carretero que conduce a la aldea Shusho Arriba, municipio y departamento de Chiquimula.

Se determinó la necesidad de hacer la planificación y el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable en la aldea Maraxcó, ya que el servicio de agua es irregular, y en toda la aldea, los accesos a agua potable sólo se obtienen de llena cántaros o por camiones cisterna. A pesar de la existencia de fuentes de agua, no hay medios para almacenarla y distribuirla en toda la aldea.

Actualmente, la población cuenta con un pozo, estación de bombeo y línea de conducción, pero carecen de la red de distribución. Las obras anteriormente mencionadas se construyeron en la primera fase del proyecto de abastecimiento de agua. La segunda fase del proyecto contempla la construcción de un tanque de almacenamiento, la red de distribución de agua potable y las conexiones domiciliarias.

Otra prioridad que se determinó fue el mejoramiento de la carretera a la aldea Shusho Arriba, ya que a pesar de poseer un camino, los accesos son

limitados para cierto tipo de vehículos en la estación de lluvia, lo cual dificulta la comercialización de sus productos y limita el desarrollo de la aldea.

El mejoramiento de la carretera consiste en la ampliación y pavimentación del tramo carretero por medio de pavimento rígido a base de concreto hidráulico y la construcción de las obras de arte necesarias para garantizar el funcionamiento adecuado del proyecto durante su período de diseño.

# 1 ASPECTOS MONOGRÁFICOS DEL MUNICIPIO DE CHIQUIMULA

## 1.1 Antecedentes históricos

El municipio de Chiquimula remonta su historia al período de la conquista de Guatemala y Centro América. A Chiquimula se le mencionó como un corregimiento, que era una forma de clasificar los pueblos según su importancia en esa época.

Se cree que el nombre de Chiquimula proviene de vocablos ancestrales que significa jilgueros; otros le llaman Tierra de Pájaros derivado del nahuatl *chiqin* que significa pájaro y de *molín* que significa lugar de.

La primera ciudad de Chiquimula fue erigida al oriente de la ciudad actual, en las cercanías del río San José, pero los terremotos llamados de la Santísima Trinidad la destruyeron en 1765. Aún quedan ruinas y vestigios presentados por la Iglesia Antigua cuya estructura es considerada como monumento y patrimonio cultural nacional y de la humanidad.

Por resolución de la corte de España, el 28 de junio de 1821, fue elevada a la categoría de ciudad confirmándosele el título de *Muy Noble*. Anterior al año 1871, Chiquimula ocupaba una extensión mayor que la actual, pero a partir del 10 de noviembre de dicho año se dividió en dos: Chiquimula y Zacapa.

El Padre Domingo Juarros señala los límites siguientes: “Al oeste, la Verapaz; al este, Comayagua; al sur, Escuintla, Sacatepéquez y Sonsonate; y el mar del norte por el rumbo norte”. Según estos lugares limítrofes dadas por el sacerdote, la provincia comprendía la zona de oriente, extendiéndose hacia el norte y el este en dirección al mar y hacia las montañas de Honduras, a lo largo del Motagua y de las faldas occidentales, la cordillera de Copán.

Según las anotaciones de Juarros, la provincia estaba formada por 30 pueblos, como algunos valles, muchas haciendas y trapiches repartidos en curatos, contaba con 52,423 habitantes de todos los costos y se dividía en dos partidos que eran dos Corregimientos; uno, Zacapa y Acasaguastlán y otro Chiquimula.

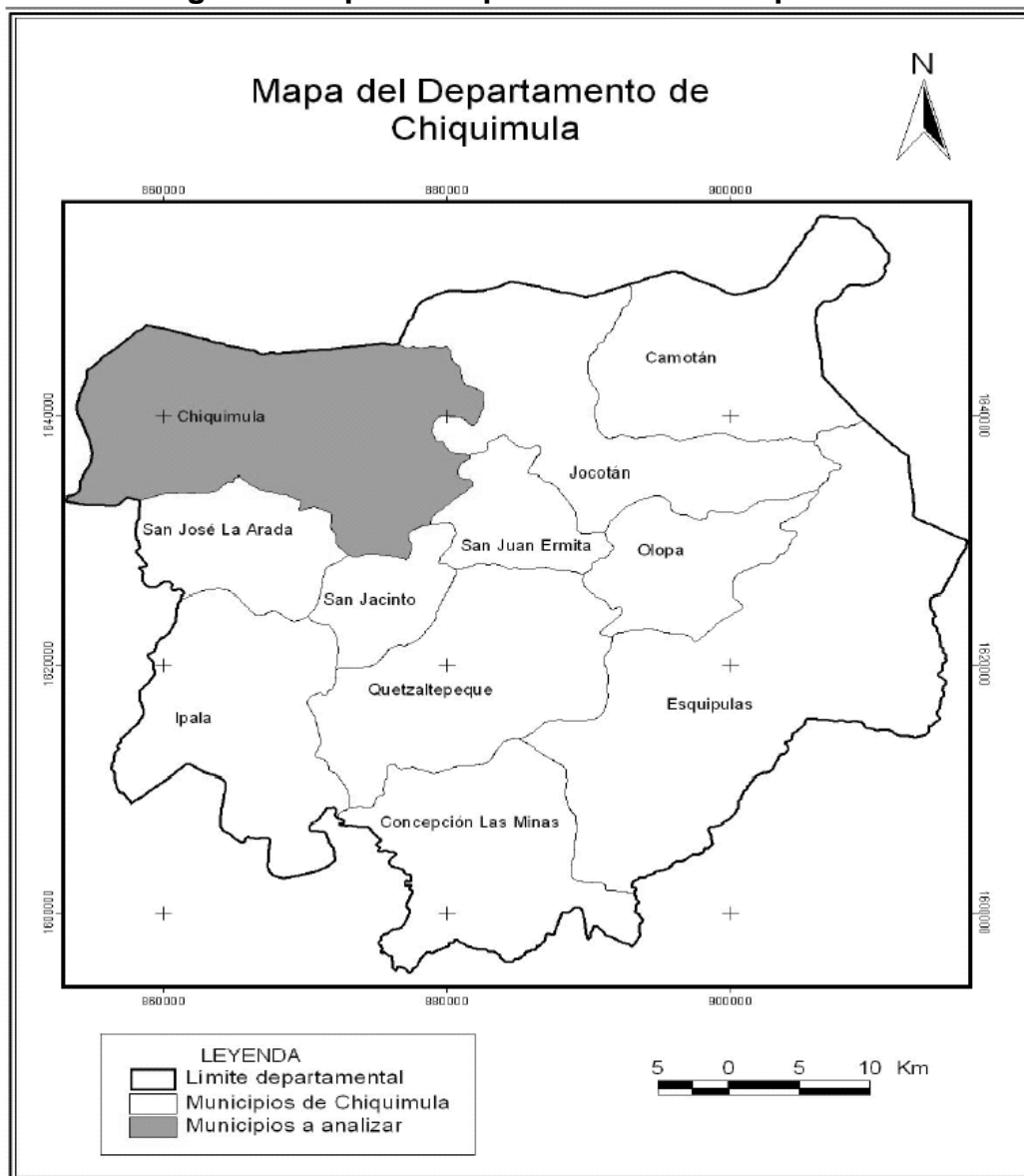
El Corregimiento de Chiquimula tenía como pueblo principal a Chiquimula de la Sierra, que era capital de la provincia y la sede de su corregidor; con 2000 habitantes indígenas, 295 españoles y 589 mulatos. Allá por el año 1760 los dos Corregimientos se unieron en uno que se llamó Chiquimula y Zacapa.

Dentro de los sólidos argumentos para la fundación de Chiquimula, se encuentra el hecho de haber sido tomada como centro de pernoctación por don Pedro y Jorge de Alvarado, para restablecerse y continuar la lucha contra las etnias existentes en ese tiempo.

El clima en esa época era mucho más templado que el actual, pues no existía mucha población, además no había mucha deforestación y un 50% de sus calles eran empedradas. Sus bosques eran densos, pues existía mucha vegetación, conociendo especies arbóreas, como: ceiba, matilísquate, roble, morro, quebracho, madre cacao, upay, etc.

El recurso hídrico era abundante, ejemplo de ello es que en el período invernal se contaba con la quebrada del Tacó, y en forma similar con los ríos San José y Shusho. En ese período se identifican las especies animales siguientes: mapache, reptiles, tepezcuintle, guacamayas, armado, pavo real, loro, clarinero, etc.

**Figura 1. Mapa del departamento de Chiquimula**



Fuente: Oficina Municipal de Planificación, Municipalidad de Chiquimula.

## **1.2 Características geográficas**

### **1.2.1 Localización**

El municipio de Chiquimula se encuentra ubicado al nororiente de la república de Guatemala, es la cabecera del departamento que lleva el mismo nombre; a una distancia de 168 kilómetros de la ciudad de Guatemala y cuenta con una extensión territorial de 372 kilómetros cuadrados. Las coordenadas geográficas lo sitúan en una latitud de 14 grados, 47 minutos y 58 segundos norte y una longitud de 89 grados, 32 minutos y 37 segundos oeste. La cabecera municipal se encuentra ubicada a una altura de 423 msnm.

### **1.2.2 Colindancias**

El municipio de Chiquimula colinda al norte con Zacapa, Huité y Cabañas (Zacapa); al este con Jocotán, San Juan Ermita y San Jacinto (Chiquimula); al sur con San José La Arada, San Jacinto (Chiquimula) y San Luis Jilotepeque (Jalapa); y al oeste con San Diego y Cabañas (Zacapa).

### **1.2.3 Vías de acceso**

El acceso a la ciudad y municipio de Chiquimula puede hacerse procedente de la ciudad capital, por medio de la CA-9-N, para luego tomar la CA-10 en el cruce ubicado en el municipio de Río Hondo, Zacapa. También proveniente de la RD JUT-04 por el municipio de Agua Blanca, Jutiapa, para luego tomar la RD CHI-01, que atraviesa el municipio de Ipala y San José La

Arada, llegando por la RD CHI-06 a la Aldea San Esteban y luego cruzando en la CA-10 hacia esta ciudad.

Procedente de Honduras ingresando por la frontera El Florido, tomando la CA-11, que atraviesa los municipios de Camotán, Jocotán y San Juan Ermita, hasta el cruce de la aldea Vado Hondo y luego tomando la CA-10 al norte hasta la ciudad; también procedente de Honduras se puede llegar por la misma CA-10, ingresando por la frontera de Agua Caliente en el municipio de Esquipulas y después por los municipios de Quezaltepeque, San Jacinto y finalmente Chiquimula.

Procedente de El Salvador, se puede ingresar de la frontera de Nueva Anguiatú por medio de la CA-12 en el municipio de Concepción Las Minas, para entroncar con la CA-10, atravesando luego los municipios de Quezaltepeque, San Jacinto y llegando así a Chiquimula.

También puede accederse por el tramo pavimentado de la RD CHI-01 que parte del municipio de San José La Arada, atraviesa el río San José, pasa por la aldea Vega Arriba y llega a la cabecera municipal.

#### **1.2.4 Clima e hidrografía**

La cabecera municipal de Chiquimula se encuentra a 423 metros sobre el nivel del mar, y según información obtenida de la estación hidrométrica de Camotán del INSIVUMEH, Chiquimula cuenta con una temperatura media anual de 25.3 °C y una temperatura mínima de 20.6 °C, para los últimos diez años. Su humedad media anual es de 69%, considerados en aproximadamente 120 días de precipitación promedio anual.

Referente a la hidrografía, son dos las principales cuencas hidrográficas cuyas corrientes, a su vez, tributan a las que hacia el norte descargan sus aguas en el mar Caribe, y hacia el sur, después de atravesar la república de El Salvador, desembocan en el océano Pacífico.

### **1.2.5 Fisiología y orografía**

Orográficamente, la cordillera central proveniente de Jalapa penetra por la parte sur del departamento de Chiquimula, formando estribaciones de la sierra del Merendón en el confín de las repúblicas de Honduras y El Salvador. El sistema montañoso que penetra el departamento de Zacapa desciende a los municipios de Jocotán, Camotán y Chiquimula formando un valle por donde corre el río Jocotán procedente de Honduras, el cual a su vez, desemboca en el río San José, conocido más adelante como río Grande de Zacapa hasta su desembocadura en el río Motagua.

El macizo montañoso es irregular, por lo que sus alturas varían entre los 1350 msnm en Olopa y los 400 en Chiquimula; su clima tiene algunas variantes. En Esquipulas se encuentra el cerro de Montecristo, denominado Biosfera de la Amistad, que en 1987 fue declarado como Área Protegida del Trifinio.

### **1.3 Características económicas**

La economía del municipio, en mayor proporción, se fundamenta en su producción agrícola, ganadera, artesanal, así como en su pujante movimiento comercial a nivel regional. También existe un considerado movimiento en lo que respecta a construcción, sobretodo del mes de octubre a diciembre, pues la mayoría de personas deciden empezar construcciones en la época seca.



El ingreso promedio de las familias en el área rural es de Q 52.50 diarios lo que equivale a Q 1,575.00 mensuales. En lo que respecta a los albañiles, sus ingresos ascienden a Q 1,750.00 mensuales con la única desventaja que éste se da por temporadas.

En el área urbana, los ingresos por familia dependen de la institución donde se trabaje, por ejemplo, los albañiles ganan un promedio de Q 1,750.00 mensuales, una trabajadora de oficios domésticos Q 1,000.00 mensuales. Con respecto a los trabajadores del estado o iniciativa privada, éstos ganan dependiendo el tiempo que tengan de trabajar, por lo cual su salario oscila entre: Q 1,500.00 hasta Q 5,000.00 mensuales.

### **1.3.1 Producción agropecuaria**

En Chiquimula, especialmente en el área rural, la actividad agrícola es la fuerza de trabajo, y en la cual las familias encuentran un gran alivio económico, pues además de cosechar para sostenerse, muchas veces es posible contar con algo para la venta y de esa forma pueden satisfacer sus necesidades económicas. Esta labor generalmente está compuesta por todos los miembros de la familia. Los productos agrícolas más importantes son el maíz, frijol, tomate, maicillo, maní, etc. En las partes altas se cosecha pepino, zanahoria, güisquil, rábano, etc.

Referente a la actividad pecuaria, el subsector ganadería tiene una participación bastante importante en la economía del municipio, predominando la crianza de ganado vacuno y bovino en fincas y haciendas, además, se da el engorde de ganado porcino y la cría de aves de corral para consumo doméstico.

### **1.3.2 Actividad comercial**

Una de las ventajas comparativas del municipio de Chiquimula es la actividad comercial que se desarrolla, debido a que es considerado un mercado regional, pues sus consumidores provienen de los departamentos y municipios vecinos y también de los departamentos fronterizos de Honduras y El Salvador.

La mayor actividad se da los días jueves y domingos, que se caracterizan por ser días de mercado, y en los cuales viajan personas de toda la región a hacer sus transacciones comerciales.

Chiquimula cuenta con una gama de servicios comerciales, entre los que pueden mencionarse: tiendas, supermercados, almacenes, farmacias, carnicerías, librerías, bloqueras, ferreterías, agroservicios, venta de vehículos, inmuebles y electro domésticos, zapaterías, hoteles, restaurantes y comedores, constructoras, talleres, etc.

## **1.4 Características socioculturales**

### **1.4.1 Población**

La población en su mayoría está constituida por raza mestiza o ladina, y según datos obtenidos por el XI censo poblacional y VI censo habitacional, efectuado en el año 2002 por el Instituto Nacional de Estadística (INE), alcanzaba un total de 90,838 habitantes, de los cuales 46,327 son mujeres y 44,511 son hombres.

**Tabla I. Población de Chiquimula por sexo. Censo 2002**

<b>Sexo</b>	<b>Población</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Femenino	46,327	51.00
Masculino	44,511	49.00
<b>Total:</b>	<b>90,838</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Instituto Nacional de Estadística.

**Tabla II. Población de Chiquimula por grupos de edad. Censo 2002**

<b>Grupo de edad</b>	<b>Población</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
0 – 1 años	2,924	3.22
2 – 5 años	11,168	12.29
6 – 14 años	21,905	24.11
15 – 24 años	18,467	20.33
25 años y más	36,374	40.05
<b>Total:</b>	<b>90,838</b>	<b>100.00</b>

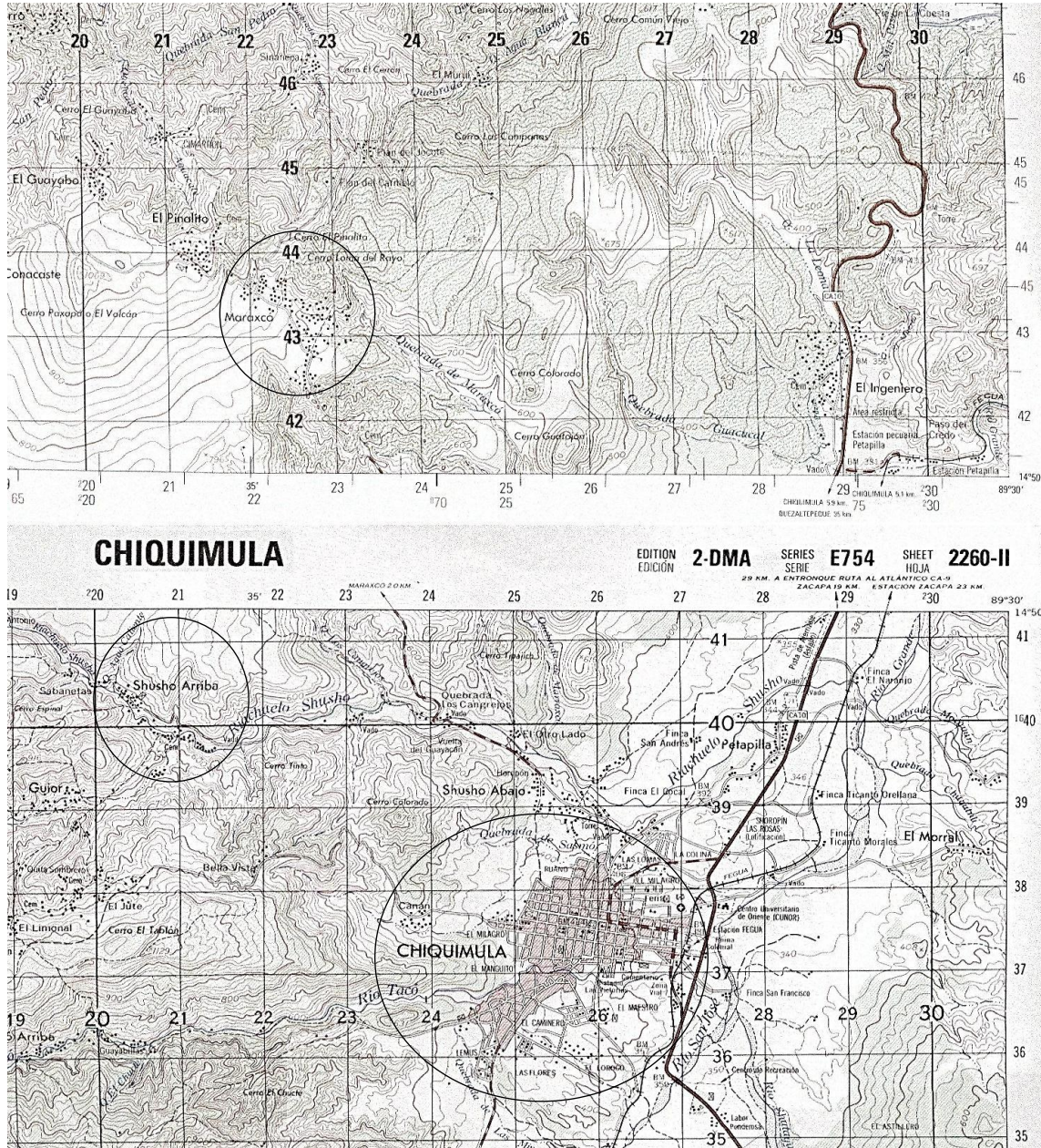
Fuente: Instituto Nacional de Estadística.

#### **1.4.2 División político – administrativa**

El municipio de Chiquimula está constituido por la cabecera municipal, la cual por ser cabecera departamental, ostenta el título de ciudad, 37 aldeas y 50 caseríos.

**Aldeas:** El Barrial, El Carrizal, Conacaste, Durazno, El Guayabo, El Ingeniero, El Matasano, El Morral, El Obraje, El Palmar, El Pinalito, El Santo, El Sauce, El Sillón, El Jute, Guior, La Catocha, La Laguna, La Puente, La Puerta, Las Tablas, Maraxcó, Petapilla, Plan del Guineo, Rincón de Santa Bárbara, Sabana Grande, San Antonio, San Esteban, San Miguel, Santa Bárbara, Santa Elena, Shusho Arriba, Tacó Arriba, Tablón del Ocotol, Tierra Blanca, Vado Hondo, Vega Arriba y Shororaguá.

**Figura 2. Localización de las aldeas Maraxc6 y Shusho Arriba**



Fuente: Instituto Geogr6fico Nacional.

**Caser6os:** Aguacate, El Colocho, Limar, Lim6n, Pinal6n, Quebrada Arriba, Morral, Nanzal, Plan del Jocote, Los Vidal, El Varal, Loma Larga, Sill6n Abajo, Las Mesas, El Pato, El Poshte, Bella Vista, Cana6n, Limonal, Cimarr6n, Plan

del Carmelo, Plan del Jocote, Paso del Credo, Paijá, Laguneta, Tapazán, El Chilar, El Llano, El Otro Lado, Herepán, Cuesta de San Antonio, Quebrada Los Cangrejos, Sabanetas, Vuelta del Guayacán, Shusho En Medio, Ticanlú, Guayabillas, Los Ramos, Tamiz, Terreno Barroso, Las Cruces, Yerbabuena, Zarzal, Clarinero, Jicaral, La Falda, El Pinal, La Angostura, San Jorge y Magueyal.

### 1.4.3 Educación

Con respecto al analfabetismo en el municipio de Chiquimula, según datos del Instituto Nacional de Estadística -INE- el porcentaje de personas que no saben leer ni escribir asciende al 21% de la población y según fuentes estadísticas de CONALFA, se considera que campañas de alfabetización han tenido una efectividad de un 55%.

Chiquimula cuenta con cobertura en todos los niveles de educación: preprimaria, primaria, básicos, diversificado y superior; y según la caracterización social del municipio de Chiquimula del año 2002, el municipio cuenta con la siguiente infraestructura escolar:

**Tabla III. Infraestructura escolar en Chiquimula**

<b>Nivel</b>	<b>Cantidad</b>
Preprimaria	58
Primaria	97
Básicos	20
Diversificado	11
Universitario	4
<b>Total:</b>	<b>190</b>

Fuente: Caracterización social del municipio de Chiquimula, 2002.

La educación superior es ofrecida a la población chiquimulteca, a través de la representación de 4 universidades que funcionan en Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), a través del Centro Universitario de Oriente (CUNORI), la Universidad Mariano Gálvez (UMG), la Universidad Francisco Marroquín (UFM) y la Universidad Rural (UR).

#### **1.4.4 Servicios básicos existentes**

Según la Jefatura del Área de Salud, el municipio de Chiquimula cuenta con 32,746 viviendas que poseen el servicio de agua potable, equivalente al 73% de la población. La municipalidad proporciona el vital servicio a la mayoría de los hogares del casco urbano, abasteciéndose principalmente de las captaciones ubicadas en la quebrada El Abundante y el río Tacó, afluente que resulta insuficiente para satisfacer la demanda, por lo cual se han perforado pozos mecánicos, medida que ha paliado parte del abastecimiento del agua en la ciudad. En lo que respecta a las aldeas y caseríos, la mayoría cuentan con agua potable, algunas comunidades cuentan con agua en sus hogares o en su defecto se abastecen en los denominados llena cántaros, proviniendo de fuentes existentes en cerros cercanos.

De acuerdo con registros de la Jefatura del Área de Salud, el municipio cuenta con 11,960 viviendas que poseen el servicio de drenaje sanitario, equivalente al 26%, la mayoría de éstas ubicadas en el área urbana. El servicio de drenajes es proporcionado por la municipalidad en un 50% y el otro 50% es recuperado por los vecinos, el que cancelan según contrato establecido en cuotas mensuales. En cuanto al área rural, en la mayoría de casos, el tratamiento de las aguas negras se circunscribe a la construcción de fosas sépticas, letrinas o bien sus necesidades fisiológicas las realizan en la patio de las viviendas, o bien, las aguas de desecho son trasladadas a *flor de tierra*.

Se dispone del servicio de energía eléctrica, tanto domiciliar, industrial y público, el cual es proporcionado en su totalidad por DEORSA, y según cifras de esta empresa, en el municipio existen 13,637 hogares conectados a la red de distribución de energía eléctrica, urbana y rural.

Referente a servicios médicos, puede decirse que todavía existen problemas, especialmente con las personas que habitan en el área rural, pues no todas las aldeas cuentan con centros comunitarios o puestos de salud, y muchas veces tienen que caminar varios kilómetros para llevar a sus enfermos a donde sean tratados de cualquier afección. Debido a lo anterior, en el área rural todavía existen prácticas tradicionales, por ejemplo, cuando una mujer va dar a luz, la comadrona se encarga de asistirle, también existen en mínima escala algunos curanderos, práctica que paulatinamente se ha ido perdiendo, ya las personas han ido perdiendo la creencia en éstos.

#### **1.4.5 Descripción de la necesidad y priorización del problema**

##### **1.4.5.1 Aldea Maraxcó**

La aldea Maraxcó ubicada a 7 kilómetros de la cabecera departamental. Posee una extensión de 18 kilómetros cuadrados con una altitud sobre el nivel del mar de 490 metros. Colinda al norte con el caserío Plan de Jocote, al sur con el caserío El Pinalito, al este con la aldea El Conacaste y al oeste con Chiquimula.

Existen dos vías de acceso terrestres para llegar a la aldea, una asfaltada y otra de terracería. Dichas vías tienen transporte público todo el año

por medio de buses y pick-ups, con una tarifa de Q3.00. También se cuenta con burros y caballos de carga para transportar leña o granos básicos de cosecha.

La aldea presenta una topografía accidentada y altamente erosionada, consecuencia de la tala inmoderada y mal manejo. El relieve es fuertemente ondulado, quebrado y escarpado. Existe mucha pedregosidad en la superficie.

En la aldea hay alrededor de 807 viviendas con un aproximado de 970 familias, según el último censo comunitario realizado, más del 90% de las viviendas cuentan con piso de tierra, así como paredes de bajareque y techo de lámina o paja; la minoría restante cuenta con piso y paredes de block o ladrillo.

En cuanto a servicios básicos, se estima que sólo un 10% de la población cuenta con acceso a agua potable por medio de chorros comunitarios. El uso de letrinas ocupa un 15% de la población y el total de la población carece de servicio de alcantarillado. Casi el 100% cuenta con servicio de energía eléctrica. No hay empresas que se encarguen del manejo de la basura. La cobertura de las telecomunicaciones es brindada por las empresas Tigo y Claro. También se cuenta con señal de radio y televisión. La aldea dispone de un puesto de salud, el cual recibe la visita diaria de un médico practicante de EPSR por parte de la Universidad de San Carlos y una enfermera. La aldea posee varias escuelas que cubren la educación preprimaria hasta la educación a nivel básico.

Con base en el acceso a los servicios básicos de infraestructura, la aldea Maraxcó carece de servicios de agua prediales y servicios de alcantarillado. En función de que una red de alcantarillado no funciona sin que previamente exista una distribución de agua potable, se determinó que la necesidad principal dentro de la aldea es el servicio de agua.



#### **1.4.5.2 Aldea Shusho Arriba**

La aldea Shusho Arriba se encuentra ubicada a 9 kilómetros de la cabecera departamental. Posee una extensión territorial aproximada de 12 caballerías, la cual incluye las zonas en donde se encuentran las viviendas y zonas de cultivos. Colinda al norte con las aldeas Carrizal y El Palmar, al sur con el caserío Shusho En Medio, al oeste con los caseríos Guíor y Cerrón Mesas y al oeste con el río Shusho.

El área ocupada por la comunidad, se caracteriza por algunas viviendas que se encuentran a la orilla del río, y el terreno es quebrado. Se encuentra a una altura de 590 metros sobre el nivel del mar. El tipo de suelo es rocoso. La población aproximada es de 925 habitantes.

Para llegar a la comunidad, partiendo de la cabecera departamental de Chiquimula, existen 4 kilómetros asfaltados, luego se desvía a un camino de terracería con una longitud aproximada de 5 kilómetros. Es transitado por medio de buses y pick-ups de doble tracción, con una tarifa de Q3.50. Dicho camino tiende a ser inaccesible a la mayoría de personas en el período de lluvia, ya que las crecidas en algunas quebradas vuelven intransitable el camino y en algunos tramos el suelo pierde su cohesión lo cual provoca derrumbes.

Los habitantes de la aldea cuentan con agua entubada, la cual obtienen de un nacimiento del cerro Agua Caliente. El 100% de los hogares cuenta con servicio de energía eléctrica; además el 70% hace uso de la leña para cocinar sus alimentos y 30% usa gas propano. Así mismo se cuenta con burros y caballos de carga para trasportar leña o granos básicos de cosecha. La aldea

posee una escuela que cubre la educación preprimaria y primaria. También cuenta con un puesto de salud, pero únicamente es visitado una vez por semana por enfermeros chiquimultecos.

Las principales fuentes de ingreso de la aldea y de los caseríos cercanos vienen de la comercialización de productos cosechados, arena extraída del río Shusho usada en construcción y algunos balnearios de aguas termales visitados por turistas.

Con base en lo anterior, se reconoce que la aldea Shusho Arriba cuenta con la mayoría de servicios básicos, pero la falta de un camino transitable por vehículos de todo tipo impide su crecimiento económico. También carecen de un servicio de salud eficiente, ya que no es atendida la aldea como es debido, obligando a los pobladores a viajar a la cabecera municipal. En vista de lo anterior, se determinó que la necesidad principal dentro de la aldea es un mejoramiento del tramo carretero que incluya la pavimentación del mismo.

## **2 DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA MARAXCÓ**

### **2.1 Descripción del proyecto**

El proyecto consiste en el diseño de un sistema de distribución de agua, que responda a las necesidades de la población de la aldea Maraxcó, el cual será abastecido por agua bombeada hasta un tanque de almacenamiento de 138 metros cúbicos (138 m<sup>3</sup>), para luego conducirla por gravedad hacia todos los predios.

La línea de distribución estará compuesta por una serie de tuberías de cloruro de polivinilo (PVC) de diferentes diámetros. Dicha red de distribución es del tipo mixta, constituida por circuitos abiertos y cerrados, debido a la dispersión de las viviendas, y la topografía del lugar. Además, se instalará una serie de accesorios y válvulas según sean necesarios; y el tipo de servicio que se implementará será por conexiones prediales.

### **2.2 Levantamiento topográfico**

Según Monroy Hernández (2008), la topografía tiene como objetivo el medir extensiones de tierra, tomando datos recolectados en el campo para luego poder representarlos sobre un plano, y definir su escala, su forma y accidentes del terreno.

La topografía se divide en dos ramas:

1. Planimetría: es la parte de la topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos que tienden a conseguir la representación a escala de todos los detalles interesantes del terreno sobre una superficie plana, prescindiendo de su relieve.
  
2. La altimetría: también llamada hipsometría, es la parte de la topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos para determinar y representar la altura, también llamada "cota", de cada uno de los puntos, respecto de un plano de referencia. Con ésta se consigue representar el relieve del terreno.

Un levantamiento topográfico permite trazar mapas o planos de un área, en los cuales aparecen las principales características físicas del terreno, dependiendo de los instrumentos utilizados y su precisión, existen tres tipos de levantamientos:

**Tabla IV. Levantamientos topográficos según instrumentos de medición**

No. ORDEN	PLANIMETRÍA	ALTIMETRÍA
1er Orden	Estación total	Nivel de precisión
2do Orden	Teodolito	Nivel de precisión
3er Orden	Teodolito	Taquimetría
4to Orden	Cinta y brújula	Nivel de mano

La Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales (UNEPAR) recomienda realizar un levantamiento de segundo orden cuando: la distancia de la fuente a la comunidad sea mayor de seis kilómetros, la diferencia de altura fuente-comunidad sea mayor de 10 metros por kilómetro, o bien, las viviendas a abastecer sean más de 100 al momento de hacer el levantamiento.

Basado en lo anterior, el levantamiento planimétrico de la red de distribución se realizó mediante el trazo de poligonales cerradas y poligonales abiertas, utilizando el método de conservación de azimut y se radiaron las viviendas para conocer su ubicación. La altimetría se realizó por medio de nivelación taquimétrica, obteniendo los datos para calcular las distancias y las cotas del terreno.

### **2.3 Fuentes de agua**

Para este proyecto se empleará un sistema por bombeo, ya que el equipo y la línea de conducción ya se encuentran instalados en la aldea. El equipo de bombeo estará diseñado para trabajar doce horas por día.

### **2.4 Aforos**

Se conoce como aforo a la determinación del caudal de una fuente. Por economía y facilidad se utilizó el método volumétrico para realizar el aforo del pozo perforado en la aldea, siguiendo el siguiente procedimiento:

- a) Recibir el agua en un recipiente de volumen conocido, en este caso, una cubeta de cinco galones (18.9 litros).
- b) Tomar el tiempo de llenado en cinco ocasiones para determinar un tiempo promedio, en este caso fue de 4.42 segundos.
- c) Calcular:

$$Q = \frac{V}{t}$$

donde:

- Q : caudal de la fuente o pozo, en litros por segundo;  
V : volumen conocido del recipiente que se utiliza para el aforo, en litros;  
t : tiempo promedio de llenado, en segundos.

Sustituyendo valores se tiene:

$$Q = \frac{18.9 L}{4.42 s}$$

$$Q = 4.28 \frac{L}{s}$$

El aforo se realizó el 21 de febrero de 2007, con una prueba escalonada que duró 24 horas.

## **2.5 Análisis de la calidad del agua**

El estudio de la calidad del agua, se hace con la finalidad de determinar la potabilidad y el grado de pureza que ésta posee, para establecer el tratamiento que se debe seguir. Para definir la calidad del agua, se realizaron el análisis físico-químico sanitario y un examen bacteriológico; para ambos exámenes se tomaron muestras de la fuente, obteniendo las siguientes observaciones:

### **2.5.1 Examen bacteriológico**

Según el examen bacteriológico realizado, la muestra pertenece a la clasificación II. Calidad bacteriológica que precisa la aplicación de los métodos

habituales de tratamiento; por lo que el agua administrada no será apta para el consumo humano, sin antes proceder a un tratamiento de desinfección.

### **2.5.2 Análisis físico químico sanitario**

Según el análisis físico-químico realizado, la muestra tomada no cumple con la norma COGUANOR NGO 29,001:99. Desde el punto de vista de la calidad física, se rechaza por turbiedad ligera. Desde el punto de vista de la calidad química, se rechaza por compuestos peligrosos para la salud sobrepasando la concentración máxima aceptable de nitratos. Para evitar la contaminación total del pozo se deberá prestar cuidado en la disposición de las excretas, tanto de las personas como de los animales, en las inmediaciones del pozo. Sobre todo, se recomienda a los pobladores exigir la construcción de un sistema de alcantarillado en la aldea.

## **2.6 Criterios de diseño**

La implementación de sistemas de agua potable en el área rural involucra la funcionalidad en el diseño hidráulico de cada uno de sus componentes y el diseño estructural de aquellos elementos que así lo requieran. Para lograr lo anterior, se hace necesario apoyarse en códigos, normas y guías para el diseño.

En el caso del cálculo hidráulico de este sistema, se consultó la “Guía para el diseño de abastecimientos de agua potable a zonas rurales” de la Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales (UNEPAR) y el Instituto de Fomento Municipal (INFOM), y para el diseño estructural de elementos de concreto armado se tomó como base el código ACI 318-05; además se empleó el uso de software EPANET para el diseño del sistema de agua potable.

### 2.6.1 Período de diseño

López Cualla (2000) define como período de diseño al número de años durante los cuales una obra determinada ha de prestar con eficiencia el servicio para el cual fue diseñada. Entre los factores que influyen en la elección del período de diseño se encuentran: la vida útil de las estructuras, equipo y materiales, el desarrollo social y económico de la comunidad y posibles ampliaciones futuras. A continuación, se presentan los períodos de diseño utilizados en algunos componentes de un sistema de abastecimiento de agua.

**Tabla V. Períodos de diseño para componentes de un sistema de agua**

<b>ELEMENTO</b>	<b>AÑOS</b>
Fuentes de Abastecimiento	20
Líneas de conducción	20
Tanque de almacenamiento	20 mínimo
Líneas y redes de distribución	20 mínimo
Estaciones de bombeo	5
Plantas purificadoras	20 mínimo

Fuente: López Cualla. Diseño de acueductos y alcantarillados. 2ª edición.

Para el diseño de este proyecto se considerará un período de 20 años.

### 2.6.2 Tasa de crecimiento poblacional

La determinación del número de habitantes para los cuales ha de diseñarse el sistema de agua potable es un parámetro básico. La base de



cualquier proyección de población son los censos, registros municipales, censos escolares, levantamientos locales de densidad habitacional.

Según datos del Instituto Nacional de Estadística INE, el área urbana del municipio de Chiquimula cuenta con un estimado de crecimiento poblacional del 2.5% de habitantes por año y el área rural con un 2.1%; y según datos del Sistema Integral de Atención en Salud (SIAS) la población actual de la aldea Maraxcó es de 3,275 habitantes.

Existen diversos métodos para realizar la estimación de poblaciones futuras, entre los que destaca el método utilizado en este proyecto, conocido como método geométrico, el cual se considera como el más aproximado para estimar el crecimiento de poblaciones en el área rural, y cuya fórmula es:

$$Pf = Po \times \left(1 + \frac{r}{100}\right)^n$$

donde:

- Pf : población futura;
- Po : población actual de habitantes, 3275 habitantes;
- r : tasa de crecimiento poblacional en porcentaje, 2.1%;
- n : período de diseño, 20 años.

entonces:

$$Pf = 3275 \left(1 + \frac{2.1}{100}\right)^{20}$$

$$Pf = 4973hab$$

La población de diseño para este proyecto será de 4,973 habitantes; pero debido a la topografía de la aldea, sólo el 65% de la población puede ser atendida por la red de distribución.

### 2.6.3 Dotación

López Cualla (2000) define dotación como el volumen de agua asignada a un usuario en un día y se expresa por lo general en litros por habitante y por día (L/hab/día). Los factores que deben tomarse en cuenta para fijar la dotación en un proyecto de agua potable son: el clima, nivel de vida, calidad y cantidad de agua disponible.

Para fijar la dotación deben tomarse en cuenta estudios de demanda para la población o de poblaciones similares, si los hubiere, de lo contrario, la Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales (UNEPAR) recomienda los siguientes valores para definir la dotación a usar en un sistema de agua potable en el área rural:

**Tabla VI. Dotaciones según sistemas de abastecimiento para el área rural**

<b>SISTEMA DE ABASTECIMIENTO</b>	<b>DOTACIÓN (L/hab/día)</b>
Llena cántaros	30 - 60
Llena cántaros y conexiones prediales	60 - 90
Conexiones prediales	60 - 120
Conexión intradomociliar	90 - 170
Pozo excavado	15 mínimo

Fuente: Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales (UNEPAR).

Para el diseño del sistema de abastecimiento de agua de la aldea Maraxcó se ha fijado una dotación de 70 L/hab/día, debido a que este proyecto se localiza en el área rural del municipio de Chiquimula y prestará un servicio con conexiones prediales. También se considera una dotación de 35 L/hab/día para satisfacer la demanda del 35% de la población que no se incluirá en la red.

#### 2.6.4 Caudales

Según López Cualla (2000), se conoce como consumo medio al caudal promedio consumido en un día, obtenido en un período de un año. De acuerdo con la guía de diseño de INFOM – UNEPAR, el caudal medio diario es el producto de la dotación adoptada, por el número de habitantes que se estiman al final del período de diseño consumido en un día. Esta definición solo considera un uso doméstico del agua potable, excluyendo otros usos del agua; por esto, en el presente trabajo este caudal será llamado caudal doméstico.

En función de la norma anterior, y dado que no es posible atender las necesidades de toda la aldea, se decide dar un porcentaje de agua para que la población no servida pueda tener acceso a ella.

$$Q_d = \frac{P_f * \text{Dotación}}{86400} (\% \text{Población servida}) + \frac{P_f * \text{Dotación no servida}}{86400} (\% \text{Población no servida})$$

donde:

- $Q_d$  : caudal doméstico;
- $P_f$  : población futura;
- $\% \text{Población servida}$  : población servida directamente;
- $\% \text{Población no servida}$  : población no servida directamente;
- 86400 : cantidad de segundos en un día.

Para obtener el caudal medio diario, se usará el caudal doméstico y se agregarán algunos factores con relación al uso que se le dará al agua dentro de la aldea.

$$Q_m = Q_d(1 + \% \text{Consumo Comercial} + \% \text{Consumo Industrial} + \% \text{Consumo Oficial} + \% \text{Pérdidas y fugas})$$

donde:

- Qm : caudal medio diario;
- %Consumo comercial : porcentaje de uso comercial en relación al uso doméstico;
- %Consumo industrial : porcentaje de uso industrial en relación al uso doméstico;
- %Consumo oficial : porcentaje empleado por entidades estatales como escuelas, alcaldías, etc. en relación al uso doméstico;
- %Pérdidas y fugas : estimado de pérdidas asignados por el diseñador.

Para este proyecto se tiene:

$$Q_d = 65\% \left[ \frac{4963 \text{ hab} \left( 70 \frac{L}{\text{hab} \times \text{dia}} \right)}{86400 \text{ s/dia}} \right] + 35\% \left[ \frac{4963 \text{ hab} \left( 35 \frac{L}{\text{hab} \times \text{dia}} \right)}{86400 \text{ s/dia}} \right]$$

$$Q_d = 3.32 \text{ L/s}$$

$$Q_m = 3.32 \text{ L/s} (1 + 3\% + 0\% + 5\% + 10\%)$$

$$Q_m = 3.91 \text{ L/s}$$

Comparando el consumo medio obtenido con el caudal aforado (4.42 L/s), éste resulta menor, por lo que se considera que la fuente satisface la demanda de la población de la aldea Maraxcó.

## 2.7 Tanque de almacenamiento

Según López Cualla (2000), la función básica del tanque es almacenar agua en los períodos en los cuales la demanda es menor que el suministro, de tal forma que en los períodos en los que la demanda sea mayor que el suministro se complete el déficit con el agua almacenada inicialmente. En general, las dimensiones de un tanque regulador se determinan para cumplir las siguientes funciones:

- Compensar variaciones horarias que se producen durante el día.
- Tener almacenamiento para casos de emergencia.
- Garantizar presiones de servicio adecuadas.

Se calcula su volumen a partir de la siguiente ecuación:

$$Vol = \frac{Qm \times 86400}{1000} FS$$

donde:

- |     |   |                                       |
|-----|---|---------------------------------------|
| Vol | : | volumen del tanque de almacenamiento; |
| Qm  | : | caudal medio diario;                  |
| FS  | : | factor de seguridad.                  |

El factor de seguridad ayuda a determinar el volumen total del tanque, el cual varía según:

- Poblaciones menores de 1,000 habitantes entre 25% a 35%.
- Poblaciones entre 1,000 y 5,000 habitantes un 35% más 10% para eventualidades.
- Poblaciones mayores de 5,000 habitantes, un 40% más un 10% para eventualidades.
- En sistemas por bombeo, la reserva mínima deberá ser la de un día de consumo.

Para este sistema se ha adoptado un factor del 40%, ya que la población a servir es de 4,963 habitantes, no se ha tomado en cuenta el 10% para eventualidades, ya que el caudal aportado por la fuente es un tanto pobre. Calculando el volumen del tanque se tiene:

$$Vol = \frac{3.91 \frac{L}{s} \times 86400 \frac{s}{dia}}{1000 L/m^3} * 0.40$$

$$Vol = 135.13 m^3/dia$$

Por facilidades en la construcción y manejo de medidas, la capacidad del tanque será de 138 m<sup>3</sup>. Por la cantidad de agua y dimensiones del tanque, éste será de concreto armado y mampostería (ver detalle en planos).

## 2.8 Desinfección

El tratamiento mínimo que debe dársele al agua con el fin de entregarla libre de organismos patógenos es la desinfección, ésta puede obtenerse por medio de cualquiera de los procedimientos siguientes:

- Desinfección por rayos ultravioleta: se hace pasar el agua en capas delgadas debajo de lámparas ultravioleta. Para que la desinfección sea efectiva, el agua debe ser de muy baja turbiedad, lo cual limita su aplicación y adicionalmente no se obtiene una desinfección posterior.
  
- Desinfección por medio de ozono: el empleo del ozono como desinfectante es un sistema muy efectivo y de uso generalizado en Europa. El sistema de ozonificación consiste básicamente en una elevación de voltaje que, al producir chispas y entrar éstas en contacto con el oxígeno, produce el ozono.
  
- Desinfección por medio de cloro (cloración): este procedimiento es bastante efectivo y es de uso generalizado en Estados Unidos y en América Latina. Además, es un sistema de desinfección más económico que los dos métodos anteriores. Para que el cloro actúe efectivamente, se debe dejar un tiempo de contacto del cloro con el agua, preferentemente de 15 a 20 minutos.

En la práctica, el método más confiable y exitoso para evitar la reaparición de bacterias en las tuberías, y más usado en el medio guatemalteco es la cloración. La jefatura de salud de Chiquimula recomienda que en el caso del sistema de la aldea Maraxcó, el agua se desinfecte con una concentración del 10%, debido a que el examen bacteriológico dio como resultado que la muestra contenía numerosas colonias de bacterias, clasificándola como no apta para el consumo humano.

Para efectuar una adecuada limpieza en los tanques, primero se debe conocer el volumen de agua. La cantidad de desinfectante se determinará según el grado de desinfección que se requiera, para una desinfección al 5%

deberá agregarse 50 g de cloro por cada litro de agua y cuando sea al 10% deberán administrarse 100 g de cloro por cada litro. Además de seguirse el siguiente procedimiento:

- Introducir la solución de cloro en los depósitos de agua potable.
- Inmediatamente después, llenar el depósito completamente de agua.
- Abrir los grifos hasta que aparezca agua clorada.
- Debe dejarse que el agua clorada permanezca en el tanque durante al menos 4 horas.
- Posteriormente, el tanque y tuberías deben vaciarse y lavarse con agua potable hasta que el agua ya no tenga un sabor desagradable a cloro.



**Tabla VII. Volúmenes de hipoclorito para lograr una solución al 10%**

<b>VOLUMEN DE SOLUCIÓN AL 10% QUE DEBE INGRESAR AL TANQUE PARA DOSIFICAR 1 mg/lit</b>		
<b>CAUDAL DEL SISTE</b>	<b>CANTIDAD NECESARIA DE SOLUCIÓN</b>	
<b>litro/segundo</b>	<b>litro/hora</b>	<b>litro/día</b>
0.50	1.80	43.20
0.60	2.16	51.84
0.70	2.52	60.48
0.80	2.88	69.12
0.90	3.24	77.76
1.00	3.60	86.40
1.10	3.96	95.04
1.20	4.32	103.68
1.30	4.68	112.32
1.40	5.04	120.96
1.50	5.40	129.60
1.60	5.70	138.24
1.70	6.12	146.88
1.80	6.48	155.52
1.90	6.84	164.16
2.00	7.20	172.80
2.10	7.56	181.44
2.20	7.92	190.08
2.30	8.28	198.72
2.40	8.64	207.36
2.50	9.00	216.00
2.60	9.36	224.64
2.70	9.72	233.28
2.80	10.08	241.92
2.90	10.44	250.56
3.00	10.80	259.20
3.30	11.88	285.12
3.50	12.60	302.40
3.80	13.68	328.32
4.00	14.40	345.60
4.50	16.20	388.80
5.00	18.00	432.00
5.50	19.80	475.20
6.00	21.60	518.40

Fuente: Jefatura del Área de Salud de Chiquimula.

## 2.9 Línea de distribución

López Cualla (2000) le da el nombre de red de distribución al conjunto de tuberías cuya función es la de suministrar el agua potable a los consumidores de la localidad. La unión entre el tanque de almacenamiento y la red de distribución se hace mediante la denominada línea de distribución, y su diseño depende de las condiciones de operación de la red de distribución tales como trazado, caudal y presiones de servicio.

El trazo de la red debe obedecer a la conformación física de la población y por tanto no existe una forma predefinida. Hidráulicamente, la red de distribución puede ser:

- Red abierta: se diseña en líneas que van de mayor a menor diámetro, o bien, en forma de árbol. Se recomienda su utilización en aquellos casos en que la población es muy dispersa y su cálculo hidráulico se realiza mediante la fórmula de Hazen-Williams para conductos circulares a presión.
- Red cerrada: se conforma por circuitos de tuberías y según sea el caso habrá redes principales que alimentan a redes secundarias o llamadas de relleno. Desde el punto de vista técnico funciona mejor que la anterior, ya que ésta elimina extremos muertos y permite la circulación del agua. Para su diseño, la UNEPAR recomienda utilizar el método de la gradiente hidráulica, o bien, el método de Hardy-Cross.
- Red mixta: una combinación de las dos anteriores. Para este sistema en particular, se ha escogido este tipo de red debido a la topografía y distribución de las casas de la aldea.

Línea de distribución:

La línea de distribución está comprendida entre el tanque de almacenamiento, E-TA (C.T. = 837.46 m), y la red de distribución comprendida por varias series de circuitos cerrados y ramales abiertos, terminando en la estación E-34 (C.T. = 777.19 m) que representa la entrada de la aldea. La longitud horizontal total considerada para la red de distribución es 7513.42 m.

Según el resultado de dichos cálculos, para este tramo se usarán 41.32 metros de tubería Ø 4", equivalentes a 8 tubos, 418.32 metros de tubería Ø 3", equivalentes a 72 tubos, y 7429.49 metros de tubería Ø 2", equivalentes a 1259 tubos.

Determinación del caudal de diseño:

Previo al diseño hidráulico de cada tramo y circuito, se efectuó la comparación entre el caudal simultáneo y el caudal unitario para determinar cuál se utilizaría como caudal de diseño. El caudal unitario se obtiene de relacionar el caudal máximo horario con el número total de conexiones en la red. A continuación se presenta dicho procedimiento para el ramal abierto comprendido entre las estaciones E-235 y C-506. El número de conexiones por tramo se deduce de la siguiente forma:

1. Caudal de uso simultáneo:  $Q_1 = \sqrt{k(N - 1)}$

2. Caudal unitario:  $Q_2 = \frac{f_{dm} \times f_{hm} \times \text{dot} \times N \times n}{86400}$

donde:

- fdm : factor de día máximo;
- fdh : factor de hora máximo;
- dot : dotación escogida;
- N : número de viviendas estimadas para el final del período
- n : número de habitantes por vivienda;
- k : coeficiente cuyo valor se encuentra entre 0.15 y 0.20.

$$Q_1 = \sqrt{0.15(13 - 1)} = 1.6146 \text{ L/s}$$
$$Q_2 = \frac{1.5 \times 2 \times 70 \times 13 \times 5.3}{86400} = 0.1675 \text{ L/s}$$

Comparando ambos caudales, se tiene que el producto del caudal simultáneo es mayor que el caudal unitario, por lo que éste será el caudal de diseño para el tramo.

Diseño de los tramos abiertos de la red de distribución:

La diferencia de altura entre el tanque de almacenamiento en la estación E-TA y el punto más bajo en la estación C-436 (837.46 m – 753.22 m = 84.24 m) no excede la presión de trabajo de la tubería (90 mca), pero se requiere implementarse siete válvulas de globo, ubicándolas en puntos que permitan mantener diámetros mínimos de 2", y las presiones de servicio entre 10 y 40 metros columna de agua, para cumplir las recomendaciones de la UNEPAR. Las válvulas de globo se ubicarán en las estaciones E-185, E-204, E-213, E-218, E-224 y E-253.

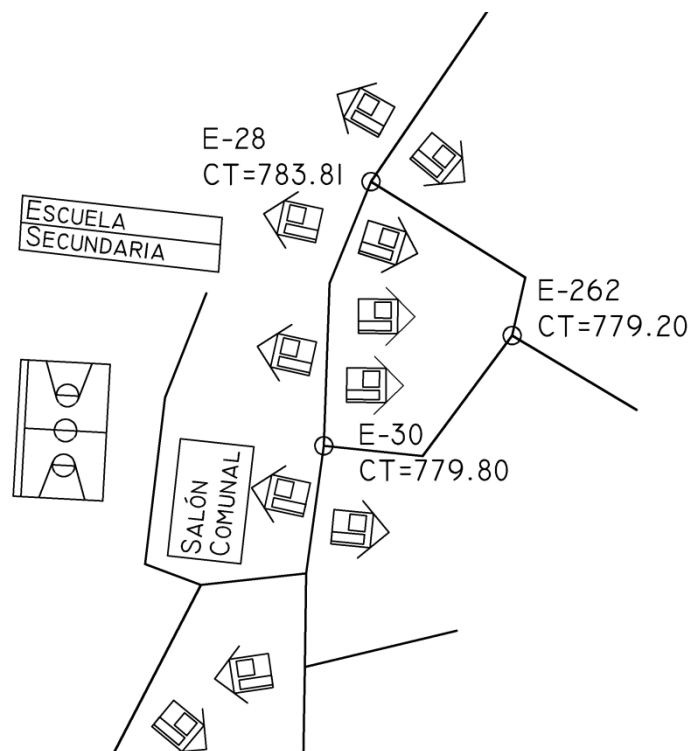
El cálculo de los diámetros de tuberías con sus respectivas longitudes y por consiguiente el número de tubos, así como las pérdidas, el chequeo de

presión dinámica y de velocidades se realizó utilizando el software para diseños de agua potable EPANET. Los resultados de dichos cálculos se resumen en el plano de conjunto.

Diseño de los circuitos en la red de distribución:

La red de distribución cuenta con varios circuitos cerrados con trazado complejo localizados a lo largo de toda la aldea, cubriendo la mayoría de las 610 viviendas futuras consideradas. Para su diseño hidráulico se empleó el software para diseños de agua potable EPANET. A continuación se describe la metodología empleada para el circuito perteneciente a las estaciones E-28 – E-30 – E-262.

**Figura 3. Circuito E-28 – E-30 – E-262**



Por el trazado irregular del circuito, se fijaron los puntos de consumo en las estaciones E-28, E-30 y E-262, determinando la demanda necesaria en cada nodo con la cantidad de casas por tramo y asignando el sentido de los caudales según la pendiente del terreno, cumpliendo con la premisa:

$$\sum Q_{entrada} = \sum Q_{salida}$$

$$Q_u = \frac{Q_{mh}}{N}$$

$$D = Q_u \times n$$

donde:

- $Q_u$  : caudal unitario;
- $Q_{mh}$  : caudal máximo horario;
- $D$  : demanda;
- $N$  : número de viviendas estimadas para el final del período;
- $n$  : mitad de la sumatoria de viviendas que llegan al nodo.

entonces:

$$Q_u = \frac{7.83 \text{ L/s}}{610 \text{ viv}} = 0.0128 \frac{\text{L}}{\text{s} \times \text{viv}}$$

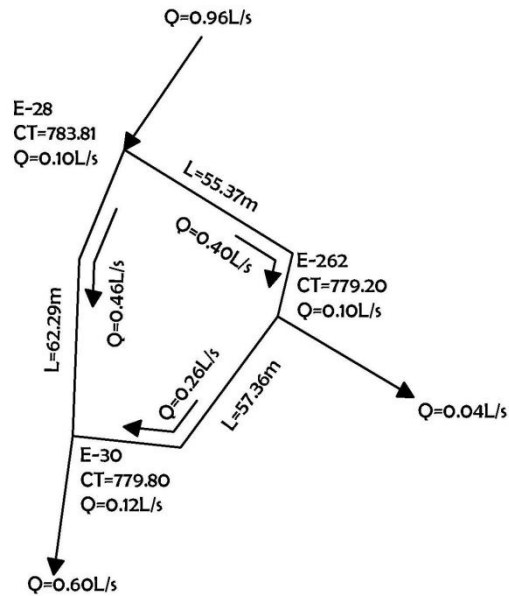
$$D_{E-28} = 0.0128 \frac{\text{L}}{\text{s} \times \text{viv}} * 8 \text{ viv} = 0.1024 \text{ L/s}$$

$$D_{E-30} = 0.0128 \frac{\text{L}}{\text{s} \times \text{viv}} * 9 \text{ viv} = 0.1152 \text{ L/s}$$

$$D_{E-262} = 0.0128 \frac{\text{L}}{\text{s} \times \text{viv}} * 8 \text{ viv} = 0.1024 \text{ L/s}$$

Debido a que el software redondea el caudal de demanda a dos cifras, el modelo del circuito queda de la siguiente manera:

**Figura 4. Modelo hidráulico circuito E-28 – E-30 – E-262**



Posteriormente, teniendo la longitud de los tramos, la diferencia entre las cotas de terreno de los nodos, y el caudal que circula, se asignan los diámetros comerciales para determinar las pérdidas mediante la fórmula de Hazen-Williams:

$$H = \frac{1743.811LQ^{1.852}}{C^{1.825}d^{4.871}}$$

donde:

- H : pérdida de carga en metros;
- L : longitud del tubo en metros;
- Q : caudal en litros por segundo;
- d : diámetro interno del tubo en pulgadas;
- C : coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams.

Encontrando las pérdidas para cada tramo, considerando positivos los caudales en sentido horario:

$$H_{28-262} = \frac{1743.811 \times 55.37 \times 0.40^{1.852}}{160^{1.852} \times 1.21^{4.871}} = 0.57 \text{ m}$$

$$H_{262-30} = \frac{1743.811 \times 57.36 \times 0.26^{1.852}}{160^{1.852} \times 1.21^{4.871}} = 0.26 \text{ m}$$

Sumando algebraicamente las pérdidas de ambos tramos, se tiene que en el tramo restante, 28-30, debe compensarse 0.83 metros de pérdida. Encontrando el diámetro teórico:

$$D_{28-30} = \left( \frac{1743.811 \times 62.29 \times 0.26^{1.852}}{160^{1.852} \times 0.83} \right)^{\frac{1}{4.871}} = 0.977 \text{ ''}$$

Se utilizará el diámetro nominal  $\varnothing 1''$ . A partir de estos, el software se encarga de determinar los caudales en cada nodo basándose en el método de Cross para compensación de caudales. También es capaz de determinar las cotas piezométricas en los nodos y la velocidad del agua en cada tubo (ver resultados en plano).

## 2.10 Obras de arte

### 2.10.1 Paso aéreo

La línea de conducción existente posee un paso aéreo para saltar una quebrada. La razón principal de esta construcción es que la línea está hecha de tubos de hierro galvanizado, necesarios por el sistema de bombeo, que no puede tener cruces muy marcados.



## **2.11 Conexiones prediales**

Esta es la última unidad de todo sistema de agua potable y tiene como finalidad, suministrar el vital líquido en condición aceptable a la población, ya sea a través de un servicio domiciliar o bien un servicio tipo comunitario.

Para este sistema, se adoptó un servicio tipo predial que comprende de un solo chorro por terreno o inmueble. La ubicación de este chorro debe de ser visible y accesible para sus usuarios, se recomienda para comunidades rurales semidispersas con nivel socioeconómico regular. Las conexiones se realizarán con tubería PVC de ½" y estará compuesta por:

- Conexión a la tubería con diámetro de ½"
- Válvula de paso
- Contador
- Llave de compuerta
- Válvula de cheque

## **2.12 Válvulas**

Las válvulas que se utilizarán para este proyecto serán:

- Válvulas de compuerta: funcionan mediante el descenso progresivo de una compuerta que regula el paso del agua. las válvulas de compuerta pueden ser de hierro fundido o de bronce, estas se instalan a la entrada y salida del tanque de distribución. Además sirven para seccionar tramos de tubería.

- Válvulas de globo: este tipo de válvulas es aconsejable emplearlas en las conexiones domiciliarias, tanto para suspender temporalmente el servicio como para regular el caudal.

### **2.13 Elaboración de planos**

Para el diseño del sistema de agua potable de la aldea Maraxcó se tomó como base las especificaciones técnicas que establece la Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales (UNEPAR), también se utilizaron planos de obras típicas para acueductos desarrollados en esta misma entidad.

### **2.14 Elaboración de presupuesto**

Para la integración del presupuesto en la realización del proyecto, se consideraron los siguientes aspectos:

1. Materiales empleados: para esto se tomó como base los precios que se manejan en el municipio de Chiquimula.
2. Mano de obra: para este renglón de trabajo se consideró mano de obra calificada como no calificada, aplicando un promedio ponderado de los salarios que se devengan en la región.
3. Costo indirecto: es la suma total de todos los gastos técnico-administrativos.

Imprevistos: este renglón de trabajo se tomó por las posibles variaciones de los precios de los materiales a emplear, atrasos por las inclemencias del tiempo y otros.

**Tabla VIII. Presupuesto del sistema de abastecimiento de agua potable,  
aldea Maraxc6**

MUNICIPALIDAD DE CHIQUIMULA



ADMINISTRACIÓN 2,008 - 2,012

Oficina Municipal de Planificación, O.M.P.

<b>Proyecto: Sistema de abastecimiento de agua potable</b>						
<b>Ubicación Aldea Maraxc6, Chiquimula</b>						
<b>Fecha: Febrero 2010</b>						
<b>CUADRO RESUMEN</b>						
<b>No.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>SUB TOTAL</b>	
<b>1</b>	<b>PRELIMINARES</b>					
1.1	Replanteo topográfico	ml	7,889.13	Q 3.93	Q	31,004.28
1.2	Trazo y estaqueado	ml	7,889.13	Q 2.25	Q	17,750.54
1.3	Limpia, chapeo y destronque	ml	7,889.13	Q 3.32	Q	26,191.91
<b>2</b>	<b>TANQUE DE DISTRIBUCIÓN</b>					
2.1	Tanque de distribución de 138 m <sup>3</sup>	Unidad	1.00	Q 297,651.55	Q	297,651.55
<b>3</b>	<b>DISTRIBUCIÓN</b>					
3.1	Línea de distribución	ml	7,889.13	Q 29.32	Q	231,309.29
<b>4</b>	<b>OBRAS DE ARTE</b>					
4.1	Válvula de globo + caja	Unidad	6.00	Q 1,326.80	Q	7,960.80
<b>5</b>	<b>CONEXIONES PEDIALES</b>					
5.1	Conexión predial	Unidad	610.00	Q 884.22	Q	539,374.20
<b>TOTAL DEL PROYECTO</b>						<b>Q 1,151,242.57</b>

El presupuesto se realizó con los precios vigentes en las últimas dos semanas del mes de febrero de 2010, con una tasa de cambio de Q 8.05 por US\$ 1.00, por lo que el costo directo equivalente en dólares del proyecto es: US\$ 143,011.50 (ciento cuarenta y tres mil once dólares con cincuenta centavos).

## 2.15 Cronograma de ejecución

A continuación, se presenta el cronograma de ejecución propuesto para este proyecto:

**Tabla IX. Cronograma de ejecución físico-financiero del sistema de abastecimiento de agua potable, aldea Maraxcó**

Proyecto:	Sistema de abastecimiento de agua potable
Ubicación:	Aldea Maraxcó, Chiquimula
Fecha:	Febrero 2010

### CRONOGRAMA

Cronograma de ejecución físico-financiero							
DESCRIPCIÓN	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	COSTO	%
<b>PRELIMINARES</b>							
Replanteo topográfico	■					Q 31,004.28	2.69
Trazo y estaqueado	■	■				Q 17,750.54	1.54
Limpia, chapeo y destronque		■	■			Q 26,191.91	2.28
<b>TANQUE DE DISTRIBUCIÓN</b>							
Tanque de distribución de 138 m³			■	■	■	Q 297,651.55	25.86
<b>DISTRIBUCIÓN</b>							
Línea de distribución		■	■	■	■	Q 231,309.29	20.09
<b>OBRAS DE ARTE</b>							
Válvula de globo + caja				■		Q 7,960.80	0.69
<b>CONEXIONES PEDIALES</b>							
Conexión predial				■	■	Q 539,374.20	46.85
<b>INVERSIÓN MENSUAL</b>	Q 61,850.78	Q 51,647.50	Q225,928.87	Q503,576.77	Q308,238.65	Q 1,151,242.57	100.00

## 2.16 Programa de operación y mantenimiento

Para la operación de la red de agua potable, previo iniciar su funcionamiento, corresponderá limpiarse y desinfectarse la tubería instalada, haciendo correr agua hasta llenar la tubería, utilizando una concentración de

1mg/lit de cloro (ver tabla VI). También deberá efectuarse una prueba de presión en la tubería instalada, de preferencia entre cada tramo limitado por válvulas, a efecto de comprobar el hermetismo del tramo y el cierre de las válvulas del tramo correspondiente, como mínimo deberá elevarse la presión igual a un 50% más de la presión a la que trabajará normalmente la tubería, pero es preferible que ésta se acerque a la presión nominal de la tubería, para comprobar su comportamiento previo a cerrar la zanja de su instalación.

Esto se consigue cerrando en su totalidad las válvulas y conectando en un punto del tramo a probar, un equipo de bomba manual para subir la presión al valor correspondiente y mantenerla durante 30 minutos, verificando que la pérdida de presión en ese tiempo no sea mayor de un 5% de la inicial.

Además, es recomendable colocar un poco de material selecto sobre la tubería a probar, pero sin que cubra las uniones de tubería y accesorios para comprobar si existen fugas o no.

Al cerrar la zanja, se procederá a comprobar que se coloquen capas de material selecto compactado hasta donde sea posible, a los lados y sobre la tubería instalada, buscando no afectar la misma, posteriormente a esta fase sí se deberá compactar en debida forma las demás capas hasta rellenar completamente la zanja.

Un correcto mantenimiento de la red, implica una adecuada reducción de las fugas en la misma, su detención rápida y eficaz, su correcta reparación e incluso su prevención. Esto se logra teniendo materiales disponibles que sean de calidad para que cuando sean requeridos por el fontanero de la comunidad este pueda disponer de ellos para realizar las reparaciones y así mantener el sistema en condiciones óptimas.

## 2.17 Propuesta de tarifa

Para implementar un programa de operación y mantenimiento adecuado, es necesario contar con un recurso financiero para costearlo y tener una reserva para cualquier eventualidad. Estos recursos se obtienen a través del pago de una tarifa mensual por parte de los beneficiarios del proyecto. Se calculará la tarifa a partir de los siguientes costos:

### 2.17.1 Costo de operación

Éste contempla el pago mensual a fontaneros para efectuar revisiones constantes en el sistema. Este cálculo se realiza considerando que un fontanero revisa 20 conexiones prediales y 3 kilómetros de línea al día, de la siguiente manera:

$$Co = \left( \frac{L}{3} + \frac{Nc}{20} \right) * Pj * Fp$$

donde:

- Co : costo de operación, quetzales;
- L : longitud de línea central de tubería, 7.88913 Km;
- Nc : número de conexiones, 610;
- Pj : pago diario o jornal, Q. 60.00;
- Fp : factor de prestaciones, según la legislación laboral.

$$Co = \left( \frac{7.88913}{3} + \frac{610}{20} \right) \times 60.00 \times 1.77 = \frac{Q. 3518.38}{mes}$$

### 2.17.2 Costo de mantenimiento

Para determinar este costo, se estima el tres por millar de los costos de materiales no locales presupuestados para el período de diseño que servirá básicamente para la compra de materiales cuando haya necesidad de cambiar los existentes.

$$Cm = \left( \frac{3}{1000} \right) * \frac{Mnl}{n}$$

donde:

- Cm : costo de mantenimiento;
- Mnl : costos de los materiales no locales;
- n : período de diseño.

$$Cm = \left( \frac{3}{1000} \right) \times \frac{142024.90}{20} = \frac{Q.21.30}{mes}$$

### 2.17.3 Costo de tratamiento

El costo de tratamiento está destinado para la compra de hipoclorito de calcio y se determina con la siguiente ecuación:

$$Ct = Q_{mh} \times 2592000 \times R_{a-c} \times Ch \times 4$$

donde:

- Ct : costo de tratamiento;
- Qmh : caudal máximo horario o caudal de diseño;
- 2592000 : cantidad de segundos en un mes;
- Ra-c : relación de agua-cloro, una parte por millar;

- Ch : costo de hipoclorito de calcio;  
 4 : libras de hipoclorito de calcio al 65% para desinfectar  
 1000 litros de agua en una solución al 10%.

$$Ct = 7.83 \frac{L}{s} \times 2592000 \frac{s}{mes} \times 0.001 \times \frac{Q.2175}{100 lb} \times \frac{4 lb}{1000 L} = \frac{Q.1765.70}{mes}$$

#### 2.17.4 Costo de bombeo

El costo de bombeo está destinado a determinar el costo de la electricidad para el funcionamiento de la bomba de impulsión. Este se calcula determinando los kilowatts-hora necesarios para un mes de uso.

Para determinar la potencia necesaria de la bomba, se emplea la siguiente ecuación:

$$P = \frac{H_f Q}{76 e}$$

donde:

- P : potencia requerida de la bomba, caballos de fuerza;  
 H<sub>f</sub> : pérdida de carga de la tubería, metros;  
 Q : caudal de bombeo, litros por segundo;  
 e : porcentaje de eficiencia de la bomba.

$$P = \frac{391.35 \times 4.28}{76 \times 0.60} = 36.73 hp$$



La bomba que ubicada en la caseta de bombeo es de 40 hp, lo cuál es una aproximación del cálculo teórico. La profundidad del pozo es de aproximadamente 390 m.

$$40 \text{ hp} \times \frac{0.746 \text{ KW}}{1 \text{ hp}} = 29.84 \text{ KW}$$

Las horas de bombeo mensuales se determinan multiplicando las horas diarias de bombeo por el número de días en un mes:

$$\text{Horas} = \frac{12 \text{ hr}}{\text{dia}} \times \frac{30 \text{ dias}}{\text{mes}} = \frac{360 \text{ hr}}{\text{mes}}$$

El costo de bombeo se determina multiplicando la potencia requerida por las horas de bombeo y el precio de kilowatts-hora.

$$C_b = P \times \text{Horas} \times Q_{KW-hr}$$

$$C_b = 29.84 \text{ KW} \times \frac{360 \text{ hr}}{\text{mes}} \times \frac{Q.1.98}{\text{KW} - \text{hr}} = \frac{Q.21269.95}{\text{mes}}$$

### 2.17.5 Gastos administrativos

Sirven para mantener un fondo para gastos que puedan surgir en viáticos, papelería, sellos entre otros. Se realiza estimando un porcentaje sobre

la suma de los gastos de operación, mantenimiento y tratamiento, para este proyecto se consideró un porcentaje igual al 5%.

$$Ga = 0.05 (Co + Cm + Ct + Cb)$$

$$Ga = 0.05 (Q. 3,518.38 + Q. 21.30 + Q. 1,765.70 + Q. 21269.95) = Q. 1328.77$$

### 2.17.6 Cálculo de tarifa

Con dichos datos, se procede a obtener la tarifa propuesta, la cual se obtiene de la suma de los gastos anteriores y dividiendo en el número de conexiones totales para el proyecto:

Costo de operación	= Q. 3,518.38
Costo de mantenimiento	= Q. 21.30
Costo de tratamiento	= Q. 1,765.70
Costo de bombeo	= Q. 21,269.95
Gastos administrativos	= <u>Q. 1,328.77</u>
	<b>Q 27,904.10/mes</b>

Dividiendo el resultado obtenido, entre el número total de conexiones se obtiene el valor para cubrir los gastos mensuales requeridos para el proyecto.

$$Tp = \frac{Q.27904.10/mes}{610 predios} = \frac{Q.45.75}{mes \times predio}$$

La cuota mensual por predio será de Q. 46.00 para compensar la fuerte inversión inicial.

## **2.18 Evaluación socio-económica**

Los proyectos de interés comunitario, como el abastecimiento de agua potable de la aldea Maraxcó, tienen como objetivo principal proveer servicios a la población, buscando el bienestar público y no las ganancias. Los proyectos del sector público no generan renta alguna, por lo que lo más recomendable para evaluar económicamente las alternativas públicas es un análisis beneficio/costo, considerando como costos los gastos para la construcción, operación y mantenimiento del proyecto, y como beneficios las ventajas que experimentará el público con la implementación del proyecto.

En el caso de este proyecto, no es posible estimar un monto exacto del impacto económico de los beneficios que traerá la implementación del sistema de agua potable, entre los que pueden mencionarse: el ahorro en el sector salud, los gastos y molestias ocasionados por la falta del vital líquido (compra de toneles de agua y el acarreo de los pozos públicos, entre otros), por lo que el análisis se hará mediante el valor presente neto, VPN y la tasa interna de retorno (TIR).

### **2.18.1 Valor presente neto**

El valor presente neto es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja.

Como inversión inicial del proyecto, la Municipalidad de Chiquimula y el Consejo Departamental de Desarrollo deben desembolsar el costo del proyecto, Q. 1,151,242.57. Los gastos de operación, administración, mantenimiento, bombeo y tratamiento ascienden a Q. 334,849.20 anuales. El aporte de los vecinos por acometida será de Q400.00 por conexión, y la tarifa anual de

Q. 552.00 por predio. Con una vida útil de 20 años y suponiendo una tasa efectiva del 12% anual.

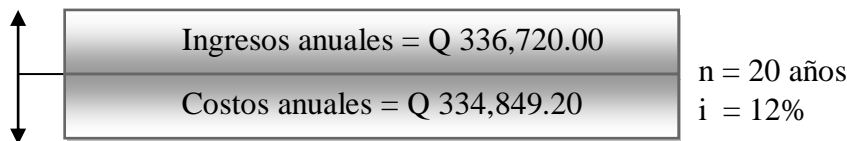
**Tabla X. Flujo de efectivo del sistema de agua potable**

Detalle	Operación	Resultado
Costo inicial	Q. 1,151,242.57	Q. 1,151,242.57
Ingreso inicial	(Q. 400.00/predio)x(610 predios)	Q. 244,000.00
Costos anuales	Q. 27,904.10 x 12 meses	Q. 334,849.20
Ingresos anuales	(Q. 552.00/predio)*610 predios	Q. 336,720.00

Construyendo el diagrama de flujo de efectivo se tiene:

**Figura 5. Diagrama de flujo de efectivo del sistema de agua potable**

Ingreso inicial = Q 244,000.00



Inversión inicial = Q 1,151,242.57

$$VPN = Q.244,000.00 - Q.1,151,242.57 + (P/A, 12\%, 20)(Q.336,720.00 - Q.334,849.20)$$

$$VPN = -898,132.56$$

Un VPN negativo significa que hay más gastos que ganancias, obteniendo pérdidas, en el sector privado, un proyecto con un VPN negativo sería rechazado inmediatamente, pero como se estableció anteriormente, el impacto de los beneficios que el sistema de agua potable traerá a los usuarios son los que avalan el proyecto.

### 2.18.2 Tasa interna de retorno

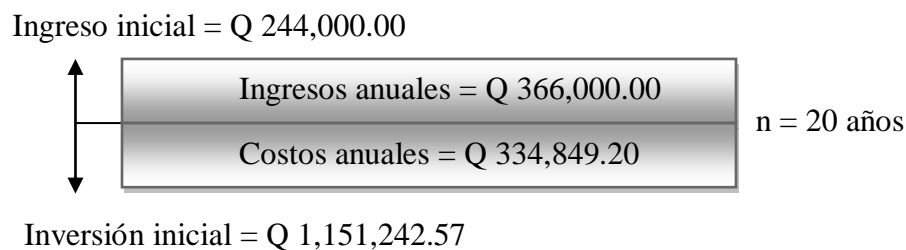
Vásquez Pinelo (2007) define la tasa interna de retorno o tasa interna de rendimiento (TIR) de una inversión como la tasa de interés con la cual el valor presente neto (VPN) es igual a cero, es decir, es la tasa de interés en la cual el valor presente de costos es igual al valor presente de ingresos.

$$VPN_{COSTOS} = VPN_{INGRESOS}$$

El valor numérico de la TIR puede oscilar en un rango entre -100% hasta el infinito. En términos de inversión, una tasa interna de retorno con valor negativo representa pérdida, por lo que una TIR = -100% significa que se ha perdido la cantidad completa.

El procedimiento para hallar la TIR se basa en la regla de los signos de Descartes, la cual establece que el número total de raíces reales siempre es menor o igual al número de cambios de signos en la serie. Se utiliza una tasa de interés con un VPN negativo y otra con valor positivo, luego se usa una interpolación matemática para encontrar la tasa de interés con la cual el VPN = 0.

**Figura 6. Diagrama de flujo de efectivo del sistema de agua potable para el cálculo de la tasa interna de retorno**



Con  $i = -21\%$  se tiene un  $VPN = Q. 77,573.92$

Con  $i = -20\%$  se tiene un  $VPN = - Q. 105,266.40$

interpolando:

$$\frac{-20\% + 21\%}{-Q. 105,266.40 - Q. 77,573.92} = \frac{-20\% - TIR}{-Q. 105,266.40}$$
$$TIR = -20\% - \frac{1\%(-Q. 105,266.40)}{-Q. 182,840.32} = -20.58\%$$

por lo que se demuestra que la tasa interna de retorno del proyecto es negativa; ratificando así la conclusión del apartado anterior de que el proyecto generaría pérdidas, pero el objetivo del proyecto son los beneficios que el sistema de agua potable traerá a los usuarios.

## 2.19 Evaluación de impacto ambiental

- **Impacto ambiental en construcción:** durante el proceso de construcción del sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea Maraxcó, debe tomarse en cuenta la remoción de vegetación, debido a la apertura de brecha que se realiza para colocar la tubería de la línea de conducción y la red de distribución. Para evitar cualquier remoción innecesaria, se ubicó la tubería donde se tuviera derecho de paso o en los callejones comunales, manteniendo la flora de los bosques intacta. Al finalizar la colocación de la tubería, se deberá compactar el suelo para resguardar la tubería.
- **Impacto ambiental en operación:** para este proyecto, debe cuidarse el caudal del pozo ubicado frente al puesto de salud. La dotación se calculó para satisfacer las necesidades de la población en el período de

diseño establecido y evitar el secado del pozo. La fuente de energía para la bomba será por medio de electricidad.





### **3 MEJORAMIENTO DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE A LA ALDEA SHUSHO ARRIBA**

#### **3.1 Descripción del proyecto**

Este proyecto consiste en el mejoramiento y pavimentación del tramo carretero que une el camino que va de la aldea Shusho Arriba hacia la intersección que comunica a la ciudad de Chiquimula y la aldea Maraxcó con una longitud lineal aproximada de 4.75 km; este proyecto también toma en cuenta lo relacionado con el movimiento de tierra del mismo para adecuarse a las normativas máximas y mínimas de pendientes establecidas a nivel nacional.

Con la implementación de este mejoramiento, se espera un mayor desarrollo de la aldea Shusho Arriba, así como de los caseríos aledaños al área, ya que contará con una mejor vía de acceso, más rápida y segura. Se espera que en el recorrido se pueda ahorrar hasta 20 minutos de viaje y facilitar el mantenimiento de los automotores que circulan por el camino en mal estado.

El camino contará con una propuesta de diseño actual tomando en cuenta normativas de diseño nacional y regional (SIECA) que optimiza y regula con seguridad para su utilización.

Las personas beneficiadas serán las de la aldea Shusho Arriba, el caserío Shusho en Medio y los distintos pobladores que viven a lo largo del camino e inmediaciones del río Shusho. La mayoría de personas se transporta en microbuses y vehículos de doble tracción. Se espera que con el

mejoramiento del tramo carretero, más personas adquieran vehículos livianos para transportarse y también se reduzcan los costos del transporte público. También se espera un mayor impulso económico de dicho sector, ya que algunas de las fuentes de ingresos del lugar son la extracción de arena de río para la construcción y los baños de aguas termales que hay en dicha zona.

Utilizando equipo topográfico tradicional (teodolito, estadal, cinta métrica, trompos, etc.), se ha logrado obtener la libreta topográfica del lugar y así dar comienzo a la propuesta de mejoramiento; el mismo se destaca por ser diseñado con un software actual (AutoCAD Civil 3D Land Desktop 2009 ®) que no deja dudas de la optimización de recursos para la comuna, que repercute en la optimización de costos y ayuda a la comunidad.

### **3.2 Especificaciones técnicas**

Las especificaciones técnicas utilizadas en el diseño proporcionadas por la Dirección General de Caminos del Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda (MICIVI), a través de “ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y PUENTES”, diciembre de 2000. Ingenieros consultores de Centro América, S. A.

Los criterios utilizados para el diseño geométrico de la carretera se basan en el normativo vigente para Guatemala, editado por la Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA), a través del “MANUAL CENTROAMERICANO DE NORMAS PARA DISEÑO GEOMÉTRICO DE LAS CARRETERAS REGIONALES”, segunda edición. Ing. Francisco Guevara.

Por tanto, el camino que se desea mejorar es una brecha de terracería convirtiéndola en una carretera pavimentada siguiendo las normas de diseño

constructivo de la Dirección General de Caminos y las normas de diseño geométrico de la SIECA.

### **3.3 Levantamiento topográfico**

Haciendo uso de equipo topográfico tradicional, el levantamiento planimétrico de la carretera se realizó mediante el trazo de poligonales abiertas con estaciones a cada 20 metros, utilizando el método de conservación de azimut y se radiaron puntos hacia ambos lados del eje central. La altimetría se realizó por medio de nivelación taquimétrica, obteniendo los datos para calcular las distancias y las cotas del terreno.

Cabe mencionar que el camino cuenta con tramos donde el ancho es menor al mínimo determinado por el diseño, por lo que es necesario el corte de taludes en dichas áreas de tránsito.

### **3.4 Criterios de diseño**

Los usuarios de las carreteras, los vehículos que circulan por ellas, las carreteras mismas y los controles que se aplican para normar su operación, son los cuatro elementos básicos que interactúan y se relacionan entre sí para determinar las características del tránsito.

#### **3.4.1 Período de diseño**

Las carreteras deben diseñarse con suficiente capacidad para satisfacer los requerimientos de las demandas de dicho tránsito, durante todo el período seleccionado para el diseño de las instalaciones.

Considerando que el diseño principal de la carpeta de rodadura será un pavimento rígido, se determinó que el período de diseño de la carretera será de 20 años.

### **3.4.2 Volumen de tránsito**

El buen diseño de una carretera solamente se puede lograr si se dispone de la adecuada información sobre la intensidad del movimiento vehicular que la utiliza y la utilizará hasta el término del período seleccionado de diseño. La cuantificación de la demanda del tránsito es comparada con la oferta de capacidad que se espera de la solución del diseñador.

La medición de los volúmenes del flujo vehicular se obtiene normalmente por medios mecánicos y/o manuales, a través de conteos o aforos volumétricos del tránsito en las propias carreteras.

#### **3.4.2.1 Tránsito promedio diario anual**

Uno de los elementos primarios para el diseño de las carreteras es el volumen del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), que se define como el volumen total de vehículos que pasan por un punto o sección de una carretera en un período de tiempo determinado, que es mayor de un día y menor o igual a un año, dividido por el número de días comprendido en dicho período de mención.

Ya que el TPDA es un promedio simple, no refleja variaciones extremas que, por el límite superior, pueden llegar a duplicar los volúmenes promedios del tránsito en algunas carreteras. No obstante, se ha tomado el TPDA como indicador numérico para el diseño, tanto por constituir una medida característica

de la circulación de vehículos, como para su facilidad de obtención. Por tanto, el TPDA constituye un indicador muy valioso de la cantidad de vehículos de diferentes tipos (livianos y pesados) y funciones (transporte de personas y de mercancías), que se sirve de la carretera existente como su tránsito normal y que continuará haciendo uso de dicha carretera una vez mejorada, o que se estima utilizará la carretera nueva al entrar en servicio para los usuarios.

**Tabla XI. Tipos de carretera según su TPDA**

TPDA	Tipo de carretera
3000 a 8000	"A"
1600 a 3000	"B"
900 a 1600	"C"
800 a 900	"D"
100 a 800	"E"
1 a 100	"F"

Fuente: TRB, Highway Capacity Manual, 1994.

### **3.4.2.2 Composición del tránsito**

Dependiendo del tipo de servicio y la localización de una carretera, es indispensable tomar en cuenta que los vehículos pesados, como camiones y autobuses, pueden llegar a alcanzar una incidencia significativa en la composición del flujo vehicular, influenciando según su relevancia porcentual, en forma más o menos determinante, el diseño geométrico de las carreteras y los espesores de los pavimentos.

El efecto de un camión sobre las operaciones del tránsito es a menudo equivalente al de varios automóviles, siendo mayor la relación a medida que se aumentan las pendientes y disminuyen las distancias de visibilidad disponibles.

En la categoría de vehículos pesados se sitúan los camiones con peso bruto total de 4 toneladas o más y los vehículos que presentan llantas dobles en el eje trasero.

**Tabla XII. Composición del tránsito vehicular en el tramo carretero que conduce a la aldea Shusho Arriba**

<b>Tipo de vehículo</b>	<b>cantidad</b>
Automóviles	6
Pick-ups	19
Microbuses	4
Camiones livianos	3
Camiones pesados	2
Total	34

### **3.4.2.3 Proyecciones de la demanda de tránsito**

En las carreteras regionales se recomienda adoptar un período de proyección de veinte años como la base del diseño, aunque igualmente se acepta que para proyectos de reconstrucción o rehabilitación de las carreteras se pueda reducir dicho horizonte a un máximo de diez años.

Para determinar las proyecciones de tránsito de una carretera se utiliza una diversidad de procedimientos, que van desde los más complejos hasta los que se caracterizan por su extrema simplicidad en el cálculo o dependen solamente del buen juicio y criterio del diseñador. Entre ellos, dos procedimientos son universalmente aceptados.

El primero se fundamenta en el análisis de las tendencias históricas del comportamiento del tránsito, conocidas mediante registros de los volúmenes durante un período mínimo de diez años de duración, para desprender de ellas las hipótesis de crecimiento más probable del tránsito durante los años venideros.

El segundo método reconoce que los pronósticos de tránsito guardan estrecha relación con indicadores de las múltiples actividades humanas, cuyos patrones relacionados con la movilidad, se consideran invariables en el período de diseño. Bajo este criterio general se busca establecer relaciones razonables de tipo estadístico entre el comportamiento del tránsito y el de otros indicadores locales, que tienen incidencia en el transporte automotor, como los registros de consumo de combustible en el transporte, la tenencia de vehículos, el crecimiento de la población que permitan obtener proyecciones aceptables acerca de los futuros volúmenes de tránsito por las carreteras.

### **3.4.3 Velocidad de operación**

La velocidad de operación es la máxima velocidad a la cual un conductor puede viajar por una carretera dada, bajo condiciones climáticas favorables y las condiciones prevalecientes del tránsito, sin que en ningún momento se excedan los límites de seguridad que determina la velocidad de diseño, sección por sección de dicha carretera.

### **3.4.4 Velocidad de diseño**

La velocidad de diseño es la máxima velocidad que, en condiciones de seguridad, puede ser mantenida en una determinada sección de una carretera,

cuando las condiciones son tan favorables como para hacer prevalecer las características del diseño utilizado.

La velocidad de diseño determina aquellos componentes de una carretera como curvatura, sobreelevación y distancias de visibilidad, de los que depende la operación segura de los vehículos. Aunque otros elementos del diseño, como decir el ancho de la calzada, los hombros y las distancias a que deben estar las restricciones laterales de la vía, se asume que a mayores velocidades de diseño tales elementos deber ser mejorados dentro de límites prácticos y compatibles con las mejoras que insinúa el cambio.

En la selección de una adecuada velocidad de diseño para una carretera particular, debe darse especial consideración a los siguientes aspectos:

- a. Distribución de las velocidades
- b. Tendencias de las velocidades
- c. Tipo de área
  - o Rural
  - o Urbana
- d. Condiciones del terreno
  - o Plano
  - o Ondulado
  - o Montañoso
- e. Volúmenes de tránsito
- f. Consistencias en el diseño de carreteras similares o complementarias
- g. Condiciones ambientales

Para este caso en particular se ha optado por una velocidad de diseño de 20 km/h, pues, además de tener un tramo tipo “F”, es un terreno montañoso.



### 3.5 Componentes básicos de la sección transversal

En las etapas iniciales del diseño de las carreteras, siempre es conveniente dar debida consideración al uso de componentes de dimensiones normales o en la sección transversal, por estar comprobado que con un bajo costo relativo, contribuyen al mejoramiento de los niveles de seguridad vial.

**Tabla XIII. Valores límites recomendados para el diseño de carreteras**

T.P.D.	Carretera	Velocidad de diseño (Km/h)	Ancho de calzada (m)	Ancho de terracería		Derecho de vía (m)	Radio mínimo (m)	Pendiente máxima (%)
				Corte (m)	Relleno (m)			
3,000 a 5,000	Tipo "A"		2 X 7.20	25	24	50		
	Llanas	100					375	3
	Onduladas	80					225	4
	Montañosas	60					110	5
1,500 a 3,000	Tipo "B"		7.20	13	12	25		
	Llanas	80					225	6
	Onduladas	60					110	7
	Montañosas	40					47	8
900 a 1,500	Tipo "C"		6.50	12	11	25		
	Llanas	80					225	6
	Onduladas	60					110	7
	Montañosas	40					47	8
500 a 900	Tipo "D"		6.00	11	10	25		
	Llanas	80					225	6
	Onduladas	60					110	7
	Montañosas	40					47	8
100 a 500	Tipo "E"		5.50	9.50	8.50	25		
	Llanas	50					75	8
	Onduladas	40					47	9
	Montañosas	30					30	10
10 a 100	Tipo "F"		5.50	9.50	8.50	15		
	Llanas	40					47	10
	Onduladas	30					30	12
	Montañosas	20					18	14

Fuente: Especificaciones de carreteras utilizadas por la Dirección General de Caminos (DGC).

Además de la seguridad, se deben considerar las características operativas del tránsito, la estética, los patrones de velocidad, la capacidad y sus niveles de servicio, tomando en cuenta además las dimensiones de los vehículos, sus características operativas y la conducta particular de los conductores. En el diseño de la sección transversal debe preverse la construcción por etapas o la incorporación de ampliaciones que puedan, con posterioridad, ser ejecutadas económica y prácticamente.

### **3.5.1 Ancho de carriles**

El carril es la unidad de medida transversal, para la circulación de una sola fila de vehículos, siendo el ancho de la calzada o superficie de rodamiento, la sumatoria de los carriles, a la que también se hace referencia en la clasificación de las carreteras.

La escogencia del ancho de los carriles es una decisión que tiene incidencia determinante en la capacidad de las carreteras. Como parámetro de referencia durante el diseño, se debe tener a la vista la estructura del tránsito proyectado, que a su vez y en la medida de la importancia relativa del tránsito pesado dentro del mismo, hará necesario que la dimensión de cada carril sea habilitado para que los camiones y las combinaciones de vehículos de diseño, con 2.60 metros de ancho, se puedan inscribir cómodamente y a las velocidades permisibles, dentro de la franja de circulación que les ha sido habilitada.

Para ofrecer las mejores condiciones de seguridad y comodidad para los usuarios, la superficie de rodamiento de las carreteras debe ser plana y sin irregularidades, resistente al deslizamiento y habilitada para la circulación del tránsito bajo todas las condiciones climáticas previsibles.

Para este caso en particular se ha optado por un ancho de carril de 5.50 m, pues, el tipo de carretera es "F" en un terreno montañoso.

### **3.5.2 Pendiente transversal de los carriles**

La pendiente transversal de una carretera de primera clase con dos carriles en tangente, debe ser del 2.0 por ciento del centro de la sección hacia afuera. Cuando existan más de dos carriles por sentido, cada carril adicional irá incrementando su pendiente transversal entre 0.5 y 1.0 por ciento.

Para carreteras con superficie de calidad intermedia, la pendiente desde la cresta de la sección puede variarse entre 1.5 y 3.0 por ciento, en tanto que las carreteras con superficie de rodamiento de baja calidad, el rango de pendiente puede fijarse entre 2.0 y 4.0 por ciento.

### **3.5.3 Hombros**

Los hombros son las franjas de carretera ubicadas contiguas a los carriles de circulación y que, en conjunto con éstos, constituyen la corona o sección comprendida entre los bordes de los taludes. Sus funciones principales son las de proveer espacios para acomodar los vehículos que ocasionalmente sufren desperfectos durante su recorrido, dar estabilidad estructural a los carriles de circulación vehicular por medio del confinamiento, permitir los movimientos peatonales en ciertas áreas donde la demanda lo justifique y proporcionar el espacio lateral libre suficiente para la instalación de las señales verticales de tránsito

La continuidad de los hombros debe ser mantenida a lo largo de la carretera donde la topografía lo permita.

### **3.5.4 Drenaje superficial**

El drenaje superficial debe ser muy efectivo para evacuar rápidamente las aguas superficiales del pavimento y evitar que éstas se infiltren dentro de la estructura del mismo, ocasionándole daños que pueden ser considerables y de efectos inmediatos o a corto plazo. También previenen que el lodo o suciedades de las áreas no pavimentadas de la carretera penetren los lados del carril exterior de circulación.

Los canales de drenaje o cunetas se construyen a los lados de las carreteras para conducir el agua hacia las alcantarillas, cajas o quebradas; así como alejarlas de la carretera en concordancia con la configuración topográfica de su localización.

Si la cuneta pasa de corte a relleno, esta se prolonga a lo largo del pie del relleno, dejando una vereda entre dicho pie y el borde de la cuneta; esto para evitar que se moje el relleno y origine asentamientos diferenciales.

En el caso de la carretera se optó por un diseño simplificado que combina la inclinación extra de los hombros para que puedan trabajar como cunetas en la época de lluvia. Esta elección se tomó ya que no se cuenta con mucho espacio transversal para la construcción de la carretera en muchos tramos.

## **3.6 Alineamiento horizontal**

El alineamiento horizontal es la proyección del centro de la línea de una obra vial sobre un plano horizontal. Sus elementos son tangentes y curvas horizontales. La posición de los puntos y elementos del proyecto geométrico,

tanto en planta como en elevación, está ligada a los datos geodésicos del banco de marca más cercano a la nueva obra.

Las tangentes del alineamiento horizontal tienen longitud y dirección; la longitud es la distancia existente entre el fin de la curva horizontal anterior y el principio de la curva siguiente, la dirección es el rumbo o azimut del caminamiento.

La longitud mínima de una tangente horizontal es aquella que se requiere para cambiar en forma conveniente la curvatura, la pendiente transversal y el ancho de la corona. En teoría, la longitud máxima puede ser indefinida, por ejemplo, en las zonas muy llanas; sin embargo, estas regiones se limitan a 15 km por razones de seguridad, ya que las longitudes mayores causan somnolencia y dañan los ojos de los operadores.

Dos tangentes consecutivas del alineamiento horizontal se cruzan en un punto de inflexión (PI), formando entre sí un ángulo de deflexión ( $\Delta$ ), que está constituido por la continuación de la tangente de entrada hacia delante del PI y la tangente de salida.

### **3.6.1 Curvas horizontales**

En general, para cambiar la dirección de un vehículo de una tangente horizontal a otra se requiere curvas cuya longitud sea proporcional a la variación de la aceleración centrífuga, y con las cuales la misma varíe de cero a un valor máximo hacia el centro y luego disminuya a cero al llegar a la tangente posterior.

Para dar seguridad y economía a la operación del tránsito, se han introducido factores limitantes en los métodos de diseño del alineamiento horizontal, como el radio mínimo de curva o grado máximo de curva, la tasa de sobreelevación máxima o peralte máximo, los factores de fricción y las longitudes de transición mínima cuando se pasa de una tangente a una curva.

El grado de curvatura es el ángulo subtendido por un arco de 20.00 metros. Dado que un ángulo de  $360^\circ$  subtiende un arco de  $2\pi R$ , el ángulo subtendido por un arco de 20.00 metros es:

$$\frac{360}{2 * \pi * R} = \frac{G_c}{20}$$

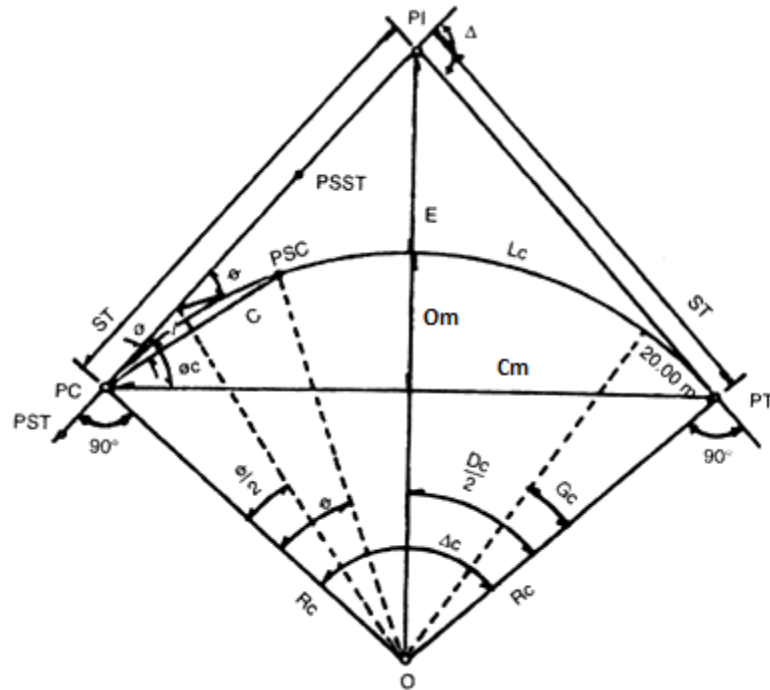
por lo que:

$$G_c = \frac{1145.91}{R}$$

Para cada tipo de camino, velocidad de proyecto y grado de curvatura circular, la norma proporciona estas longitudes en tablas como las que se muestran en la tabla XV.

Para el cálculo de los elementos de la curva en cuestión es necesario tener las distancias entre los PI de localización, los deltas obtenidos y los grados de curvatura (que es colocado por el diseñador en función a la norma).

**Figura 7. Elementos de una curva simple**



Fuente: Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales; SIECA. Pág. 133.

**Longitud de curva (Lc):** es la distancia, persiguiendo la curva, desde el PC hasta el PT; se representa como Lc.

$$\frac{L_c}{2 * \pi * R} = \frac{\Delta}{360} \rightarrow L_c = \frac{2 * \pi * 1145.91 * \Delta}{360 * G_c} \rightarrow L_c = 20 * \frac{\Delta}{G_c}$$

**Sub-tangente (St):** es la distancia entre el PC, el PI y el PT, medida sobre la continuación de las tangentes.

$$S_t = R * \left( \tan \frac{\Delta}{2} \right)$$

**Cuerda máxima (Cm):** es la distancia en línea recta desde el PC al PT.

$$C_m = 2 * R * \left( \sin \frac{\Delta}{2} \right)$$

**External (E):** es la distancia desde el PI al punto medio de la curva.

$$E = R * \frac{1 - \cos \frac{\Delta}{2}}{\cos \frac{\Delta}{2}}$$

**Ordenada media (Om):** es la distancia comprendida entre el punto medio de la curva y el punto medio de la cuerda máxima.

$$O_m = R * \left( 1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right)$$

A continuación se muestra la utilización de estas fórmulas mediante la resolución de un ejemplo, el cual está basado en el cálculo real de un tramo a mejorar por medio del diseño geométrico.

- Curva circular para el  $P_c = 0 + 009.53 \text{ m}$  (principio de curva) y siendo la primera curva del inicio del tramo:

$$\Delta = 84^\circ 55' 32'' - 41^\circ 16' 51'' = 43^\circ 38' 41''$$

$$G_c = \frac{1145.91}{18.00} = 63.662$$

$$L_c = \frac{20.00 \times 43^\circ 38' 41''}{63.662} = 13.71 \text{ m}$$



$$S_t = 18.00 \left[ \tan \left( \frac{43^\circ 38' 41''}{2} \right) \right] = 7.21 \text{ m}$$

$$C_m = 2 \times 18.00 \times \text{sen} \left( \frac{43^\circ 38' 41''}{2} \right) = 13.38 \text{ m}$$

$$O_m = 18.00 \left[ 1 - \cos \left( \frac{43^\circ 38' 41''}{2} \right) \right] = 1.29 \text{ m}$$

$$E = 18.00 \frac{\left[ 1 - \cos \left( \frac{43^\circ 38' 41''}{2} \right) \right]}{\cos \left( \frac{43^\circ 38' 41''}{2} \right)} = 1.39 \text{ m}$$

De este análisis geométrico se obtiene entonces:

$$PC = 0 + 009.53 \text{ m}$$

$$PT = 0 + 009.53 + 13.71 = 0 + 023.24 \text{ m}$$

Valores que se pueden constatar en los planos No. 1 y 2.

### 3.6.2 Peralte

El peralte o sobreelevación,  $e$ , siempre se necesita cuando un vehículo viaja en una curva cerrada a una velocidad determinada, para contrarrestar las fuerzas centrífugas y el efecto adverso de la fricción que se produce entre las llantas y el pavimento.

En curvas con radios de gran amplitud este efecto puede ser desestimado. De acuerdo con la experimentación, se ha demostrado que una tasa de sobreelevación de 0.12 no debe ser excedida. Donde se limite la velocidad permisible por la congestión del tránsito o el extenso desarrollo marginal a lo largo de la carretera, la tasa de sobreelevación no debe exceder

entre 4 y 6 por ciento. Dado que las condiciones meteorológicas y topográficas imponen condiciones particulares en los diseños, se recomienda para diseño los siguientes factores de sobreelevación para diferentes tipos de áreas donde se localicen las carreteras:

**Tabla XIV. Tasa de sobreelevación por tipo de terreno**

<b>Tasa de sobreelevación "e" (%)</b>	<b>Tipo de área</b>
10	Rural montañosa
8	Rural plana
6	Suburbana
4	Urbana

Fuente: Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales, SIECA. Pág. 4-36.

### **3.6.3 Distribución de “e” y “f”**

Los métodos que se utilizan para la distribución de la sobreelevación o peralte (e) y el factor de fricción lateral (f) para contrarrestar la fuerza centrífuga en curvas con una determinada velocidad de diseño, se enumeran a continuación:

1. Existe una relación proporcional directa entre “e” y “f” y el inverso del radio de la curva horizontal.
2. Las fuerzas centrífugas que actúan sobre el vehículo que viaja en curvas a la velocidad de diseño, se contrarrestan en proporción directa al factor de fricción, hasta que éste alcanza su valor máximo. En curvas cerradas el factor de fricción se mantiene a su

máximo y la sobreelevación se aplica en su desarrollo hasta alcanzar el  $e_{\max}$ .

3. Las fuerzas centrífugas se contrarrestan en proporción directa al desarrollo de la sobreelevación hasta alcanzar su máximo, cuando el vehículo viaja en curvas a la velocidad de diseño. En curvas de ángulo pequeño el peralte se mantiene a su máximo y el factor de fricción lateral se incrementa en proporción directa al desarrollo de la curva hasta alcanzar su valor máximo.
4. Método similar al 3, excepto que se basa en la velocidad promedio de ruedo, en lugar de la velocidad de diseño. Es un intento por superar las deficiencias del método 3, introduciendo la sobreelevación antes de que se alcance la velocidad de diseño.
5. Se mantiene una relación curvilínea entre “e” y “f” y el radio de la curva, que asemeja una forma parabólica asimétrica, con valores localizados entre los métodos 1 y 3.

La ecuación típica para determinar el peralte, e, es el siguiente:

$$e=0.007865 \frac{V^2}{R} -f$$

Basándose en la ecuación anterior, la velocidad de diseño de la carretera, el radio de curva usado con dicha velocidad de diseño y el valor típico f a nivel regional de la tabla anterior, se determinan los siguientes peraltes para el diseño de la carretera:

**Tabla XV. Valores máximos típicos para “e” y “f” en distintos países del mundo**

País	e	f	Velocidad de diseño (km/h)	Tipo de carreteras
Gran Bretaña	0.06	0.15	100	Especiales
	0.07	0.10	120	Autopistas
Estados Unidos	0.08	0.14	80	Rurales
	0.12	0.10	110	Rurales
Alemania	0.06	0.04	160	Autopistas - terreno plano
		0.10	100	Autopistas - terreno montañoso
Malasia	0.10	0.15	95	Camino rural
Honduras	0.04	0.18	30	Rurales
	0.10	0.13	100	Autopistas suburbanas
El Salvador	0.40	0.17	30	Urbanas y rurales
	0.10	0.11	110	Autopistas suburbanas y rurales

Fuente: Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales; SIECA. Pág. 4-35.

- Para curvas con radio de 18.00 m,

$$e = 0.007865 \times \frac{20.00^2}{18.00} - 0.17 = 4.78 \times 10^{-3} \approx 0.00 \text{ m}$$

- Para curvas con radio de 30.00 m,

$$e = 0.007865 \times \frac{20.00^2}{30.00} - 0.17 = -0.0651 \text{ m}$$

Por tanto, se determina que no es necesario usar curvas peraltadas por la baja velocidad de diseño.

### **3.6.4 Sobre-anchos en curvas**

Cuando un vehículo circula en curvas del alineamiento horizontal, ocupa un ancho mayor que cuando circula sobre una recta y el conductor experimenta cierta dificultad para mantener su vehículo en el centro del carril por lo que se hace necesario proporcionar un ancho adicional a la corona respecto al ancho en recta.

Para establecer el sobre-ancho en curvas deben tomarse en cuenta las siguientes consideraciones:

1. En curvas circulares sin transición, el sobre-ancho total debe aplicarse en la parte interior de la calzada. El borde externo y la línea central deben mantenerse como arcos concéntricos.
2. Cuando existen curvas de transición, el sobre-ancho se divide igualmente entre el borde interno y externo de la curva, aunque también se puede aplicar totalmente en la parte interna de la calzada. En ambos casos, la marca de la línea central debe colocarse entre los bordes de la sección de la carretera ensanchada.
3. El ancho extra debe efectuarse sobre la longitud total de transición y siempre debe desarrollarse en proporción uniforme, nunca abruptamente para asegurarse que todo el ancho de los carriles modificados sean efectivamente utilizados. Los cambios en el ancho normalmente pueden efectuarse en longitudes comprendidas entre 30 y 60 m.
4. Los bordes del pavimento siempre deben tener un desarrollo suave y curvado atractivamente, para inducir su uso por el conductor.

5. Los sobre-anchos deben llevar controles minuciosos durante el proceso de construcción de la carretera, o alternativamente, dejar los detalles finales al Ingeniero residente de campo.

Una de las expresiones empíricas más utilizadas para calcular el sobre-ancho en las curvas horizontales es la siguiente:

$$S = n \left( R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + 0.10 \frac{V}{\sqrt{R}}$$

donde:

- S : Valor sobre-ancho, en metros;  
n : Número de carriles de la superficie de rodamiento;  
L : Longitud entre el eje frontal y el eje posterior del vehículo de diseño, en metros;  
R : Radio de curvatura, en metros;  
V : Velocidad de diseño de la carretera, kilómetros por hora.

En la selección del sobre-ancho en curvas se debe tomar en consideración lo siguiente:

- Sobre-anchos menores de 0.60 m. no son necesarios en las curvas.
- Los sobre-anchos calculados se muestran en la tabla XVI. son para carreteras de dos carriles
- En carreteras de tres carriles los sobre-anchos mostrados en la tabla anterior deben multiplicarse por un factor de 1.5 y en carreteras de cuatro carriles multiplicar las cifras por 2.
- La longitud L de la fórmula es igual a 8.00 m. (algunos países toman 7.30, distancia entre ejes promedio de un camión C2).

- Los sobre-anchos calculados por esta fórmula arrojan valores mayores que los de las tablas de la A.A.S.H.T.O., mostrados en la tabla siguiente, por lo que deben tomarse como provisto de un margen de seguridad.
- Para caminos con un ancho de 5.50 metros donde se espera bajo volumen de tránsito puede considerarse que el sobre-ancho sea 0.00 m.

**Tabla XVI. Sobre-ancho en curvas de carreteras de dos carriles**

Ancho Calzada	7.2 metros							6.6 metros							6.0 metros							
Radio de Curva (m)	Velocidad de diseño (Km/h)							Velocidad de diseño (Km/h)							Velocidad de diseño (Km/h)							
	50	60	70	80	90	100	110	50	60	70	80	90	100	110	50	60	70	80	90	100	110	
1500	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6	
1000	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	
750	0	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	
500	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	
400	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5		0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1			
300	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5			0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	1.1						
250	0.4	0.5	0.5	0.6				0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.1	1.1	1.2							
200	0.6	0.7	0.8					0.9	1.0	1.1				1.2	1.3	1.3	1.4					
150	0.7	0.8						1.0	1.1					1.3	1.4							
140	0.7	0.8						1.0	1.1					1.3	1.4							
130	0.7	0.8						1.0	1.1					1.3	1.4							
120	0.7	0.8						1.0	1.1					1.3	1.4							
110	0.7							1.0						1.3								
100	0.8							1.1						1.4								
90	0.8							1.1						1.4								
80	1							1.3						1.6								
70	1.1							1.4						1.7								

Fuente: A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 1994, pág. 217.

Utilizando la ecuación del sobre-ancho se tiene que:

$$S = 2 - \left( 18.00 - \sqrt{18.00^2 - 8.00^2} \right) + 0.10 \frac{20.00}{\sqrt{18.00}} = 4.22 \text{ m}$$

$$S = 2 - \left( 30.00 - \sqrt{30.00^2 - 8.00^2} \right) + 0.10 \frac{20.00}{\sqrt{30.00}} = 2.54 \text{ m}$$

Se puede observar como al incrementar el radio de curva, el sobre-ancho disminuye; aun así, tomando en cuenta las consideraciones ancho de carretera y el bajo volumen de tránsito, se determinó innecesaria la colocación de sobre-ancho en el diseño.

### **3.7 Alineamiento vertical**

El alineamiento vertical es la proyección del desarrollo del centro de línea de una vía terrestre sobre un plano vertical; sus elementos son las tangentes verticales y las curvas verticales

Las tangentes verticales están definidas por su longitud y su pendiente (la longitud de cualquier tramo del proyecto geométrico es la distancia horizontal entre sus extremos). La prolongación hacia delante de una tangente y la prolongación hacia atrás de la tangente siguiente se cortan en un punto de inflexión vertical (PIV), cuyos elementos son cadenamiento y elevación.

#### **3.7.1 Curvas verticales**

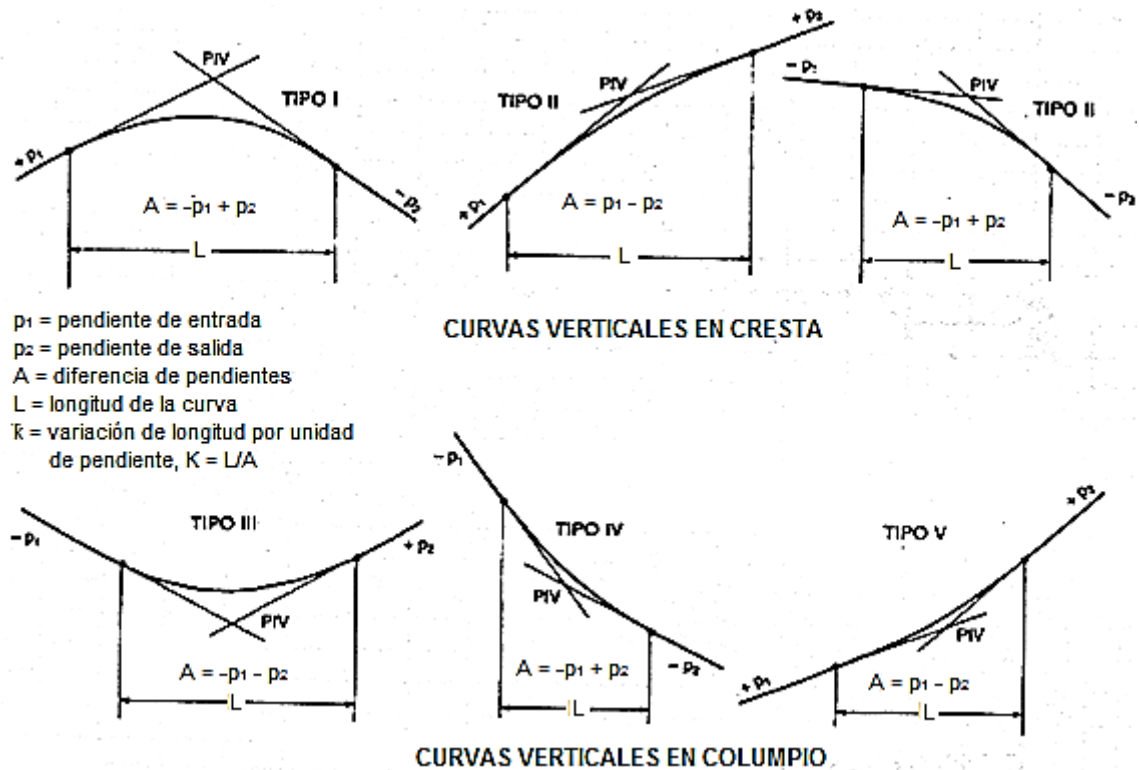
El paso de una tangente vertical a otra se realiza por medio de las curvas verticales, cuya característica principal es que la componente horizontal de la velocidad de los vehículos es constante a través de ella.

La curva que cumple con esta peculiaridad es la parábola; para esta hay dos tipos de curvas:

1. Convexa (cresta)
2. Cóncava (columpio)



**Figura 8. Forma de curvas verticales y sus elementos**

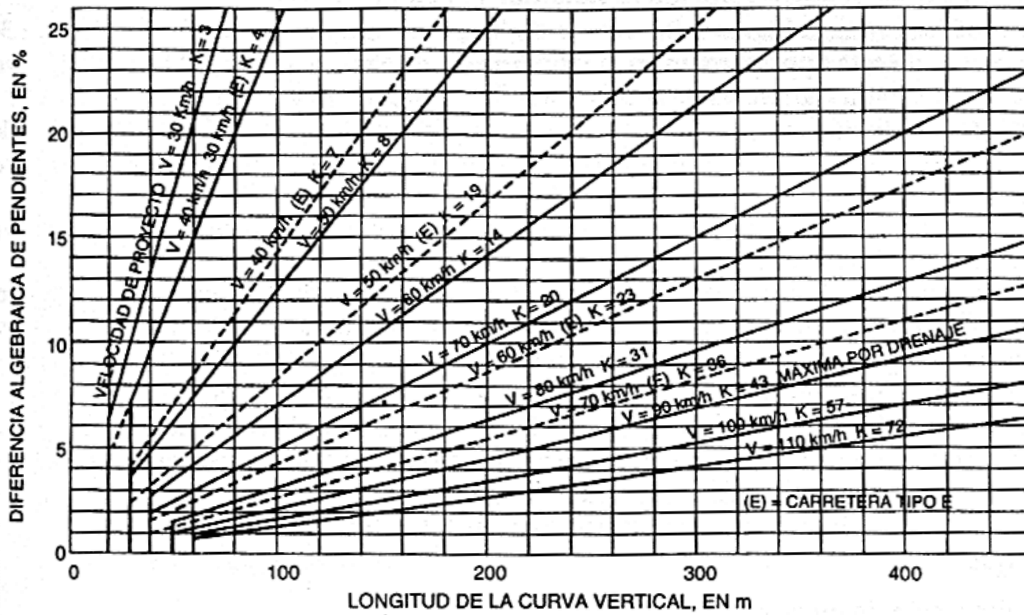


Fuete: Norma para el diseño geométrico de las carreteras regionales; SIECA. Pág. 29.

La longitud de las curvas verticales debe garantizar el drenaje, tener buena apariencia y proporcionar comodidad al usuario; además en diseño de carreteras para áreas rurales, se ha normalizado entre los diseños usar como longitud mínima de curva vertical la que sea igual a la velocidad de diseño. Esto ha de reducir considerablemente los costos del proyecto, ya que curvas amplias repercuten en grandes movimientos de tierra.

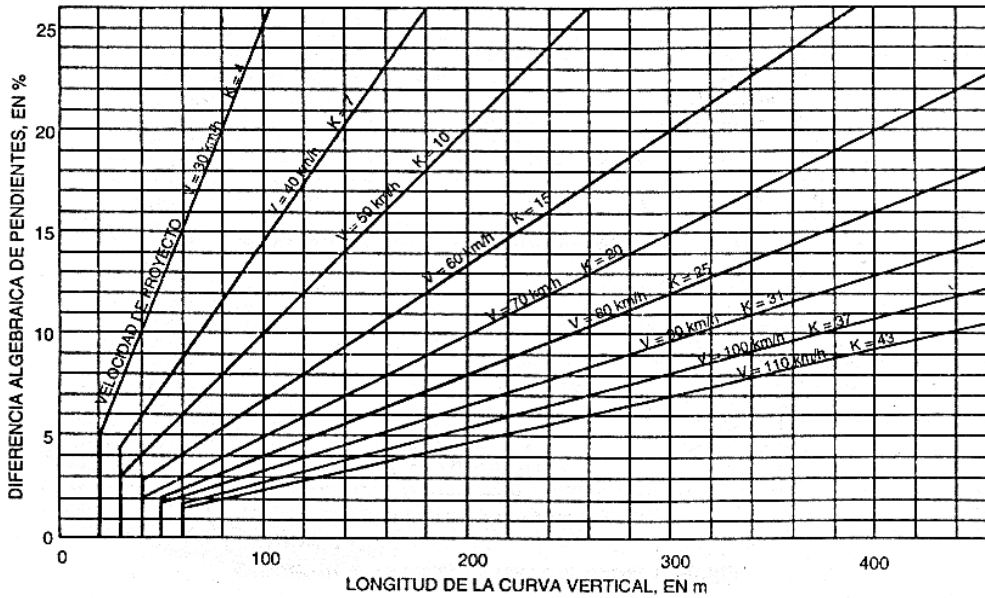
Para realizar el cálculo de las longitudes de curva vertical, el Manual Centroamericano de Normas para diseño Geométrico de Carreteras Regionales proporciona las siguientes gráficas, que de manera sencilla devuelven las longitudes en metros de las curvas en cuestión, tanto para curvas cóncavas como convexas.

**Figura 9. Gráfica para el cálculo de longitud mínima de curva vertical convexa**



Fuente: Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales; SIECA. Pág. 29.

**Figura 10. Gráfica para el cálculo de longitud mínima de curva vertical cóncava**



Fuente: Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales; SIECA. Pág. 30.

La otra forma de calcular la longitud mínima de una curva vertical es mediante su parámetro de curvatura K, que equivale a la longitud de la curva en el plano horizontal, en metro, para cada 1% de variación en la pendiente, así:

$$LCV = k \times A$$

donde:

- LCV : longitud de curva vertical;
- k : longitud de la curva vertical en el plano horizontal;
- A : diferencia de pendientes, en porcentaje.

Los valores de k se han recopilado en la tabla XVII.

**Tabla XVII. Valores de k para curvas cóncavas y convexas**

Velocidad de diseño (Km/h)	Valor de k (cóncava)	Valor de k (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

Fuente: Curso de Vías Terrestres 1, USAC.

A continuación se muestra la utilización de la ecuación mediante la resolución de un ejemplo, el cual está basado en el cálculo real de una curva vertical del tramo a mejorar por medio del diseño geométrico.

$$LCV = 1 \times (10.439 - 2.661) = 7.778 \text{ m}$$

Se optó por dejar una longitud de curva de 20.00 para que se acomodara mejor a la topografía existente; por tanto:

$$k = \frac{20.00}{10.439 - 2.661} = 2.5714$$

Valores que se pueden constatar en el plano No. 2.

### **3.8 Estudios de suelos**

Los ensayos correspondientes de mecánica de suelos han sido llevados a cabo por el autor, con la supervisión del ingeniero jefe de la sección de mecánica de suelos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, y todos ellos se han llevado a cabo bajo normas de ensayos especificados en base a A.A.S.H.T.O.

#### **3.8.1 Ensayo Proctor Modificado**

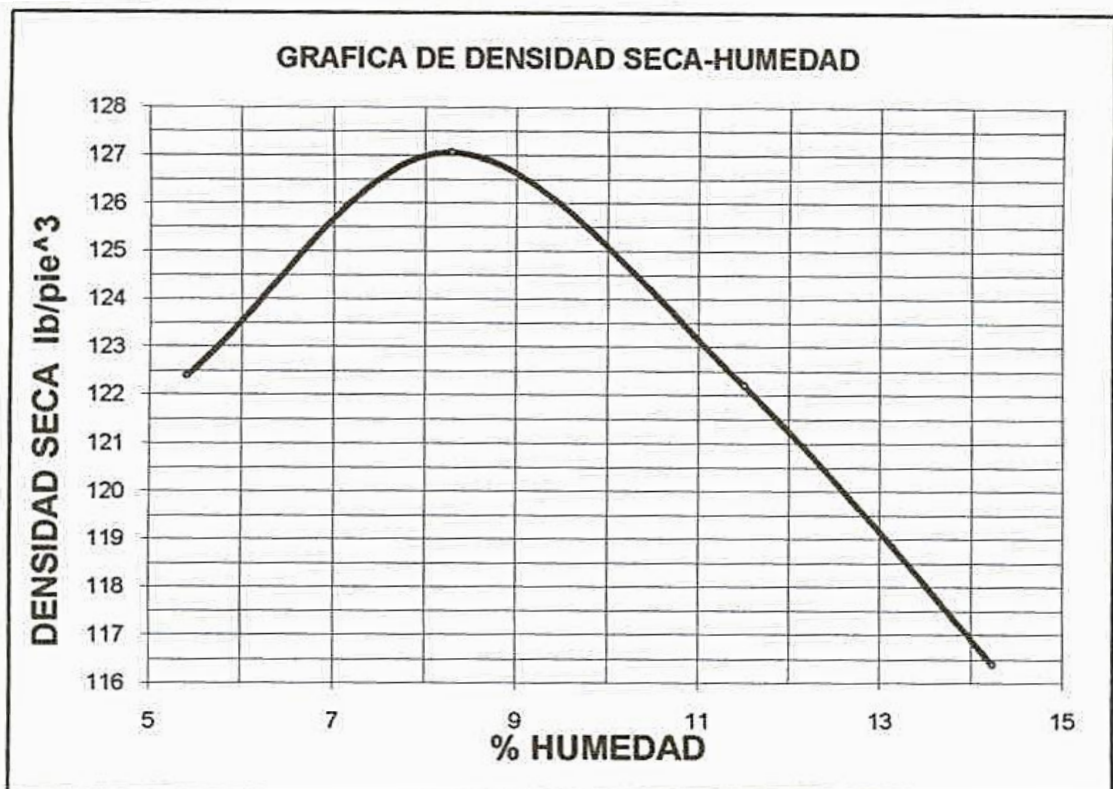
Se entiende por compactación de suelos al mejoramiento artificial de sus propiedades mecánicas por medios mecánicos. La importancia de la compactación de los suelos estriba en el aumento de resistencia y disminución de capacidad de deformación que se obtienen al sujetar el suelo a técnicas convenientes que aumenten su peso específico seco, disminuyendo sus vacíos.

Para determinar la densidad máxima, se hace por el método Proctor, que consiste en la determinación del peso por unidad de volumen de un suelo que ha sido compactado por un procedimiento definido para diferentes contenidos de humedad se emplea el ensayo Proctor Modificado (A.A.S.H.T.O. T-180).

De acuerdo con los ensayos realizados por el autor se llegó a los siguientes valores:

- $\gamma_{max} = 2083 \frac{Kg}{m^3} = 127.2 \frac{lb}{pie^3}$ ;
- $H_{\text{óptima}} = 8.3\%$ ;
- Descripción del suelo: arena limosa con grava color café.

**Figura 11. Gráfica de compactación Proctor Modificado**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. Informe 305 S.S.

### 3.8.2 Ensayo C.B.R.

El ensayo valor relativo de soporte del suelo California (por sus siglas en inglés) es un valor para determinar la resistencia al esfuerzo penetrante en

condiciones establecidas de compactación y humedad óptima. Este valor se expresa en porcentaje de carga requerida para producir la misma penetración en una muestra estándar de piedra triturada. Para llevarlo a cabo, es importante conocer la humedad óptima y actual de la muestra. Se ha de contar también con cilindros normados que se rellenan con la muestra (cinco capas) para 10, 30 y 65 golpes de compactación.

Para cada cilindro se obtiene el porcentaje de compactación, expansión y C.B.R. El procedimiento de ensayo se rige por la norma A.A.S.H.T.O. T-193 y el resultado se muestra con una gráfica C.B.R. vs. porcentaje de compactación.

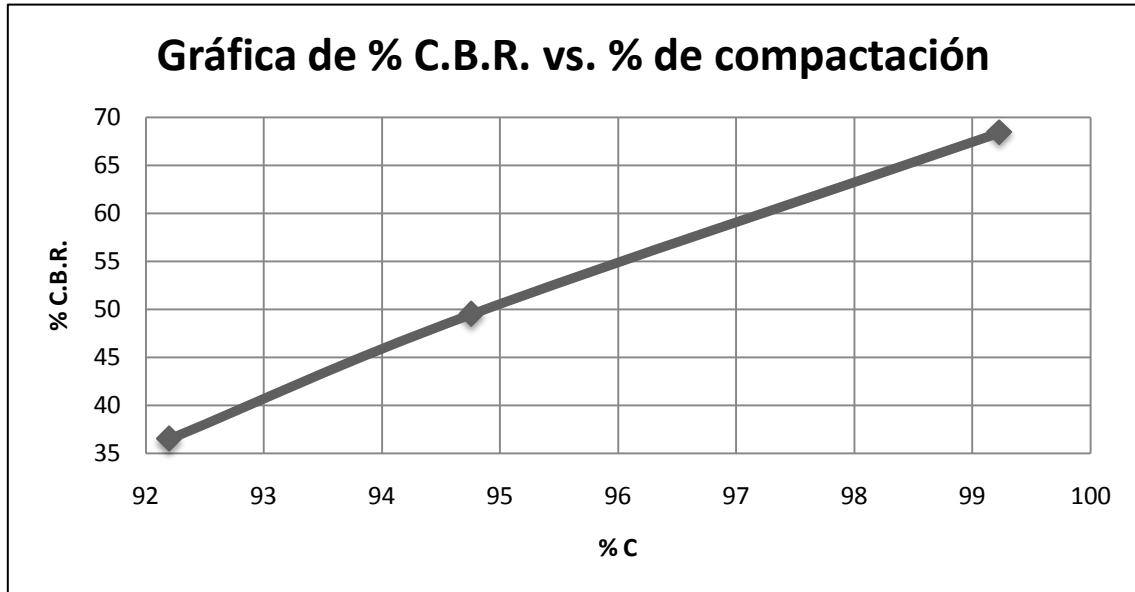
**Tabla XVIII. Datos tabulados del ensayo C.B.R.**

<b>Probeta No.</b>	<b>Golpes No.</b>	<b>A la compactación H (%)</b>	<b>C yd (lb/pie<sup>3</sup>)</b>	<b>Expansión (%)</b>	<b>C.B.R. (%)</b>
1	10	8.5	92.2	0.83	36.5
2	30	8.5	94.76	0.46	49.5
3	65	8.5	99.23	0.59	68.4

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. Informe 306 S.S.

El método de C.B.R. para propuesta de diseño de pavimento es uno de los más utilizados, su base principal es que a menor valor de C.B.R. de la subrasante, es necesario colocar mayores espesores en la estructura de pavimento para darle protección de las cargas de tránsito que lo frecuentarán.

Figura 12. Gráfica C.B.R. vs. compactación



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. Informe 306 S.S.

Tabla XIX. Resistencia del suelo en relación de distintos porcentajes de C.B.R.

Resistencia requerida		
% C.B.R.	Clasificación	Utilización en obra
0-3	Muy pobre	Sub-rasante
4-7	Pobre a regular	Sub-rasante
8-20	Regular	Sub-base
21-50	Bueno	Sub-base, base
51 o mas	Excelente	Base

Fuente: Principios de diseño de pavimentos, Wiley, Jhon y Sons, Capítulo 14, 1959.

Finalmente, el valor de C.B.R. es el que determinará la propuesta de espesor de capa del pavimento. Este valor se convierte en el módulo de valor de soporte del suelo (análogo al método A.A.S.H.T.O. para el diseño de pavimentos flexibles).

### 3.8.3 Granulometría

Un análisis granulométrico por mallas se efectúa tomando una cantidad medida de suelo seco, bien pulverizado y pasándolo a través de una pila de mallas de abertura cada vez más pequeña y con una charola en el fondo. Se mide la cantidad de suelo retenido en cada malla y se determina el porcentaje acumulado de suelo que pasa a través de cada una.

El porcentaje que pasa cada tamiz se grafica sobre papel semilogarítmico, ubicando en la escala logarítmica el diámetro del grano  $D$  y el porcentaje que pasa cada malla sobre la escala aritmética. Se unen todos los puntos y se obtiene la curva granulométrica, a partir de la cual, se determinan el coeficiente de uniformidad y el coeficiente de graduación. Estos coeficientes son:

$$C_U = \frac{D_{60}}{D_{10}} \qquad C_c = \frac{D_{30}^2}{(D_{60})(D_{10})}$$

donde:

- $C_U$  : coeficiente de uniformidad;
- $C_c$  : coeficiente de graduación;
- $D_{60}$  : diámetro máximo del 60%;
- $D_{30}$  : diámetro máximo del 30%;
- $D_{10}$  : diámetro máximo del 10%.

A la muestra obtenida se le realizó un análisis granulométrico por mallas siguiendo las normas AASHTO T-27 y T-11, efectuando un lavado previo. Obteniendo los siguientes porcentajes:



**Tabla XXI. Tabulación de datos obtenidos por ensayo de análisis de distribución granulométrica**

<b>Análisis con tamices</b>		
<b>Tamiz</b>	<b>Abertura (mm)</b>	<b>% que pasa</b>
2"	50.80	100.00
3/4"	19.00	97.57
4	4.76	79.29
10	2.00	59.52
40	0.42	36.99
200	0.074	15.26

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. Informe No. 307 S.S.

**Tabla XXI. Tabulación de los porcentajes según la clasificación del suelo**

<b>Tipo de suelo</b>	<b>Porcentajes (%)</b>
Grava	20.71
Arena	64.03
Finos	15.26

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. Informe No. 0417 S.S.

El suelo analizado puede describirse como una arena limosa con grava color café y ser clasificada por el S.C.U. como SM y por el P.R.A. como A-2-4.

### **3.8.4 Límites de Atterberg**

Los límites de Atterberg son un parámetro para determinar, a partir de su contenido de humedad, las propiedades plásticas de suelos arcillosos o limosos. Juárez Badillo (2003) define estos límites, llamados también de consistencia, como las fronteras convencionales entre los diferentes estados del suelo.

El límite líquido (LL) es el porcentaje de contenido de agua con el que un suelo cambia de un estado líquido a un estado plástico. En el laboratorio, éste se determina por medio de la copa de Casagrande (Designación de Prueba D-4318 de la ASTM), y se define como el contenido de agua con el cual se obtiene un cierre en la ranura de 12.7 mm (1/2 pulgada) al aplicar 25 golpes.

El límite plástico (LP) es el porcentaje de contenido de agua con el que un suelo cambia de estado plástico a estado semisólido. Éste se determina moldeando un rollito de 3.18 mm (1/8 pulgada) de diámetro, y es el contenido de agua con el que dicho rollito se desmorona (Prueba D-4318 de la ASTM).

La diferencia entre los valores de los límites descritos anteriormente, se conoce como índice plástico (IP).

El ensayo de la muestra obtenida se realizó según las normas AASHTO T-89 Y T-90, obteniendo los resultados mostrados en la tabla XXIII.

**Tabla XXII. Resultados de ensayo de límites de Atterberg**

Ensayo No.	Muestra No.	L.L. (%)	I.P. (%)	C.S.U.	Descripción del suelo
1	1	27.8	6.55	S.M.	Arena limosa con grava color café

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. Informe No. 0418 S.S.

### 3.9 Ensayo de suelos

La clasificación del suelo (de acuerdo a los ensayos de la muestra de suelo realizados) es de suma importancia para el proyecto en cuestión pues ahora ya se tiene el comportamiento del suelo como un dato confiable.

Para esta clase de proyectos se deben tomar algunas consideraciones de diseño; esto con el fin de obtener un producto fuerte y durable.

Para el diseño de pavimentos rígidos se utiliza el método simplificado propuesto por la Asociación del Cemento Portland (P.C.A. por sus iniciales en inglés) donde se cuenta con tablas de datos tabulados para distribuciones de carga-eje en función de diferentes categorías de tránsito esperado para tramos. Estas tablas se formularon para un período de diseño de 20 años y tienen un factor de seguridad de 1, 1.1 y 1.3 para las categorías 1, 2, 3 y 4 respectivamente.

**Tabla XXIII. Clasificación de vehículos según categoría de cargas por eje**

Clasificación de vehículos según su categoría de cargas por eje						
Categoría	Descripción	Tráfico			Máxima carga por eje, KIPS	
		TPD	%	TPDA por día	Sencillo	Tandem
1	Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (bajo a Medio).	200 a 800	1 A 3	arriba de 25	22	36
2	Calles colectoras, carreteras rurales y secundarias (altas), carreteras primarias y calles arteriales (bajo)	700 a 5000	5 A 10	40 a 1000	26	44
3	Calles arteriales y carreteras primarias supercarreteras interestatales urbanas y rurales (bajo a medio)	3000 a 12000 - 2 carriles 3000 a 5000 - 4 carriles	8 A 30	500 a 5000	30	52
4	Calles arteriales, carreteras primarias, supercarreteras (altas) interestatales urbanas y rurales (medio a alto)	3000 a 20000 - 2 carriles 3000 a 15000 - 4 carriles	8 A 30	1500 a 8000	34	60

Fuente: Comportamiento de esfuerzos en caminos de concreto, Westergaurd H. N. Pág. 48.

Si el período de diseño excediera a los 20 años propuestos, entonces se multiplica el TPDA por un factor; por ejemplo si se proponen 30 años, el factor será 30/20.

Es importante hacer mención que el éxito de un diseño de pavimento rígido se basa en un buen estudio de la mecánica de suelos en el lugar; pues esto devuelve valores reales del lugar y finaliza en la capacidad de cuantificar esfuerzos últimos del suelo, lo que optimiza el espesor de la carpeta de rodadura; que es la capa sobre la cual se aplican directamente las cargas del tránsito.

Para este caso en particular, se toma la categoría “1” del P.C.A., que es semejante a la categoría “F” regional, que cumple con cada uno de los requisitos reales del tramo en cuestión.

### **3.10 Movimiento de tierras**

El movimiento de tierras es la utilización o disposición de lo extraído en los cortes en la cantidad que pueden ser reutilizables, por ejemplo en la construcción de terraplenes; además se incluyen los materiales de préstamo o desperdicio que sean aptos para la conformación, compactación y el terminado del trabajo de terracería.

Se debe tomar en cuenta, que el movimiento de tierras se encuentra enlazado directamente con el diseño de subrasante de la carretera, incidiendo así, en el costo de la misma. Por lo tanto, el movimiento de tierras deberá ser el más factible, desde el punto de vista económico, dependiendo de los requerimientos que el tipo de camino necesite.

En la mayoría de los casos, el criterio técnico y el económico se encuentran en contradicción, pero en el caso presente, que se trata de un camino rural, ambos deben contribuir a la obtención del mejoramiento de la carretera que sea transitable en toda época del año, el cual será el objetivo que predominara sobre los anteriores.

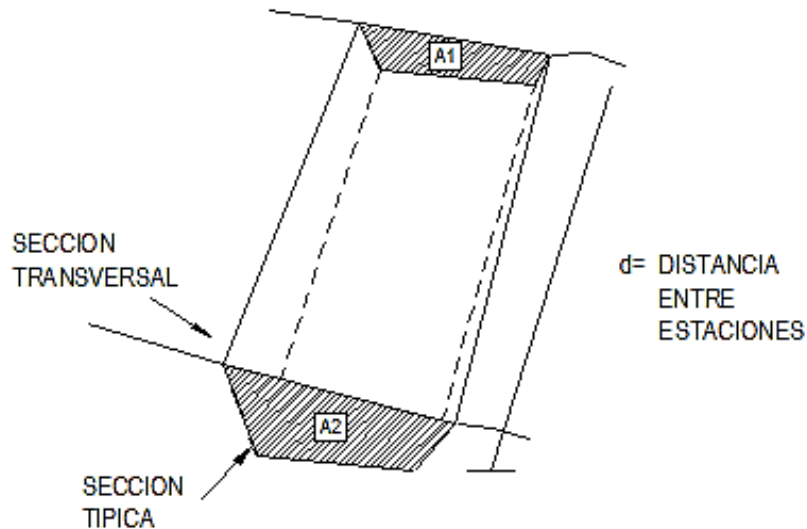
### **3.10.1 Volúmenes de tierra**

Para cada sección de construcción se miden o se calculan las áreas de corte y relleno. Posteriormente, se calculan los volúmenes de corte y relleno entre dos secciones consecutivas, multiplicando el promedio de las áreas por la distancia entre las secciones; considerando los volúmenes de corte como positivos y los de relleno como negativos.

Como los materiales en corte no tienen el mismo peso volumétrico que tendrán en los rellenos, no pueden compararse con validez, y por ello los ingenieros en geotécnica calculan un factor de variación volumétrica para los diferentes materiales. Este factor consiste en la relación del peso volumétrico de un mismo material en el corte y el relleno.

Los volúmenes de corte ya calculados se multiplican por el factor de variación volumétrica, con lo que adquieren características volumétricas semejantes, realizando operaciones de suma o resta entre ellos.

**Figura 13. Representación geométrica para el cálculo de volúmenes de movimiento de tierras**



$$Vol = \frac{A_1 + A_2}{2} \times d$$

donde:

- $A_1$  : área de la estación inicial;
- $A_2$  : área de la estación final;
- $d$  : distancia entre estaciones.

Cuando exista en una sección transversal área de corte y en la próxima estación exista área de relleno, o inversamente, es necesario, antes de calcular los volúmenes, determinar las distancias de paso.

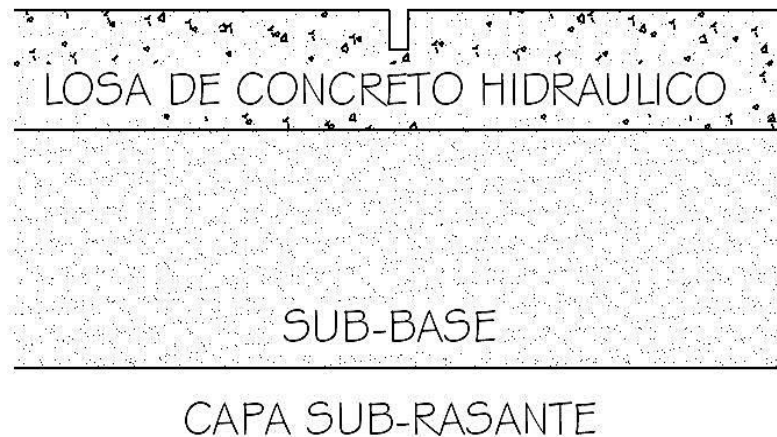
La distancia de paso es la distancia comprendida entre la primera sección transversal y el punto donde teóricamente el área cambia de corte a relleno o viceversa. El cálculo de volúmenes en los casos en que exista distancia de paso, estará dado por el producto de la mitad del área por la distancia de paso.

El cálculo del movimiento de tierras se realiza después de que se tiene la subrasante final, ya que ésta determinará la cantidad de material que se moverá. Para el presente proyecto, los cálculos se llevaron a cabo con el uso del programa AutoCAD Civil 3D Land Desktop 2009 ®.

### 3.11 Carpeta de rodadura

Esta capa se coloca encima de la sub-base (esto por considerar para este caso pavimento rígido) y es una losa de concreto hidráulico tipo I y II según A.A.S.H.T.O. M 85-63; esta capa ha de proteger a las capas inferiores de los efectos del clima y además resiste con un ligero desgaste los esfuerzos producidos por el tránsito diario.

**Figura 14. Esquema de las capas que forman un pavimento rígido construido sobre la capa sub-rasante**



#### 3.11.1 Módulo de reacción de sub-rasante (K)

Este módulo es realmente una propiedad de apoyo que se ofrece al tránsito; está definida como la pendiente o razón de cambio de la gráfica carga-

deformación obtenida insitu por el ensayo de disco normado por ASTM D-1196 y su resultado se expresa en carga contra volumen ( $\text{kg}/\text{cm}^3$  ó  $\text{lb}/\text{pulg}^3$ ).

Este valor es función de la clasificación de suelo, realizada por granulometría y límites de consistencia, o de su valor de C.B.R. Utilizando cualquier criterio se obtiene un valor ambiguo, por lo que “K” no será muy exacto; esto no repercute de forma apreciable en los requerimientos del espesor de la carpeta de rodadura.

El criterio para obtener el valor de “K” será por medio de la clasificación del suelo, que ha sido “arena limosa con grava color café”; seleccionando un valor K de:

$$K = 160 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^3}$$

**Tabla XXIV. Valores de “K” según la clasificación del suelo**

TIPO DE SUELO	SOPORTE	Rango de valores de K en $\text{lb}/\text{pulg}^3$
Suelos de grano fino en el cual el tamaño de partículas de limo y arcilla predominan	Bajo	75 – 120
Arenas y mezclas de arenas con grava, con una cantidad considerable de limo arcilla	Mediano	130 – 170
Arenas y mezclas de arenas con grava, relativamente libre de finos	Alto	180 – 220
Sub-base Iralada con cementos	Muy alto	250 – 400

Fuente: Comportamiento de esfuerzos en caminos de concreto, Westergaurd H. N. Pág. 49.



### 3.11.2 Módulo de ruptura del concreto (Mr)

Debido al paso de vehículos sobre la carpeta de rodadura produce esfuerzos combinados de flexión y compresión; la compresión es mínima por lo que, por criterio, se desprecia en el diseño.

En cuanto a los esfuerzos flexionantes, estos son de gran magnitud y, por lo tanto, sus valores se usan para el diseño del espesor del pavimento rígido. La fuerza de flexión se determina por el módulo de ruptura del concreto “Mr”, el cual, por definición, es el esfuerzo máximo de tensión en la fibra extrema de una viga prismática de concreto.

Esta resistencia es sumamente baja y de determinación ambigua pues existen concentraciones de esfuerzo cuando se trata de dar agarre al elemento en su ensayo; sin embargo, una buena aproximación se da por el método de ensayo de “hendido” donde la tensión máxima probable del concreto se sitúa entre el 10 y 20% de la resistencia a la compresión del elemento.

Como una propuesta real, se da un  $f'c = 4000$  psi y un 14% de la compresión para determinar la tensión máxima probable; por lo que:

$$Mr = 560 \frac{lb}{pulg^2}$$

### 3.11.3 Diseño de espesor de pavimento

Teniendo en cuenta la clasificación de carga por eje, la integración de bordillo (cuneta) para encausar la precipitación de agua pluvial, el módulo de

reacción “K” de la sub-rasante como un valor de soporte medio y el módulo de ruptura del concreto  $M_r = 560$  psi; es posible dar el espesor de la carpeta por medio de la tabla XXV.

**Tabla XXV. Espesor óptimo de carpeta de rodadura en función de  $M_r$  y K**

SIN HOMBROS DE CONCRETO O BORDILLO				CON HOMBROS DE CONCRETO O BORDILLO			
ESPESOR DE LCSA PLG	SOPORTE DE SUBRASANTE Y SUB-BASE			ESPESOR DE LCSA PLG.	SOPORTE DE SUBRASANTE Y SUB-BASE		
	BAJO	MEDIO	ALTO		BAJO	MEDIO	ALTO
<b>MR = 650 PSI</b>							
4.5			0.1	4 4.5	2	0.2 8	0.9 25
5 5.5	0.1 3	0.8 15	3 45	5 5.5	30 320	130	330
6 6.5	40 330	160	430				
<b>MR = 600 PSI</b>							
5 5.5	0.5	0.1 3	0.4 9	4 4.5	0.2	1	0.1 5
6 6.5	8 76	36 300	98 760	5 5.5	6 13	27 290	75 730
7 7.5	520			6	610		
<b>MR = 550 PSI</b>							
5.5	0.1	0.3	1	4.5		0.2	0.6
6 6.5	1 13	0 60	10 160	5 5.5	0.8 13	4 57	10 150
7 7.5	110 620	40		6	130	480	

Fuente: Comportamiento de esfuerzos en caminos de concreto, Westergaurd H. N. Pág. 51.

La forma de utilizar la tabla XXV es la siguiente:

1. Ubicarse en la mitad derecha de la misma, pues se contempla la implementación de hombros con cuneta.

2. Buscar la casilla correspondiente para el  $M_r = 560$  psi (el próximo es 550 psi).
3. Ahora, como el C.B.R. obtenido en los ensayos de suelos está en el rango de 35-70, ubicarse en la tercera fila de  $M_r = 550$  psi.

Con ello, el valor propuesto para el espesor de losa será 5.50 pulgadas o 14.00 cm (se redondea a 15.00 cm).

Las tablas propuestas por el método ya contemplan la fatiga y erosión del suelo; la fatiga se toma en cuenta para mantener dentro de los límites de seguridad los esfuerzos debidos a las cargas cíclicas del tráfico. El contemplar los valores de la erosión posible del suelo se usan, pues limitan los efectos de las deflexiones del pavimento en los bordes.

Haciendo referencia a la capa base del pavimento, el método simplificado de P.C.A. da mayor importancia a la uniformidad del apoyo que al grado de resistencia del suelo; el método considera que la losa de concreto hidráulico tiene una capacidad óptima de distribución de la carga impuesta por el tráfico; además con frecuencia los materiales que forman parte de la sub-rasante presentan características favorables, las que pueden sustituir las funciones de la base.

### **3.12 Elaboración de planos**

El diseño de los planos debe cumplir con todos requisitos de diseño geométrico y estructural mencionados anteriormente, además de contar con detalles constructivos y especificaciones técnicas específicas para el proyecto.

Los planos se encuentran en el apéndice de este trabajo.

### **3.13 Elaboración de presupuesto**

Para la integración del presupuesto del proyecto, se consideraron los siguientes aspectos:

1. Materiales empleados: para esto se tomó como base los precios que se manejan el municipio de Chiquimula.
2. Mano de obra: para este renglón de trabajo se consideró mano de obra calificada como no calificada, aplicando un promedio ponderado de los salarios que se devengan en la región.
3. Costo indirecto: es la suma total de todos los gastos técnico-administrativos.
4. Imprevistos: este renglón de trabajo se tomó por las posibles variaciones de los precios de los materiales a emplear, atrasos por las inclemencias del tiempo y otros.

## Tabla XXVI. Presupuesto del mejoramiento y pavimentación del tramo carretero que conduce a la aldea Shusho Arriba

MUNICIPALIDAD DE CHIQUIMULA



ADMINISTRACIÓN 2,008 - 2,012

Oficina Municipal de Planificación, O.M.P.

<b>Proyecto:</b>	<b>Mejoramiento y pavimentación</b>
<b>Ubicación:</b>	<b>Tramo carretero entre Shusho En Medio y Shusho Arriba, Chiquimula</b>
<b>Fecha:</b>	<b>Febrero 2010</b>

NO.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				
1.1	Bodega	50.00	m <sup>2</sup>	Q 245.00	Q 12,250.00
1.2	Replanteo topográfico	4,744.14	ml	Q 17.00	Q 80,650.38
1.3	Limpieza general	4,744.14	ml	Q 3.00	Q 14,232.42
	<b>Total del renglón:</b>			<b>Q</b>	<b>107,132.80</b>
2	<b>MOVIMIENTO DE TIERRA</b>				
2.1	Corte	20,489.83	m <sup>3</sup>	Q 53.48	Q 1,095,796.11
2.2	Relleno	3,823.46	m <sup>3</sup>	Q 508.01	Q 1,942,355.91
	<b>Total del renglón:</b>			<b>Q</b>	<b>3,038,152.02</b>
3	<b>SUB-BASE</b>				
3.1	Conformación de la sub-base	23,720.70	m <sup>2</sup>	Q 56.84	Q 1,348,284.59
	<b>Total del renglón:</b>			<b>Q</b>	<b>1,348,284.59</b>
4	<b>CARPETA DE RODADURA</b>				
4.1	Colocación de concreto	23,720.70	m <sup>2</sup>	Q 191.39	Q 4,539,904.77
4.2	Curado	23,720.70	m <sup>2</sup>	Q 13.55	Q 321,415.49
	<b>Total del renglón:</b>			<b>Q</b>	<b>4,861,320.26</b>
5	<b>CUNETA</b>				
5.1	Fundición de cunetas	9,488.28	ml	Q 17.42	Q 165,285.84
	<b>Total del renglón:</b>			<b>Q</b>	<b>165,285.84</b>
6	<b>DRENAJE TRANSVERSAL</b>				
6.1	Drenaje transversal	9.00	Unidad	Q 6,495.63	Q 58,460.67
	<b>Total del renglón:</b>			<b>Q</b>	<b>58,460.67</b>
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>					<b>Q 9,578,636.18</b>

Este presupuesto se realizó con los precios vigentes en las últimas dos semanas del mes de febrero de 2010, con una tasa de cambio de Q 8.05 por

US\$ 1.00 (según Banrural para el 22 de febrero), por lo que el costo directo equivalente en dólares del proyecto es: US\$ 1,189,892.69 (un millón ciento ochenta y nueve mil ochocientos noventa y dos dólares con sesenta y nueve centavos).

### 3.14 Cronograma de ejecución

A continuación se presenta el cronograma de ejecución propuesto para este proyecto:

**Tabla XXVIII. Cronograma de ejecución físico-financiero del mejoramiento y pavimentación del tramo carretero que conduce a la aldea Shusho Arriba**

Proyecto:	PAVIMENTACIÓN
Ubicación:	Tramo carretero entre Shusho En Medio y Shusho Arriba, Chiquimula
Fecha:	Febrero 2010

#### CRONOGRAMA

NO.	Cronograma de Ejecución Físico-Financiero									COSTO	%
	DESCRIPCIÓN	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7			
1	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>										
1.1	Bodega	■								Q 12,250.00	0.13
1.2	Replanteo topográfico	■	■							Q 80,650.38	0.84
1.3	Limpieza general	■	■							Q 14,232.42	0.15
2	<b>MOVIMIENTO DE TIERRA</b>										
2.1	Corte		■	■	■	■	■	■	■	Q 1,095,796.11	11.44
2.2	Relleno		■	■	■	■	■	■	■	Q 1,942,355.91	20.28
3	<b>SUB-BASE</b>										
3.1	Conformación de la sub-base			■	■	■	■	■	■	Q 1,348,284.59	14.08
4	<b>CARPETA DE RODADURA</b>										
4.1	Colocación de concreto			■	■	■	■	■	■	Q 4,539,904.77	47.4
4.2	Curado			■	■	■	■	■	■	Q 321,415.49	3.35
5	<b>CUNETA</b>										
5.1	Fundición de cunetas			■	■	■	■	■	■	Q 165,285.84	1.72
6	<b>DRENAJE TRANSVERSAL</b>										
6.1	Drenaja transversal		■	■	■	■	■	■	■	Q 58,460.67	0.61
	<b>INVERSIÓN MENSUAL</b>	Q 172,061.95	Q 749,147.22	Q 1,917,218.17	Q 2,201,844.44	Q 2,118,742.01	Q 1,570,511.55	Q 849,110.83	Q 9,578,636.18	100.00	

## CONCLUSIONES

1. El servicio actual de agua potable de la aldea Maraxcó únicamente es capaz de brindar agua un máximo de dos días por semana; y el nacimiento de agua local se encuentra en uno de los puntos más bajos de toda la aldea. Dichas condiciones hacen que el sistema por bombeo sea la opción más factible para satisfacer las necesidades de la población.
2. El sistema de abastecimiento de agua potable satisfecerá aproximadamente al 65% de la población de la aldea con un total de 610 conexiones prediales que incluirán los establecimientos educativos, de salud y centros religiosos.
3. Por la dispersión de las viviendas y la topografía de la población, el sistema de agua de la aldea Maraxcó cuenta con una red de distribución del tipo mixta, es decir, una combinación de circuitos abiertos y cerrados. Para el cálculo y diseño de la línea de distribución se utilizó el software EPANET que utiliza la ecuación de Hazen-Williams y el método de Hardy-Cross para el cálculo hidráulico.
4. El sistema de agua está constituido por un sistema de bombeo y línea de conducción ya existente, 7,889.13 metros de tubería, un tanque de almacenamiento de 138 m<sup>3</sup>, y 610 conexiones prediales. En todo el sistema se utilizará tubería PVC de 160 psi. Se estimó que el costo total de este proyecto será de Q. 1,151,242.57, presupuesto realizado con precios de las primeras dos semanas de febrero de 2010 y el tiempo de ejecución estimado es de 5 meses.

5. La construcción del tramo carretero que conduce a la aldea Shusho Arriba beneficiará directa e indirectamente a los habitantes de dicha comunidad, así como a los habitantes de comunidades cercanas, pues esto conllevará a un mayor desarrollo socioeconómico.
6. Después de realizar las pruebas de laboratorio a una muestra de suelo de algún posible banco de materiales, se determinó que el talud está compuesto por una arena limosa con grava color café con un índice de plasticidad de 6.55% y límite líquido de 27.8%. El porcentaje de C.B.R. alcanzado es de 68.4, lo cual indica que es un buen material para la sub-base; y requiere una humedad del 8.3% para que alcance su densidad máxima de 2038 Kg/m<sup>3</sup>.
7. El diseño de la carretera cumple con las normativas de diseño geométrico regionales y especificaciones técnicas usadas en el país. Dicho tramo carretero consiste en el mejoramiento y pavimentación de 4744.14 metros y se prevé que tendrá un costo total de Q. 9,578,636.18 y un tiempo de ejecución de 7 meses.
8. Después de realizar la evaluación de impacto ambiental inicial de ambos proyectos, se considera que ninguno afectará de manera significativa el ecosistema que les rodea, siempre y cuando se lleven procedimientos adecuados de construcción.



## RECOMENDACIONES

1. Es necesario que la población que hará uso del agua potable cumpla con los pagos mensuales de la tarifa propuesta, Q 46.00, para garantizar el correcto funcionamiento del sistema.
2. Realizar aforos anuales del pozo para verificar la calidad de la fuente y que el caudal se mantenga a lo largo del período de diseño.
3. Al cumplirse el tiempo de uso efectivo de la bomba, reemplazarla por una nueva solicitando una tarifa especial a los pobladores, o gestionarla por medio de la municipalidad de Chiquimula.
4. Construir un pozo en uno de los puntos más altos de la aldea para satisfacer la población no incluida en el proyecto.
5. Buscar fuentes de apoyo económico externo por medio de gestiones para facilitar la ejecución de ambos proyectos lo más rápido posible y así darles solución a los problemas de las comunidades.
6. Exigir en ambos proyectos ensayos de laboratorio y de campo para verificar el cumplimiento de las normas y especificaciones técnicas.
7. Promover las ventajas de la construcción de una carretera pavimentada para facilitar la adquisición de los derechos de paso a lo largo del camino.

8. Establecer medidas de supervisión y control que cumplan con las especificaciones técnicas y generales en todas las fases de ejecución de los proyectos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aguilar Ruiz, Pedro. Apuntes sobre el Curso de Ingeniería Sanitaria 1. Trabajo de Graduación de Ingeniería Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería 2007. Pp. 137.
2. American Association of State Highway and Transportation Officials. AASHTO Guía para el Diseño de Estructuras de Pavimento. District Columbia, Estados Unidos, 1993.
3. Arreaga Contreras, Elfego Eliud. Diseño de salón comunal de dos niveles para aldea San Antonio y carretera hacia caserío Las Lajas, municipio de Jutiapa, Jutiapa. Trabajo de Graduación de Ingeniería Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería 2006. Pp. 108.
4. Asociación PARTICIPA. Diagnóstico municipal del municipio de Chiquimula, departamento de Chiquimula. Guatemala. Febrero 2003.

5. Clara Recinos, Edgar Fernando. Estabilización de talud por medio de muro de retención a base de mampostería confinada, diseño de pavimento y mejoramiento de tramo carretero antiguo que conduce del municipio de San Juan Sacatepéquez al municipio de San Pedro Sacatepéquez del departamento de Guatemala. Trabajo de Graduación de Ingeniería Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería 2009. Pp. 119.
6. Gómez Sagastume, Freddy Paolo. Diseño del sistema de agua potable para la aldea La Catocha y caserío El Poshte y diseño de muro de contención para la Escuela Oficial Rural Mixta caserío El Poshte, municipio de Chiquimula, departamento de Chiquimula. Trabajo de Graduación de Ingeniería Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, Facultad de Ingeniería 2006. Pp. 36.
7. INFOM-UNEPAR. Guía para el diseño de abastecimiento de agua potable a zonas rurales. Guatemala, 1997. Pp. 67.
8. Juárez Badillo, E. Mecánica de suelos. Tomo 1. México: LIMUSA, Grupo Noriega Editores. 2003. Pp. 642.
9. Leclair, Raúl. Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales. 2ª edición. Guatemala: Secretaría de Integración Económica Centroamericana. 2004.
10. López Cualla, Ricardo. Diseño de acueductos y alcantarillados. 2ª edición. Colombia: Alfa Omega Grupo Editor. 2000. Pp. 385.

11. Medina Fajardo, Carlos Emilio. Diseño de pavimento del tramo carretero de la aldea Laguna Seca hacia la aldea El Durazno y diseño de las instalaciones del Instituto por Cooperativa de la aldea Las Trojes, municipio de Amatitlán, departamento de Guatemala. Trabajo de Graduación de Ingeniería Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería 2008. Pp. 114.
12. Morán Valenzuela, Luis Eduardo. Diseño del sistema de agua potable para la aldea Shororaguá y diseño de muro de contención para el Instituto de Telesecundaria de la aldea Shororaguá, Chiquimula, Chiquimula. Trabajo de Graduación de Ingeniería Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería 2009. Pp. 20.
13. Organización Panamericana de la Salud. Guía para el Diseño de Abastecimiento de Agua Potable a Zonas Rurales. Guatemala, 1994.
14. Romero Martínez, Dina Maritza. Informe final del servicio profesional comunitario, aldea Shusho Arriba, Chiquimula, Chiquimula. Servicio Profesional Comunitario Administración de Empresas. Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Oriente, 2001. Pp. 21.
15. Westergaurd, H. N. Comportamiento de esfuerzos en caminos de concreto. Illinois, Estados Unidos, 1975. Pp. 48.



# APÉNDICE





## Memoria de cálculo hidráulico del sistema de agua potable para la aldea Maraxcó

TUBO		Ø (PULG)	LONGITUD (m)	CAUDAL (L/s)	VELOCIDAD (m/s)	No. de Tubos
NODO	NODO					
TANQUE	E-165	3	14.51	7.88	1.49	3
E-165	E-163	3	26.81	7.84	1.48	5
E-163	E-161	2	49.51	6.48	1.82	9
E-161	E-159	2	29.03	4.88	1.37	5
E-159	E-157	2	48.33	4.78	1.34	8
E-157	E-156	2	33.47	5.48	1.54	6
E-156	E-149	2	39.00	4.20	1.18	7
E-149	E-161	2	41.90	2.76	0.77	7
E-161	E-153	2	99.11	0.22	0.06	17
E-153	E-155	2	77.97	0.06	0.02	13
E-153	C-346	2	32.46	0.04	0.02	6
E-159	C-361	2	54.05	0.02	0.01	9
E-163	E-173	2	224.13	1.26	0.52	37
E-173	E-174	1	32.73	0.46	0.62	6
E-174	E-175	1	43.34	0.40	0.54	8
E-174	C-397	1	79.00	0.02	0.03	14
E-175	E-176	1	39.32	0.18	0.23	7
E-175	E-185	1	26.43	0.20	0.27	5
E-185	E-176	1	49.92	0.04	0.06	9
E-185	C-394	1	109.22	0.06	0.08	18
E-176	E-178	1	90.97	0.18	0.24	15
E-178	E-179	1	54.05	0.04	0.05	9
E-178	C-387	1	66.56	0.04	0.05	11
E-161	E-170	2	110.68	1.54	0.63	19
E-170	E-171	1	43.90	0.56	0.74	8
E-171	E-173	1	81.00	0.72	0.97	14
E-170	E-157	1 1/2	144.26	0.85	0.54	24
E-171	E-203	1	21.57	1.20	1.60	4
E-203	C-409	1	146.38	0.08	0.11	25
E-203	E-212	1	178.42	0.92	1.23	30
E-212	E-213	1	18.59	0.76	1.02	4
E-212	E-244	1	27.65	0.04	0.05	5
E-213	E-218	1	211.50	0.28	0.38	35
E-213	E-223	1	109.25	0.38	0.51	18

### Continuación de memoria de cálculo hidráulico

TUBO		Ø (PULG)	LONGITUD (m)	CAUDAL (L/s)	VELOCIDAD (m/s)	No. de Tubos
NODO	NODO					
E-223	E-224	1	49.19	0.18	0.24	9
E-224	E-218	1	137.58	0.02	0.02	23
E-218	C-436	1	179.13	0.10	0.13	30
E-223	E-226	1	27.35	0.14	0.19	5
E-226	E-224	1	55.60	0.13	0.18	10
E-244	E-226	1	171.69	0.39	0.52	29
E-156	E-236	1	85.21	1.19	1.59	15
E-236	E-244	1	154.53	0.51	0.69	26
E-236	E-70	1	246.57	0.41	0.55	41
E-226	E-228	1	94.54	0.26	0.35	16
E-224	E-231	1	61.99	0.21	0.28	11
E-231	E-228	1	125.37	0.13	0.18	21
E-228	E-68	1	34.44	0.25	0.33	6
E-149	E-150	1	24.66	0.02	0.03	5
E-149	E-76	1 1/2	41.84	1.30	0.83	7
E-76	E-78	1 1/2	77.41	0.28	0.18	13
E-151	C-340	1 1/2	19.04	0.02	0.01	4
E-151	E-78	2	34.26	2.42	0.68	6
E-78	E-79	2	30.79	2.10	0.59	6
E-79	E-81	2	90.35	0.91	0.26	15
E-79	E-119	2	218.09	1.04	0.29	36
E-81	E-120	2	170.37	0.83	0.23	28
E-120	E-119	2	67.32	0.73	0.21	12
E-76	E-118	1 1/2	193.71	0.61	0.39	32
E-119	E-118	2	48.23	1.58	0.65	8
E-118	E-117	1	16.84	2.03	2.72	3
E-117	E-116	1	18.19	1.11	1.48	4
E-117	E-18	1	43.24	0.88	1.18	8
E-18	C-72	1	35.63	0.02	0.03	6
E-18	E-25	1	412.61	0.64	0.86	68
E-76	E-71	1	212.88	0.73	0.98	35
E-116	E-71	1	223.44	0.28	0.37	37
E-116	E-108	1	251.74	0.57	0.76	42
E-71	E-70	1	34.51	0.81	1.08	6

### Continuación de memoria de cálculo hidráulico

TUBO		Ø (PULG)	LONGITUD (m)	CAUDAL (L/s)	VELOCIDAD (m/s)	No. de Tubos
NODO	NODO					
E-70	E-69	1	23.29	1.10	1.47	4
E-69	E-68	1	23.29	0.61	0.82	4
E-69	E-110	1	19.26	0.47	0.63	4
E-110	C-247	1	27.43	0.02	0.03	6
E-110	E-108	1	65.55	0.39	0.52	11
E-108	E-66	1	79.45	0.70	0.94	14
E-68	E-67	1	51.74	0.80	1.07	9
E-67	C-498	1	65.55	0.06	0.08	11
E-67	E-66	1	35.33	0.60	0.80	6
E-66	E-65	1	29.33	1.16	1.55	5
E-65	E-64	1	36.14	0.61	0.81	6
E-65	E-253	1	38.24	0.47	0.63	7
E-253	C-506	1	286.28	0.08	0.11	48
E-253	E-64	1	51.98	0.27	0.37	9
E-64	E-25	1	17.44	0.80	1.07	3
E-25	E-26	1	22.95	1.18	1.58	4
E-26	C-509	1	35.41	0.02	0.03	6
E-26	E-27	1	47.87	1.08	1.45	8
E-27	C-98	1	27.60	0.02	0.03	6
E-27	E-28	1	57.55	0.96	1.29	10
E-28	E-30	1	62.59	0.46	0.62	11
E-28	E-262	1	55.37	0.40	0.54	10
E-262	C-513	1	33.33	0.04	0.05	6
E-262	E-30	1	57.36	0.26	0.35	10
E-30	E-31	1	29.59	0.60	0.80	5
E-31	E-32	1	21.50	0.36	0.48	4
E-31	E-265	1	24.30	0.16	0.21	5
E-265	E4	1	78.08	0.02	0.03	13
E-265	C-526	1	113.51	0.06	0.08	17
E-32	C-108	1	35.83	0.02	0.03	6
E-32	E-33	1	33.50	0.26	0.35	6
E-33	C-519	1	84.53	0.04	0.05	14
E-33	E-34	1	34.73	0.10	0.13	6
E-34	C-527	1	39.87	0.02	0.03	7

### Continuación de memoria de cálculo hidráulico

Nodo	Demanda (L/s)	Cota (m)	Presión (m)
E-120	0.10	832.60	8.52
E-119	0.20	832.58	15.29
E-118	0.16	832.54	20.34
E-117	0.04	832.48	21.32
E-116	0.26	832.47	22.21
E-18	0.22	832.40	19.49
C-72	0.02	832.40	18.78
E-108	0.26	832.38	37.34
E-66	0.14	832.27	40.18
E-65	0.08	832.12	40.87
E-253	0.12	832.09	42.88
E-64	0.08	832.07	41.75
E-25	0.26	832.02	42.39
E-26	0.08	831.92	43.33
C-509	0.02	831.92	46.09
E-27	0.10	831.74	45.94
C-98	0.02	831.74	43.87
E-28	0.10	831.58	47.77
E-262	0.10	831.54	52.34
C-513	0.04	831.54	55.13
E-30	0.12	831.53	51.73
ESCUELA4	0.02	831.49	47.75
E-265	0.08	831.49	52.45
E-31	0.08	831.49	53.12
E-32	0.08	831.48	53.60
C-108	0.02	831.48	53.98
E-33	0.12	831.47	54.31
C-526	0.06	831.49	58.16
E-34	0.08	831.47	54.28
C-527	0.02	831.47	54.97
C-519	0.04	831.47	58.08
C-506	0.08	832.08	65.78
E-67	0.14	832.34	40.04
C-498	0.06	832.34	43.20
E-68	0.06	832.49	39.57
E-110	0.06	832.47	37.94
C-247	0.02	832.47	36.52
E-69	0.02	832.50	38.95
E-228	0.14	832.59	40.40
E-70	0.12	832.55	38.28
E-231	0.08	832.67	47.78
E-224	0.08	832.72	49.70

### Continuación de memoria de cálculo hidráulico

Nodo	Demanda (L/s)	Cota (m)	Presión (m)
E-226	0.14	832.73	45.65
E-223	0.06	832.74	47.83
E-218	0.20	832.74	76.71
C-436	0.10	832.73	79.51
E-213	0.10	832.89	50.41
E-212	0.12	832.98	50.38
E-244	0.16	832.96	48.62
C-409	0.08	834.56	54.99
E-203	0.20	834.57	27.39
E-171	0.08	834.82	20.66
E-170	0.14	834.82	15.16
E-173	0.08	835.89	5.17
E-174	0.04	835.86	13.91
C-397	0.02	835.86	25.65
E-175	0.02	835.84	22.21
E-185	0.10	835.83	33.43
E-176	0.04	835.83	30.16
C-394	0.06	835.83	58.73
E-178	0.10	835.82	22.87
C-387	0.04	835.82	39.23
E-179	0.04	835.82	24.91
E-163	0.10	836.56	7.14
E-161	0.06	835.33	12.99
C-361	0.02	834.91	11.33
E-159	0.08	834.91	15.33
E-157	0.14	834.25	23.58
E-156	0.10	833.53	26.82
E-149	0.12	833.12	27.52
E-150	0.02	833.12	31.45
E-151	0.10	833.01	24.73
C-340	0.02	833.01	22.05
E-78	0.04	832.86	22.58
E-79	0.14	832.75	21.25
E-153	0.12	833.00	11.90
C-346	0.04	833.00	8.82
E-155	0.06	833.00	-2.10
E-81	0.08	832.69	12.20
E-76	0.24	832.85	31.35
E-71	0.20	832.55	37.81
E-236	0.26	833.03	36.50
E-165	0.04	837.14	0.63
TANQUE	-7.88	837.46	0.00

# Resultado examen físico – químico sanitario de agua



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 004185

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO SANITARIO				INF. No. 23 738	
O.T. No. 25 722					
INTERESADO:	FERNANDO MIGUEL CHINCHILLA PAÍZ (CARNÉ No. 200516261)		PROYECTO:	EPS "Diseño del sistema abastecimiento de agua potable para la Aldea Maravó"	
RECOLECTADA POR:	Interesado		DEPENDENCIA:	FACULTAD DE INGENIERÍA/USAC	
LUGAR DE RECOLECCIÓN:	Aldea Maravó		FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN:	2009-07-31; 11 h 00 min.	
FUENTE:	Nacimiento		FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LAB.:	2009-07-31; 16 h 25 min.	
MUNICIPIO:	Chiquimula		CONDICIÓN DEL TRANSPORTE:	Con refrigeración	
DEPARTAMENTO:	Chiquimula				
RESULTADOS					
1. ASPECTO:	Lig. turbio	4. OLOR:	Inodora	7. TEMPERATURA: (En el momento de recolección)	--° C
2. COLOR:	25,00 Unidades	5. SABOR:	-----	8 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	435,00 µmhos/cm
3. TURBIEDAD:	11,50 UNT	6. potencial de Hidrógeno (pH):	07,80 unidades		
SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L
1. AMONIACO (NH <sub>3</sub> )	00,24	6. CLORUROS (Cl <sup>-</sup> )	152,00	11. SOLIDOS TOTALES	260,00
2. NITRITOS (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	00,00	7. FLUORUROS (F <sup>-</sup> )	00,11	12. SOLIDOS VOLÁTILES	16,00
3. NITRATOS (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	46,92	8. SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	39,00	13. SOLIDOS FIJOS	244,00
4. CLORO RESIDUAL	--	9. HIERRO TOTAL (Fe)	00,07	14. SOLIDOS EN SUSPENSIÓN	14,00
5. MANGANESÓ (Mn)	00,043	10. DUREZA TOTAL	120,00	15. SOLIDOS DISUELTOS	231,00
ALCALINIDAD (CLASIFICACIÓN)					
HIDROXIDOS mg/L	CARBONATOS mg/L	BICARBONATOS mg/L	ALCALINIDAD TOTAL mg/L		
00,00	00,00	100,00	100,00		

OTRAS DETERMINACIONES \_\_\_\_\_

OBSERVACIONES: Desde el punto de vista de la calidad física: Ligeramente turbia (rechazable). Desde el punto de vista de la calidad química: Compuestos Peligrosos para la Salud Nitritos sobrepasan la concentración Máxima Aceptable. Según normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para Fuentes de Agua.

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A. W.E.F. 21<sup>TH</sup> EDITION 2 005, NORMA COGUANABAL (SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES) Y 2000 (AGUA POTABLE Y SUS DERIVADAS), GUATEMALA.

Guatemala, 2009-08-07



Zenaida Guzmán Santos  
Ing. Químico Col. No. 420  
M.Sc. en Ingeniería Sanitaria



Vo.Bo.  
Inga. Telma Maricela Cano Morales  
DIRECTORA CII/USAC

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC- Jefe Técnico Laboratorio  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
2476-3992, Planta 2443-9500 Ext. 1502, FAX: 2476-3993  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

## Resultado examen bacteriológico de agua



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



Nº 004186

EXAMEN BACTERIOLOGICO			
O.T. No. 25 722		INF. No.A-305 118	
INTERESADO	FERNANDO MIGUEL CHINCHILLA PAIZ (Carné 200516261)	PROYECTO:	EPS "Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea Maraxcó"
MUESTRA RECOLECTADA POR	Interesado	DEPENDENCIA:	FACULTAD DE INGENIERIA-USAC
LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA:	Aldea Maraxcó	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN:	2009-07-31; 11 h 00 min.
FUENTE:	Nacimiento	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	2009-07-31; 16 h 20 Min
MUNICIPIO:	Chiquimula	CONDICIONES DE TRANSPORTE:	Con refrigeración
DEPARTAMENTO:	Chiquimula		
SABOR:	-----	SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN	Reg. cantidad
ASPECTO:	Lig. turbio	CLORO RESIDUAL	-----
OLOR:	Inodora		
INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES)			
		PRUEBA CONFIRMATIVA	
PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACIÓN DE GAS - 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C
10,00 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	+++++
01,00 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	++++-
00,10 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	-----
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMENES COLIFORMES/100cm <sup>3</sup>		> 16 x 10 <sup>2</sup>	80
<p><b>TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - W.E.F. 21<sup>TH</sup> NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.</b></p> <p><b>OBSERVACIONES:</b> Bacteriológicamente el agua se enmarca en la CLASIFICACIÓN II. Calidad bacteriológica que precisa la aplicación de los métodos habituales de tratamiento (coagulación, sedimentación, filtración, desinfección). Según normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para fuentes de agua. Guatemala, 2009 -08-07</p>			
Vo.Bo.	 <b>Inga Telma Marcela Cano Morales</b> DIRECTORA CII/USAC	 Zenon Muñoz Santos Ing. Odilmo Cel. No. 420 M. Sc. en Ingeniería Sanitaria Jefe Técnico Laboratorio	

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC  
Edificio I-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

## Resultado ensayo de Proctor Modificado

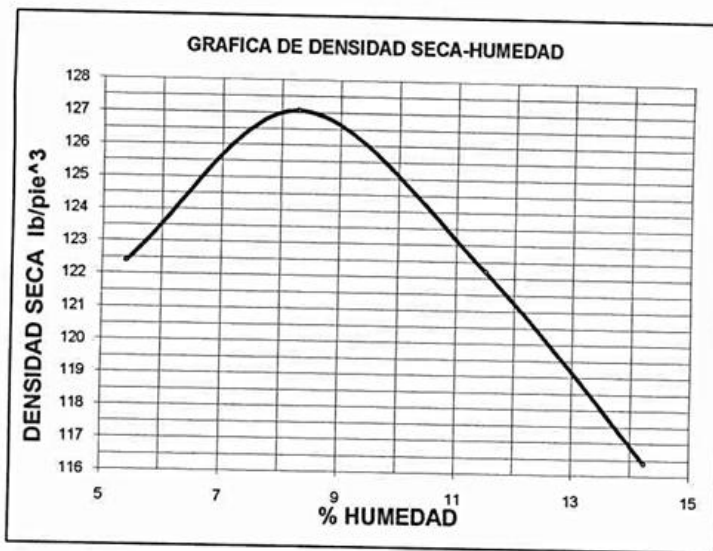


**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



Nº 008614

Interesado: Fernando Miguel Chinchilla Paiz	INFORME No. 305 S.S.	O.T.: 25,672
Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN.	Proctor Estándar: ( ) Norma:	Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.T.H.O. T-180
Proyecto: Tramo Carretero - EPS	Ubicación: Shusho Arriba, Chiquimula	Fecha: 06 de agosto de 2008



Descripción del suelo: Arena Limosa con grava color café  
 Densidad seca máxima  $\gamma_d$ : 2038 Kg/m<sup>3</sup>      127.2 lb/ft<sup>3</sup>  
 Humedad óptima Hop.: 8.3 %  
 Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,



Vo. Bo.:

Inga. Telma Maricela Cano Morales  
DIRECTORA CII/USAC



*Omar E. Medina Mendez*  
Ing. Omar Enrique Medina Mendez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos

**Nuevos Teléfonos:**  
Centro de Investigaciones de Ingeniería  
Tels. (502) 2418-8000 ext. 86221 y 86209  
Directos: (502) 2418-9115 - 2418-9121



## Resultado de ensayo de C.B.R.



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



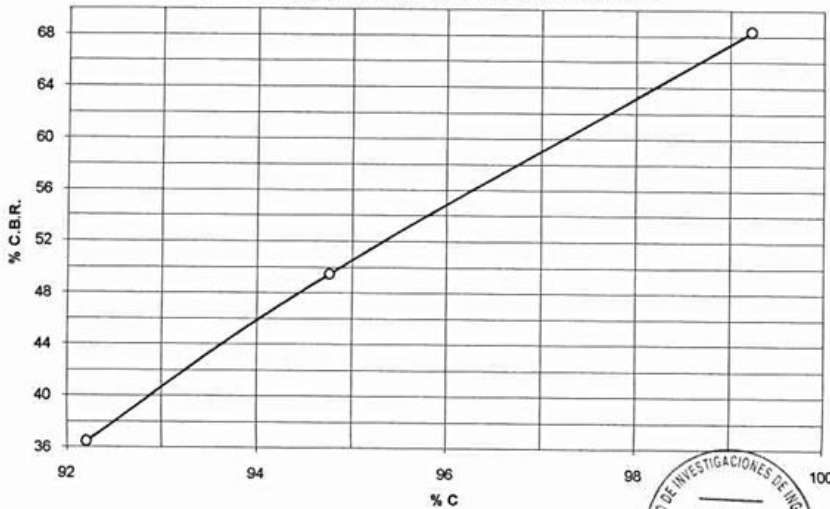
Nº 008615

INFORME No.: 306 S.S.      O.T.: 25,672

Interesado: Fernando Miguel Chinchilla Paiz  
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.)      Norma: A.A.S.H.T.O. T-193  
 Proyecto: Tramo Carretero - EPS  
 Ubicación: Shusho Arriba, Chiquimula  
 Descripción del suelo: Arena Limosa con grava color café  
 Fecha: 06 de agosto de 2008

PROBETA No.	GOLPES No.	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	C.B.R. (%)
		H (%)	$\gamma_d$ (Lb/pie <sup>3</sup> )			
1	10	8.50	117.3	92.20	0.83	36.5
2	30	8.50	120.5	94.76	0.46	49.5
3	65	8.50	126.2	99.23	0.59	68.4

**GRAFICA DE % C.B.R.-% DE COMPACTACION**



Atentamente,



Vo. Bo.:

Inga. Telma Maricela Cano Morales  
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Mendez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos

**Nuevos Teléfonos:**  
 Centro de Investigaciones de Ingeniería  
 Tels. (502) 2418-8000 ext. 86221 y 86209  
 Directos: (502) 2418-9115 - 2418-9121

# Resultado ensayo de granulometría



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 008616

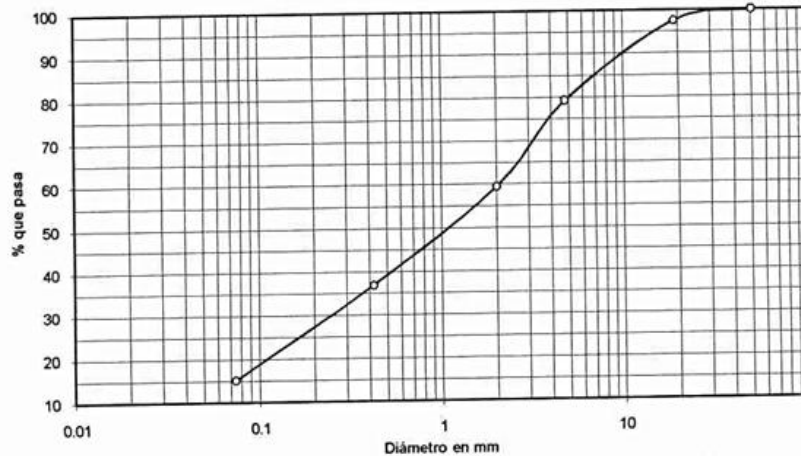
INFORME No. 307 S.S.

O.T. No. 25,672

Interesado: Fernando Miguel Chinchilla Paiz  
Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices y lavado previo.  
Norma: A.A.S.H.T.O. T-27, T-11  
Proyecto: Tramo Carretero - EPS  
Procedencia: Shusho Arriba, Chiquimula  
Fecha: 06 de agosto de 2008

Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
2"	50.8	100.00
3/4"	19.00	97.57
4	4.76	79.29
10	2.00	59.52
40	0.42	36.99
200	0.074	15.26

% de Grava: 20.71  
% de Arena: 64.03  
% de Finos: 15.26



Descripción del suelo: Arena Limosa con grava color café  
Clasificación: S.C.U.: SM P.R.A.: A-2-4  
Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Caño Morales  
DIRECTORA CII/USAC



*Omar Enrique Médrano Méndez*  
Ing. Omar Enrique Médrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos

Nuevos Teléfonos:  
Centro de Investigaciones de Ingeniería  
Tels. (502) 2418-8000 ext. 86221 y 86209  
Directos: (502) 2418-9115 - 2418-9121

# Resultado ensayo de límites de Atterberg



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 008617

INFORME No. 308 S. S. O.T.: 25,672

Interesado: Fernando Miguel Chinchilla Paiz  
Proyecto: Tramo Carretero - EPS

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG  
Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Shusho Arriba, Chiquimula

FECHA: 06 de agosto de 2008

**RESULTADOS:**

ENSAYO No.	MUESTRA No.	LL (%)	LP (%)	C.S.U.*	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	27.8	6.55	S.M.	Arena Limosa con grava color café

(\*) C.S.U. = CLASIFICACION SISTEMA UNIFICADO

Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,



*Omar E. Medrano Méndez*  
Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos

Vo. Bo.

*Telma Malicela Cano Morales*  
Inga. Telma Malicela Cano Morales  
DIRECTORA CII/USAC



**Nuevos Teléfonos:**  
Centro de Investigaciones de Ingeniería  
Tels. (502) 2418-6000 ext. 86221 y 86209  
Directos: (502) 2418-9115 - 2418-9121

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo 2476-3992, Planta 2443-9500 Ext. 1502, FAX: 2476-3993  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

**Derecho de vía del proyecto “Remodelación sistema de agua potable por bombeo y red de distribución de aldea Maraxcó, Chiquimula”**

GOBIERNO MUNICIPAL



DE CHIQUIMULA 2008 - 2012

ALCALDIA MUNICIPAL DEL MUNICIPIO DE CHIQUIMULA, CIUDAD  
PROCER, VEINTIUNO DE JUNIO DE DOS MIL NUEVE -----

El Alcalde Municipal del municipio de Chiquimula, departamento de Chiquimula, tomando en consideración que Los Fondos para La Paz tiene planificado los trabajos de: “REMODELACION SISTEMA DE AGUA POTABLE POR BOMBEO Y RED DE DISTRIBUCION DE ALDEA MARAXCO, CHIQUIMULA”, de este Municipio, se encuentra en jurisdicción de esta municipalidad, razón por la cual queda cedido el **derecho de paso o vía**, no existiendo objeción alguna de parte de esta Municipalidad para la realización del mencionado proyecto.

Y PARA CONSTANCIA, FIRMO Y SELLO LA PRESENTE EN UNA HOJA DE  
PAPEL BOND DE USO LEGAL -----

  
Ing. Gianni Renato Suchini Vargas

Alcalde Municipal  
Chiquimula

**“Chiquimula Cuna de la Cultura”**  
gobiernomunicipalchiquimula@yahoo.com Tels. 7942 0465 / 7942 0157


**Derecho de vía del proyecto “Pavimentación tramo carretero entre Shusho en medio y Shusho Arriba, Chiquimula”**



ALCALDIA MUNICIPAL DEL MUNICIPIO DE CHIQUIMULA, CIUDAD  
PROCER, VEINTIUNO DE MAYO DE DOS MIL NUEVE -----

El Alcalde Municipal del municipio de Chiquimula, departamento de Chiquimula, tomando en consideración que Los Fondos para La Paz tiene planificado los trabajos de: **“PAVIMENTACION TRAMO CARRETERO ENTRE SHUSHO EN MEDIO Y SHUSHO ARRIBA, CHIQUIMULA”**, de este Municipio, se encuentra en jurisdicción de esta municipalidad, razón por la cual queda cedido el **derecho de paso o vía**, , no existiendo objeción alguna de parte de esta Municipalidad para la realización del mencionado proyecto.

Y PARA CONSTANCIA, FIRMO Y SELLO LA PRESENTE EN UNA HOJA DE  
PAPEL BOND DE USO LEGAL -----

  
Ing. Gianni Renato Suchini Vargas

Alcalde Municipal  
Chiquimula

**“Chiquimula Cuna de la Cultura”**  
**gobiernomunicipalchiquimula@yahoo.com Tels. 7942 0465 / 7942 0157**

**Figura 15. Sistema de agua potable por llena cántaros en la aldea Maraxcó**



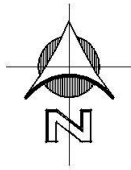
**Figura 16. Topografía del camino que conduce a la aldea Shusho Arriba**



# **PLANOS DE LOS PROYECTOS**







HACIA ALDEA EL PINALITO



**PLANO DE DENSIDAD DE VIVIENDA**  
 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
 ESCALA 1:5000

**PARÁMETROS DE DISEÑOS**

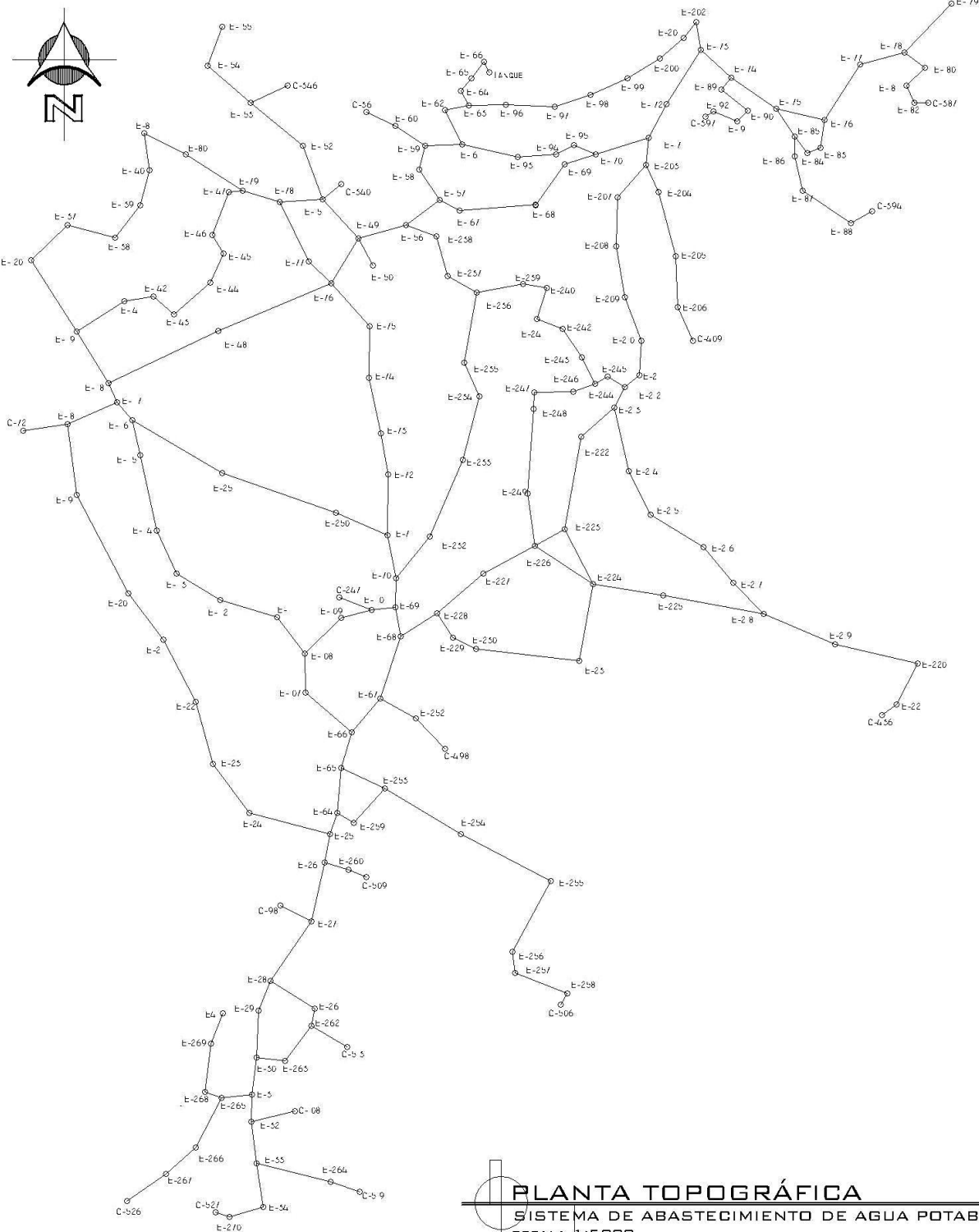
SISTEMA ADOPTADO	Bombeo
TIPO DE SERVICIO	Conexion Predial
NÚMERO DE CONEXIONES	612
POBLACIÓN ACTUAL	3275 Habitantes
PERÍODO DE DISEÑO	20 años
TASA DE CRECIMIENTO ANUAL	2.10 %
POBLACIÓN FUTURA	4963 Habitantes
DOTACIÓN	70 L/Hab/día
FACTOR DE DÍA MÁXIMO	1.50
FACTOR DE HORA MÁXIMO	2.00
CAUDAL MEDIO DIARIO	3.91 L/s
CAUDAL MÁXIMO DIARIO	5.87 L/s
CAUDAL MÁXIMO HORARIO	7.83 L/s
CAUDAL DE DISEÑO CONDUCCIÓN	3.34 L/s
CAUDAL DE BOMBEO (FEB-2007)	5.00 L/s
COEFICIENTE DE RUGOSIDAD	160

**NOMENCLATURA**

	Casa
	Escuela
	Iglesia
	Bomba hidroneumática
	Puesto de salud
	Calles y callejones
	Cancha de baloncesto
	Cancha de fútbol

HACIA CHIQUIMULA

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE CHIQUIMULA, CHIQUIMULA		
	PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA MARAXCÓ, CHIQUIMULA		
DISEÑO: F. M. C. P.	CONTENIDO: PLANO DE DENSIDAD DE VIVIENDA Y PARÁMETROS DE DISEÑO		HOJA 1 18
CÁLCULO: F. M. C. P.	EPENISTA: ING. ANGELO ROSARIO RIVERA RIVERA	CARNÉ: 2509-16261	
DIBUJO: F. M. C. P.	Va. No. _____		
ESCALA: INDICADA	ING. ANGELO ROSARIO RIVERA RIVERA ASESOR - SUPERVISOR E.R.S.		
FECHA: FEBRERO 2, 2010			

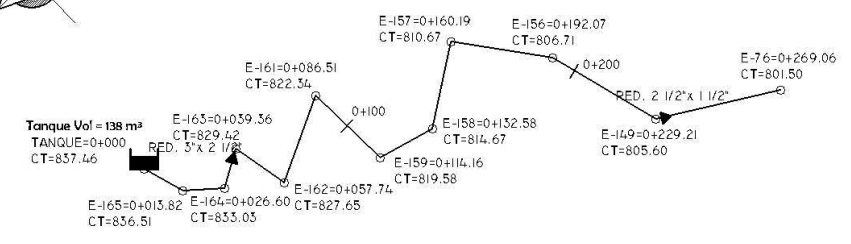
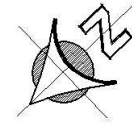


**PLANTA TOPOGRÁFICA**  
**SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE**  
 ESCALA 1:5000

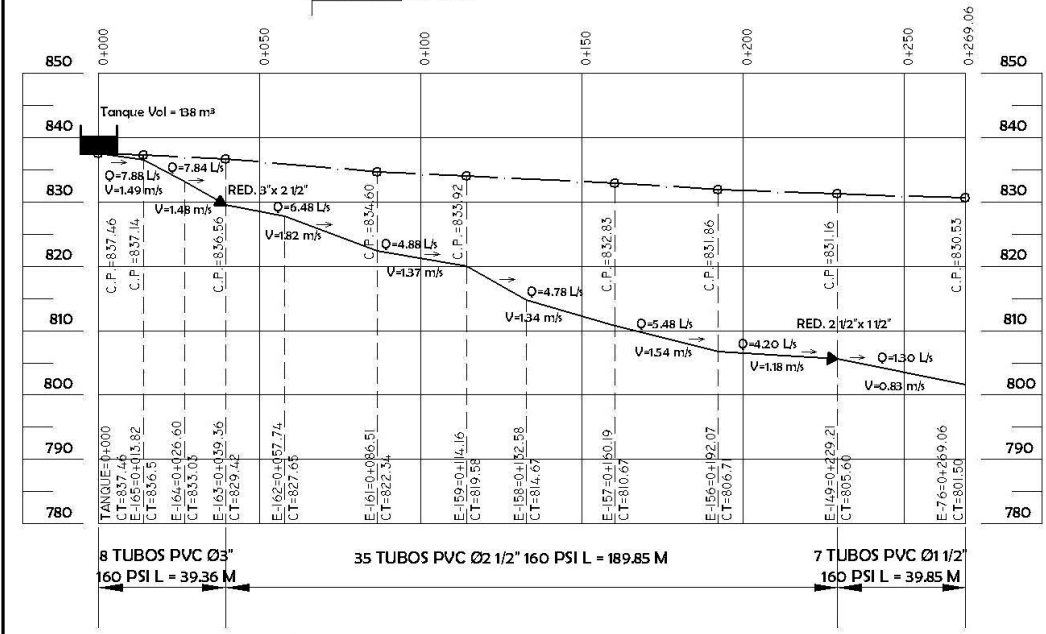
ESTACIÓN	P. O.	AZIMUT	D. H.	COTA TERRENO
E-18	C-72	281 2800'	33.93	813.62
E-18	E-19	172 3230'	53.96	808.20
E-19	E-20	152 1812'	83.91	800.88
E-20	E-21	142 5812'	44.17	798.03
E-21	E-22	152 3100'	53.04	795.40
E-22	E-23	164 3448'	48.57	793.16
E-23	E-24	143 1254'	48.23	792.13
E-24	E-25	104 3706'	63.09	789.63
E-25	E-26	191 3506'	21.86	788.59
E-26	E-27	17 5812'	16.61	790.32
E-27	E-28	192 3918'	45.59	785.80
E-28	E-29	107 1918'	19.22	786.25
E-29	E-30	214 1448'	54.81	783.81
E-30	E-31	296 3418'	26.29	787.87
E-31	E-32	202 1124'	23.99	783.04
E-32	E-33	121 5254'	39.72	779.76
E-33	E-34	182 0630'	35.62	779.80
E-34	E-35	187 4818'	28.18	778.37
E-35	E-36	96 0924'	21.75	778.61
E-36	E-37	180 5338'	20.48	777.88
E-37	E-38	283 4100'	23.14	779.04
E-38	E-39	172 2000'	31.90	777.16
E-39	E-40	76 3900'	34.12	777.50
E-40	E-41	171 3748'	33.08	777.19
E-41	E-42	103 5248'	57.30	773.86
E-42	E-43	252 5830'	26.80	776.78
E-43	E-44	4 5724'	34.42	791.25
E-44	E-45	119 3730'	14.04	788.56
E-45	E-46	17 2436'	27.93	792.09
E-46	E-47	115 1130'	36.42	789.21
E-47	E-48	39 5154'	33.65	792.30
E-48	E-49	310 3406'	48.42	794.19
E-49	E-50	17 4924'	49.28	792.92
E-50	E-51	119 3342'	30.72	791.11
E-51	E-52	350 3418'	22.18	793.55
E-52	E-53	00 2842'	22.18	794.27
E-53	E-54	348 5730'	32.87	794.74
E-54	E-55	39 0654'	40.34	792.86
E-55	E-56	00 2200'	46.07	795.97
E-56	E-57	293 3530'	42.31	797.64
E-57	E-58	350 3730'	31.78	796.78
E-58	E-59	00 2412'	39.42	797.55
E-59	E-60	318 1236'	43.22	801.50
E-60	E-61	314 3936'	23.86	804.10
E-61	E-62	30 4842'	39.85	805.60
E-62	E-63	333 3530'	49.85	810.28
E-63	E-64	287 2124'	29.32	811.50
E-64	E-65	302 2806'	50.66	815.00
E-65	E-66	298 5236'	35.37	820.49
E-66	E-67	309 1530'	29.25	795.04
E-67	E-68	45 0400'	38.77	795.44
E-68	E-69	323 0248'	34.73	797.00
E-69	E-70	75 4136'	23.86	794.53
E-70	E-71	83 4842'	18.34	793.55
E-71	E-72	290 4142'	26.12	795.95
E-72	E-73	288 3306'	44.88	799.22
E-73	E-74	301 3812'	38.83	801.07
E-74	E-75	335 1312'	35.51	803.92
E-75	E-76	347 2954'	58.53	807.54
E-76	E-77	348 5442'	27.36	810.26
E-77	E-78	320 0154'	17.32	811.16
E-78	E-79	335 5224'	16.04	812.20
E-79	E-80	246 2730'	41.18	812.91
E-80	E-81	328 1206'	45.93	817.29
E-81	E-82	64 3706'	91.97	809.49
E-82	E-83	327 1942'	64.11	824.08
E-83	E-84	57 3432'	42.53	815.31
E-84	E-85	48 0336'	38.21	823.11
E-85	E-86	105 2148'	37.39	818.98
E-86	E-87	37 2048'	31.24	818.10
E-87	E-88	15 2924'	27.17	816.23
E-88	E-89	351 5048'	28.25	820.49
E-89	E-90	81 3336'	22.30	813.49

ESTACIÓN	P. O.	AZIMUT	D. H.	COTA TERRENO
E-142	E-143	130 1212'	20.49	811.44
E-143	E-144	48 4736'	36.41	809.45
E-144	E-145	25 1530'	24.10	810.06
E-145	E-146	328 4224'	16.42	811.25
E-146	E-147	20 3054'	34.93	811.87
E-147	E-148	84 3742'	10.59	811.50
E-148	E-149	87 1424'	32.52	801.50
E-149	E-150	151 5130'	23.49	801.67
E-150	E-151	217 2412'	39.90	808.28
E-151	E-152	74 2936'	37.14	808.71
E-152	E-153	339 4106'	43.05	815.23
E-153	E-154	286 1136'	32.83	811.50
E-154	C-340	50 1236'	18.13	810.96
E-155	E-156	309 3742'	51.34	821.10
E-156	E-157	310 4800'	42.72	825.55
E-157	C-346	85 2948'	30.90	824.18
E-158	E-159	20 1300'	31.54	835.10
E-159	E-160	53 0734'	31.88	810.87
E-160	E-161	328 0536'	27.63	814.67
E-161	E-162	119 0136'	17.43	809.14
E-162	E-163	14 5412'	18.42	819.58
E-163	E-164	303 1436'	27.08	820.63
E-164	E-165	87 4734'	43.03	822.34
E-165	C-361	295 4806'	24.39	823.58
E-166	E-167	334 0136'	28.77	827.85
E-167	E-168	102 2806'	27.65	821.25
E-168	E-169	78 5130'	18.38	829.42
E-169	E-170	329 5734'	12.78	833.03
E-170	E-171	88 5738'	28.00	829.42
E-171	E-172	40 5024'	12.78	836.51
E-172	E-173	38 1124'	15.47	840.43
E-173	T. A.	154 0136'	9.18	827.48
E-174	E-175	85 2736'	37.85	808.34
E-175	E-176	35 2342'	37.85	817.38
E-176	E-177	71 5524'	24.34	819.68
E-177	E-178	72 4518'	41.81	814.16
E-178	E-179	28 2018'	29.18	820.50
E-179	E-180	184 5936'	20.54	807.18
E-180	E-181	32 1924'	47.97	830.72
E-181	E-182	131 4418'	31.17	821.95
E-182	E-183	124 4736'	41.28	813.63
E-183	E-184	219 5018'	11.68	818.29
E-184	E-185	103 0518'	37.45	805.67
E-185	E-186	32 4342'	49.68	815.16
E-186	E-187	188 1318'	21.34	800.42
E-187	E-188	74 5336'	34.96	812.95
E-188	E-189	43 3418'	51.48	810.91
E-189	E-190	128 5018'	18.96	807.46
E-190	E-191	228 0424'	19.27	801.96
E-191	E-192	155 4818'	14.42	800.12
E-192	C-367	88 5012'	10.74	798.59
E-193	E-194	248 5906'	10.47	800.23
E-194	E-195	323 1912'	15.73	802.40
E-195	E-196	188 0336'	20.87	796.01
E-196	E-197	325 2942'	25.17	813.63
E-197	E-198	106 2506'	28.35	788.18
E-198	E-199	124 1400'	42.86	778.34
E-199	C-394	81 1836'	18.46	777.10
E-200	E-201	128 4400'	23.33	814.47
E-201	E-202	223 5930'	11.64	811.29
E-202	E-203	293 4524'	19.30	810.48
E-203	C-397	287 4524'	19.30	810.21
E-204	E-205	88 5130'	29.23	819.94
E-205	E-206	80 0748'	14.79	819.89
E-206	E-207	112 3112'	18.40	819.89
E-207	E-208	92 1312'	38.62	831.25
E-208	E-209	71 5030'	38.62	834.08
E-209	E-210	85 4036'	30.51	832.30
E-210	E-211	58 1536'	28.67	831.28
E-211	E-212	49 3100'	23.48	830.98
E-212	E-213	38 1924'	15.71	830.98
E-213	E-214	171 2230'	21.65	830.72
E-214	E-215	154 0336'	22.62	799.45
E-215	E-216	221 0712'	32.35	804.94

ESTACIÓN	P. O.	AZIMUT	D. H.	COTA TERRENO
E-204	E-205	164 5936'	50.52	790.05
E-205	E-206	178 2800'	38.47	782.51
E-206	C-409	155 3130'	27.80	779.57
E-207	E-208	181 2036'	37.20	793.84
E-208	E-209	170 2212'	39.06	786.09
E-209	E-210	159 4800'	35.01	783.25
E-210	E-211	162 5512'	28.10	782.08
E-211	E-212	230 5212'	13.87	782.80
E-212	E-213	208 2754'	17.70	782.48
E-213	E-214	188 4248'	49.20	780.01
E-214	E-215	227 5248'	33.13	784.03
E-215	E-216	153 5718'	36.74	776.12
E-216	E-217	121 2024'	47.33	764.46
E-217	E-218	140 1924'	35.25	759.81
E-218	E-219	135 3412'	32.90	756.03
E-219	E-220	113 0618'	58.68	748.86
E-220	E-221	103 0042'	63.70	744.59
E-221	E-222	208 5418'	34.45	751.12
E-222	C-436	234 1612'	13.77	753.22
E-223	E-224	190 1754'	70.91	764.91
E-224	E-225	152 3336'	46.85	783.02
E-225	E-226	240 5506'	26.05	787.08
E-226	E-227	99 0624'	53.75	772.96
E-227	E-228	100 2842'	77.28	756.03
E-228	E-229	241 4642'	43.83	790.43
E-229	E-230	152 3336'	46.85	783.02
E-230	E-231	229 0242'	46.21	792.19
E-231	E-232	146 3830'	21.88	791.40
E-232	E-233	118 1624'	19.09	790.89
E-233	E-234	118 1624'	19.09	790.89
E-234	E-235	96 4548'	78.43	764.89
E-235	E-236	10 3830'	59.04	783.02
E-236	E-237	23 3448'	82.97	791.07
E-237	E-238	14 3336'	49.57	796.04
E-238	E-239	338 3412'	28.22	792.02
E-239	E-240	09 5434'	53.74	796.53
E-240	E-241	299 2148'	24.97	798.08
E-241	E-242	79 4134'	35.37	794.99
E-242	E-243	344 0512'	31.40	805.08
E-243	E-244	288 3736'	23.90	806.71
E-244	E-245	97 0830'	18.48	793.40
E-245	E-246	197 1054'	25.01	791.91
E-246	E-247	112 0230'	20.77	789.15
E-247	E-248	148 3718'	25.94	786.85
E-248	E-249	152 3942'	22.00	784.34
E-249	E-250	61 0830'	10.82	783.40
E-250	E-251	248 5718'	17.63	785.45
E-251	E-252	120 1648'	15.52	782.80
E-252	E-253	288 5018'	29.49	787.35
E-253	E-254	162 1906'	12.48	787.81
E-254	E-255	193 5148'	64.04	787.44
E-255	E-256	172 3236'	39.87	787.08
E-256	E-257	289 1200'	91.42	803.19
E-257	E-258	300 3506'	79.04	810.26
E-258	C-498	138 2042'	31.71	789.14
E-259	E-260	120 5054'	67.50	782.50
E-260	E-261	117 4618'	77.85	770.52
E-261	E-262	208 0618'	80.82	770.96
E-262	E-263	173 1512'	15.94	770.08
E-263	E-264	111 2554'	42.34	786.34
E-264	C-508	210 2142'	9.72	786.30
E-265	E-266	41 4306'	34.87	789.21
E-266	C-509	112 4700'	14.50	785.83
E-267	E-268	192 5436'	13.01	779.20
E-268	E-269	216 3042'	32.88	778.81
E-269</				

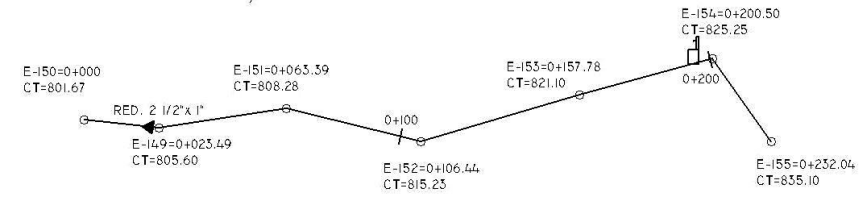
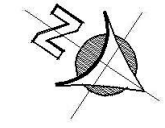


**PLANTA RAMAL TANQUE A E-76**  
 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
 ESCALA 1:1 000

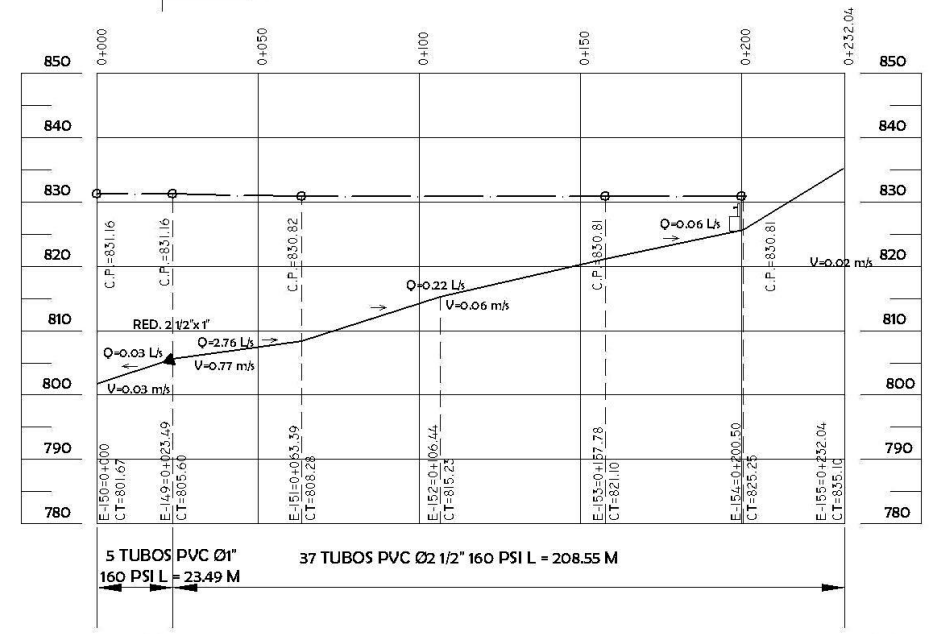


**PERFIL RAMAL TANQUE A E-76**  
 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
 ESCALA HORIZONTAL 1:1 000, ESCALA VERTICAL 1:500

SIMBOLOGÍA	
E-218	Estación Número
C-438	Casa Número
E4	Escuela Número
CT=756.03	Cota de Terreno S.N.M.
CP=835.96	Cota Piezométrica
Q=7.88 L/s	Caudal del agua, litros por segundo
V=1.49 m/s	Velocidad del agua, metros por segundo
	Líneas de Distribución
	Nodo
	Tanque de almacenamiento y volumen interno del tanque, metros cúbicos
	Reductor (Ver diámetros)
	Valvula de globo Ø 1"
	Línea piezométrica
	Dirección del agua
	Lienacántaro



**PLANTA RAMAL E-150 A E-155**  
 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
 ESCALA 1:1 000



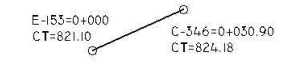
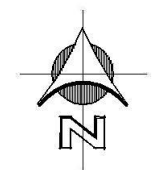
**PERFIL RAMAL E-150 A E-155**  
 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
 ESCALA HORIZONTAL 1:1 000, ESCALA VERTICAL 1:500



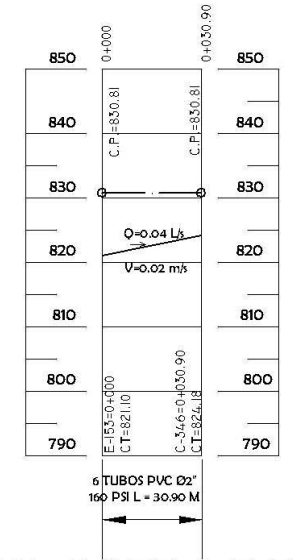
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
 MUNICIPALIDAD DE CHOQUIMULA-CHOQUIMULA



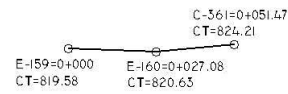
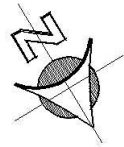
DISEÑO: F. M. C. P.	CONTENIDO: PLANTA-PERFIL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	HOJA 3
CALCULO: F. M. C. P.	EPISISTA: 1994-1995	CARNE: 2205 18268
DIBUJO: F. M. C. P.	ESCALA: INDICADA	18
FECHA: FEBRERO 2010	INC. ANGEL ROBERTO GARCIA ASESOR - SUPERVISOR G.R.	



**PLANTA RAMAL E-153 A C-346**  
 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
 ESCALA HORIZONTAL 1:1 000, ESCALA VERTICAL 1:500

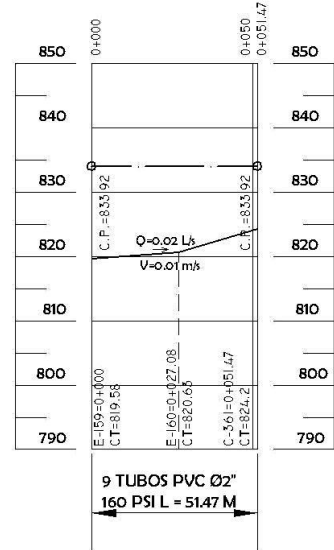


**PERFIL RAMAL E-153 A C-346**  
 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
 ESCALA HORIZONTAL 1:1 000, ESCALA VERTICAL 1:500



### PLANTA RAMAL E-159 A C-361

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA 1:1000

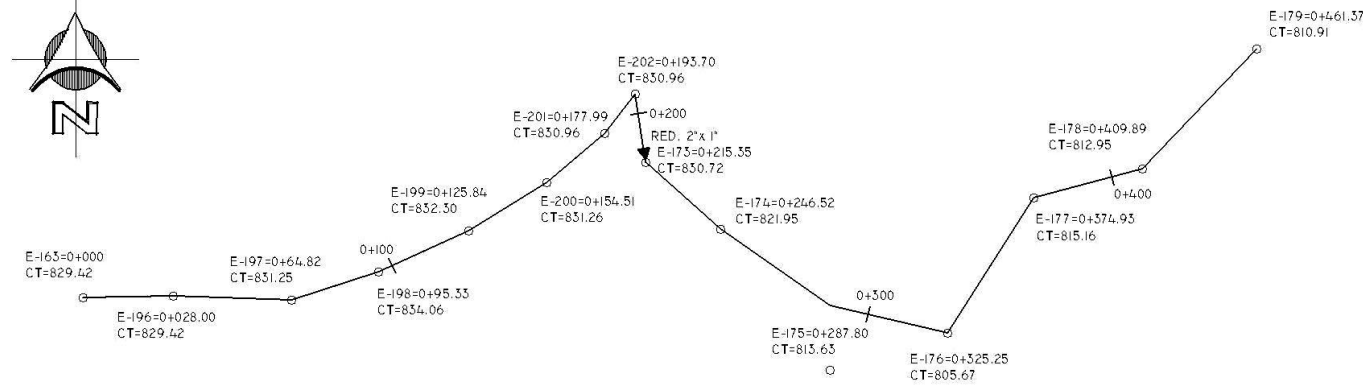
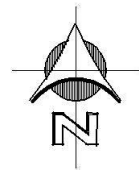


### PERFIL RAMAL E-159 A C-361

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA HORIZONTAL 1:1000, ESCALA VERTICAL 1:500

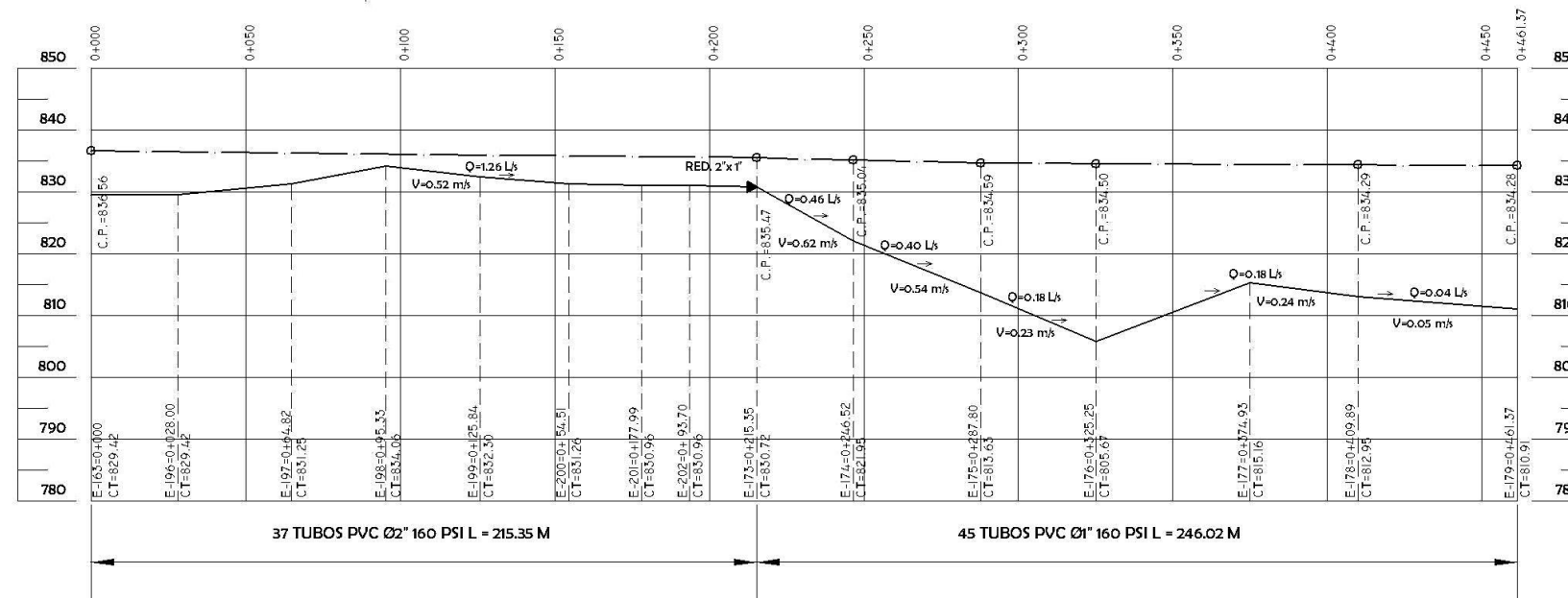
#### SIMBOLOGÍA

E-218	Estación Número
C-436	Casa Número
E4	Escuela Número
CT=756.03	Cota de Terreno S.N.M.
CP=835.96	Cota Piezométrica
Q=7.88 L/s	Caudal del agua, litros por segundo
V=1.49 m/s	Velocidad del agua, metros por segundo
	Línea de Distribución
	Nodo
	Tanque de almacenamiento y volumen interno del tanque, metros cúbicos
	Reductor (Ver diámetros)
	Válvula de globo Ø 1"
	Línea piezométrica
	Dirección del agua



### PLANTA RAMAL E-163 A E-179

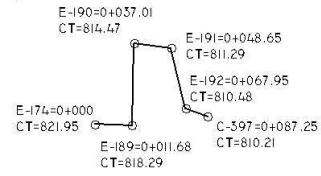
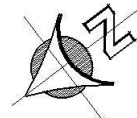
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA 1:1000



### PERFIL RAMAL E-163 A E-179

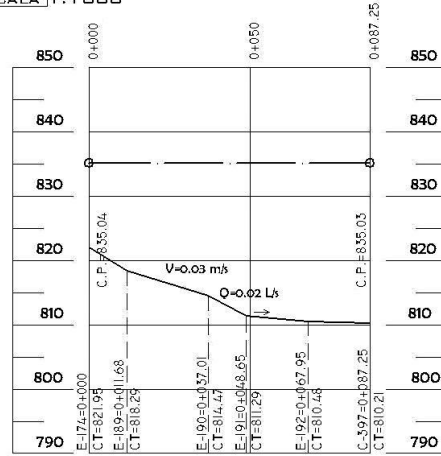
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA HORIZONTAL 1:1000, ESCALA VERTICAL 1:500

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE CHIQUIMULA, CHIQUIMULA	
PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA MARAXCÓ, CHIQUIMULA	CON TENIDO: PLANTA-PERFIL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	HOJA 4 18
DISEÑO: F. M. C. P.	EPENISTA: INGENIERO RESPONSABLE DEL PROYECTO	CARNE: 2300 1628
CALCULO: F. M. C. P.	FECHA: FEBRERO 2,010	ING. ÁNCEL ROBERTO SARGA ASESOR - SUPERVISOR E.R.S.
DIBUJO: F. M. C. P.	ESCALA: INDICADA	



**PLANTA RAMAL E-174 A C-397**

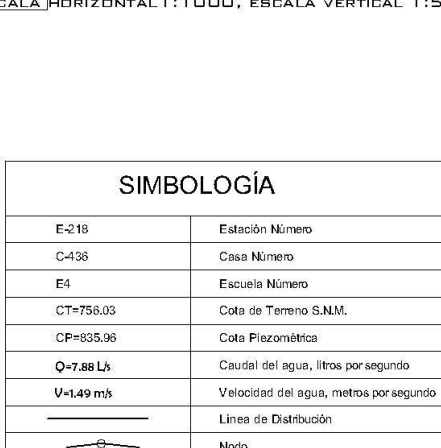
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA 1:1000



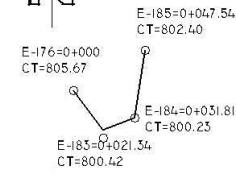
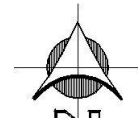
14 TUBOS PVC Ø1"  
160 PSI L = 87.25 M

**PERFIL RAMAL E-174 A C-397**

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA HORIZONTAL 1:1000, ESCALA VERTICAL 1:500

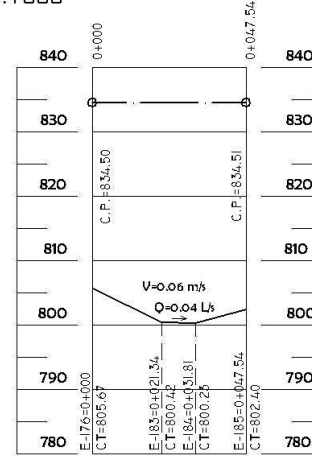


SIMBOLOGÍA	
E-218	Estación Número
C-438	Casa Número
E4	Escuela Número
CT=756.03	Cota de Terreno S.N.M.
CP=835.98	Cota Piezométrica
Q=7.88 L/s	Caudal del agua, litros por segundo
V=1.49 m/s	Velocidad del agua, metros por segundo
	Línea de Distribución
	Nodo
	Tanque de almacenamiento y volumen interno del tanque, metros cúbicos
	Reductor (Ver diámetros)
	Válvula de globo Ø 1"
	Línea piezométrica
	Dirección del agua



**PLANTA RAMAL E-176 A E-185**

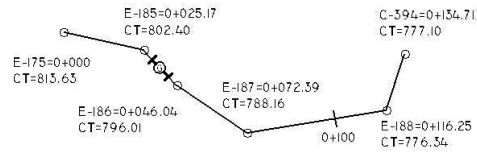
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA 1:1000



9 TUBOS PVC Ø1"  
160 PSI L = 47.54 M

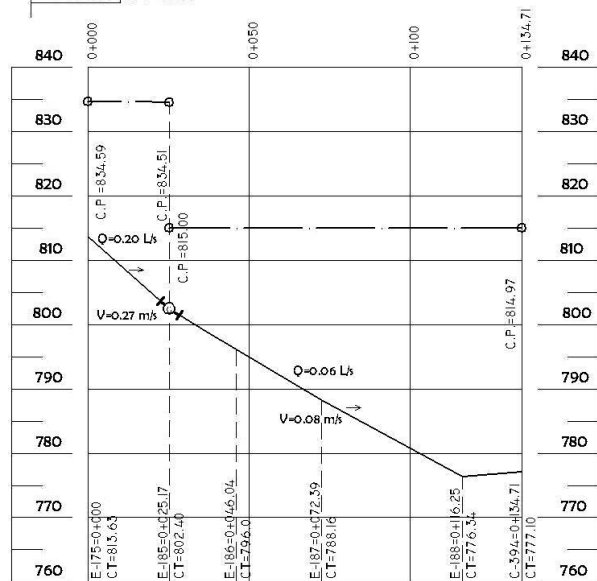
**PERFIL RAMAL E-176 A E-185**

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA HORIZONTAL 1:1000, ESCALA VERTICAL 1:500



**PLANTA RAMAL E-175 A C-394**

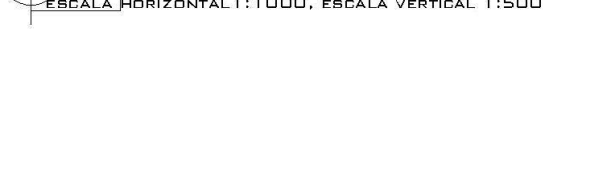
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA 1:1000



23 TUBOS PVC Ø1" 160 PSI L = 134.71 M

**PERFIL RAMAL E-175 A C-394**

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA HORIZONTAL 1:1000, ESCALA VERTICAL 1:500



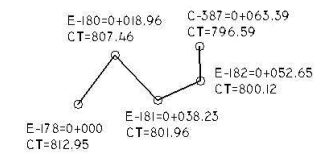
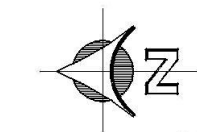
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE CHIQUIMULA, CHIQUIMULA



PROYECTO:  
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA MARAXCÓ, CHIQUIMULA

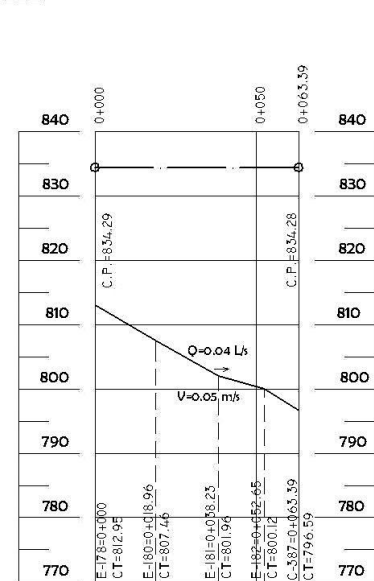
DISEÑO: F. M. C. P.	CONTENIDO: PLANTA-PERFIL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	HOJA 5
CÁLULO: F. M. C. P.		
DIBUJO: F. M. C. P.	EPENISTA: ING. ANCEL ROBERTO SAGARÁ	CARNE: 2300 1628
ESCALA: INDICADA	Vía No.:	
FECHA: FEBRERO 2,010	ING. ANCEL ROBERTO SAGARÁ ASESOR - SUPERVISOR E.R.S.	

18



**PLANTA RAMAL E-178 A C-387**

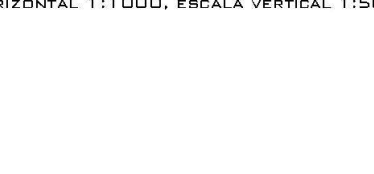
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA 1:1000



11 TUBOS PVC Ø1"  
160 PSI L = 63.39 M

**PERFIL RAMAL E-178 A C-387**

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA HORIZONTAL 1:1000, ESCALA VERTICAL 1:500



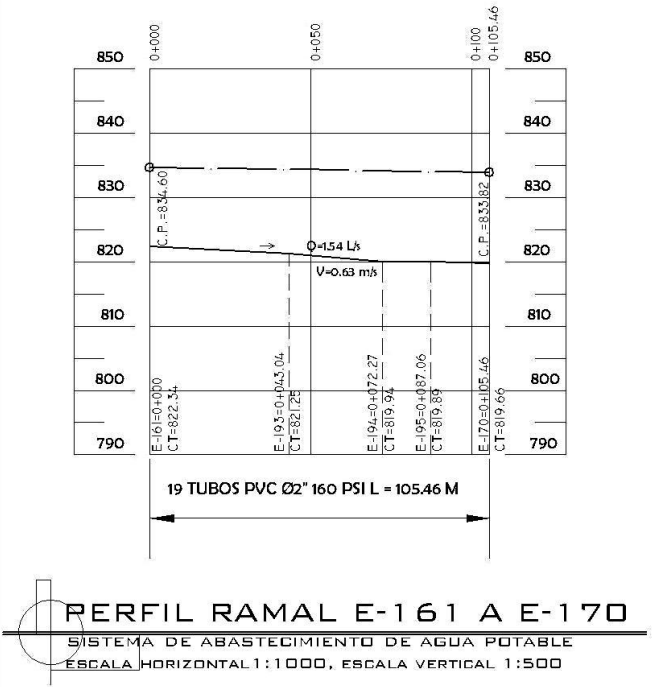
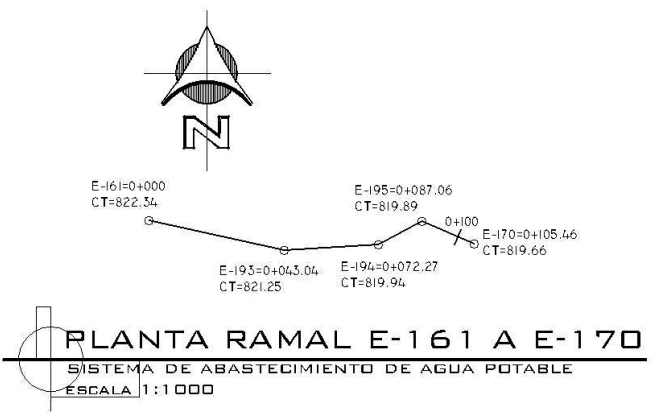
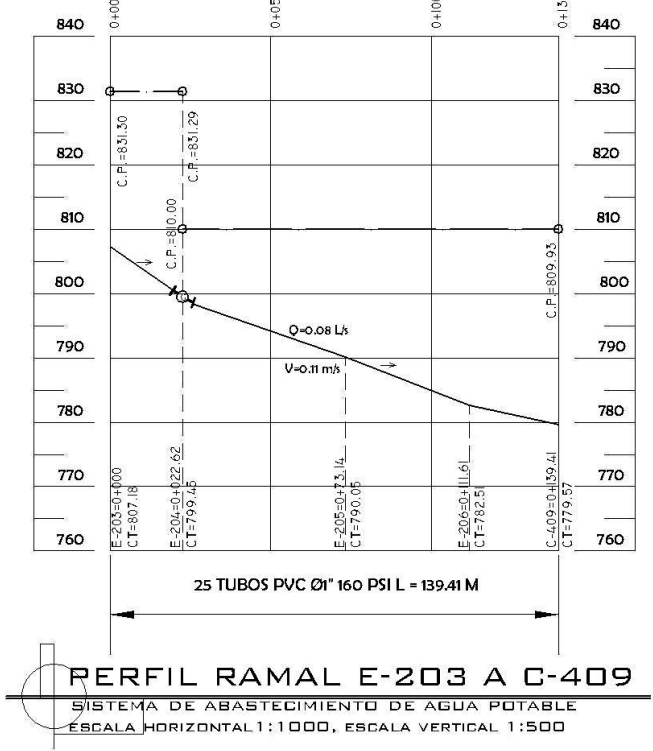
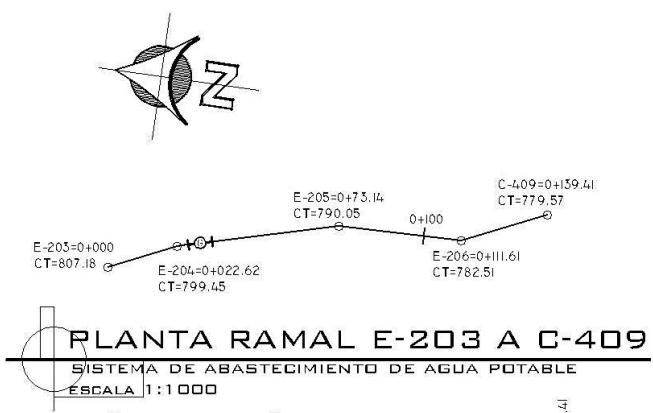
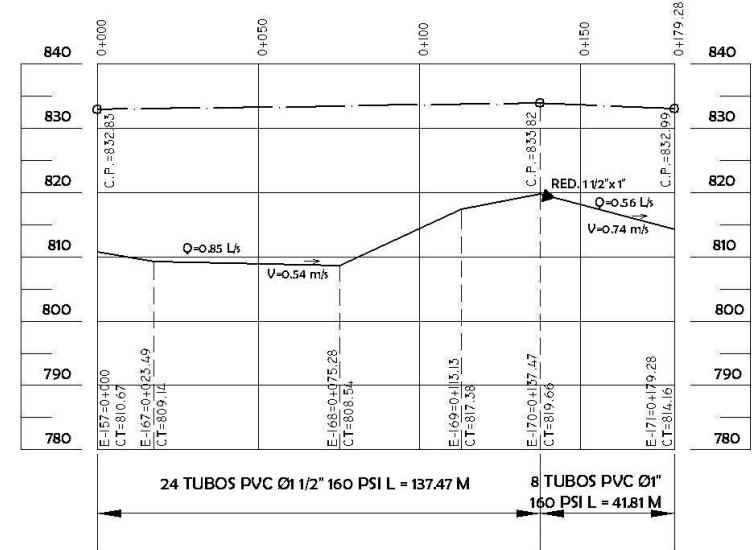
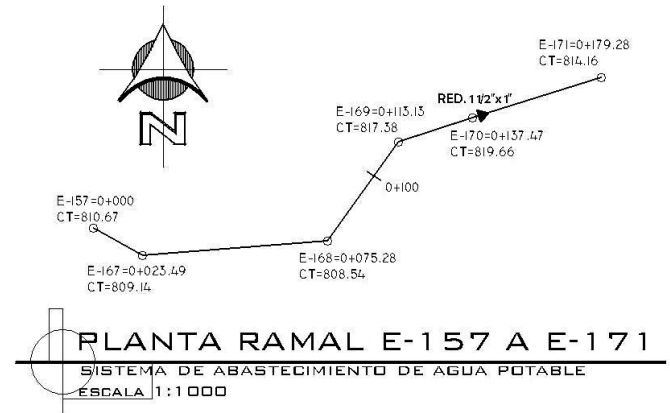


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE CHIQUIMULA, CHIQUIMULA



PROYECTO:  
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA MARAXCÓ, CHIQUIMULA

DISEÑO: F. M. C. P.	CONTENIDO: PLANTA-PERFIL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	HOJA 6
CÁLCULO: F. M. C. P.	EPENISTA: INGENIERO ROBERTO ESCOBAR	CARNE: 2309 1628
DIBUJO: F. M. C. P.	Votivo: _____	
ESCALA: INDICADA	FECHA: FEBRERO 2,010	
	ING. ÁNCEL ROBERTO ESCOBAR ASESOR - SUPERVISOR E.R.S.	



SIMBOLOGÍA	
E-218	Estación Número
C-436	Casa Número
E4	Escuela Número
CT=756.03	Cota de Terreno S.N.M.
CP=835.96	Cota Piezométrica
Q=7.88 L/s	Caudal del agua, litros por segundo
V=1.49 m/s	Velocidad del agua, metros por segundo
—	Línea de Distribución
○	Nodo
■ Vol = 138 m³	Tanque de almacenamiento y volumen interno del tanque, metros cúbicos
○—○	Reductor (Ver diámetros)
○—○	Válvula de globo Ø 1"
—	Línea piezométrica
→	Dirección del agua



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE CHIQUIMULA, CHIQUIMULA



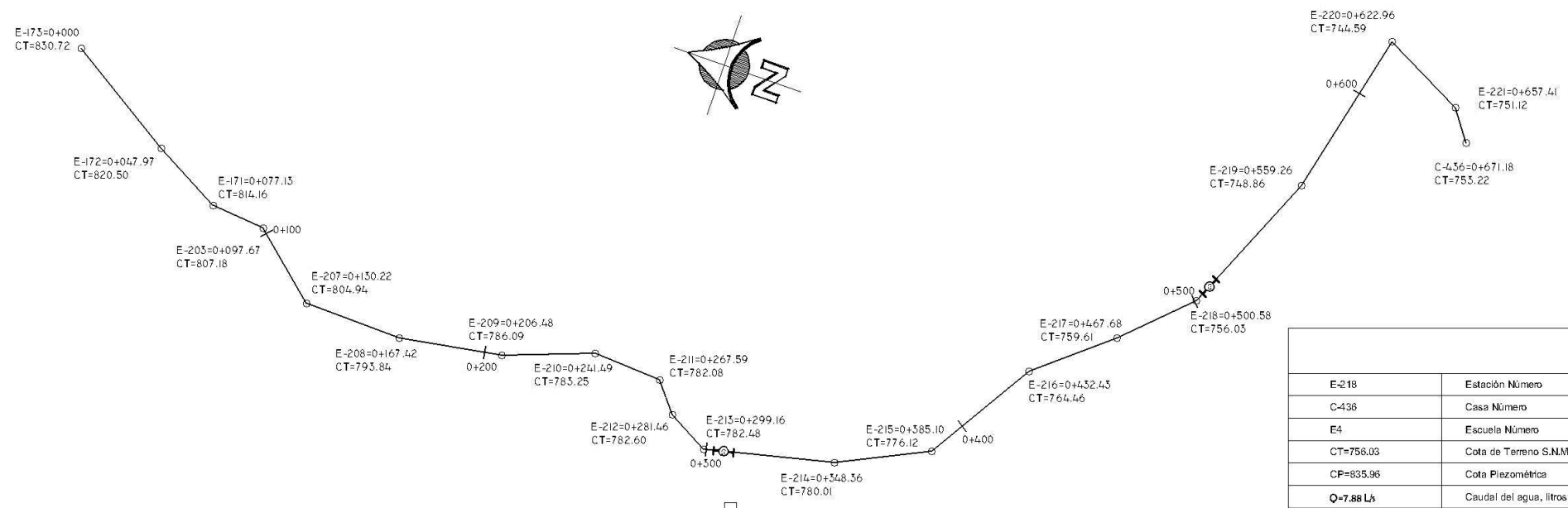
PROYECTO: PLANTA-PERFIL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

HOJA: 7 / 18

EPENISTA: [Nombre] CARNÉ: [Número]

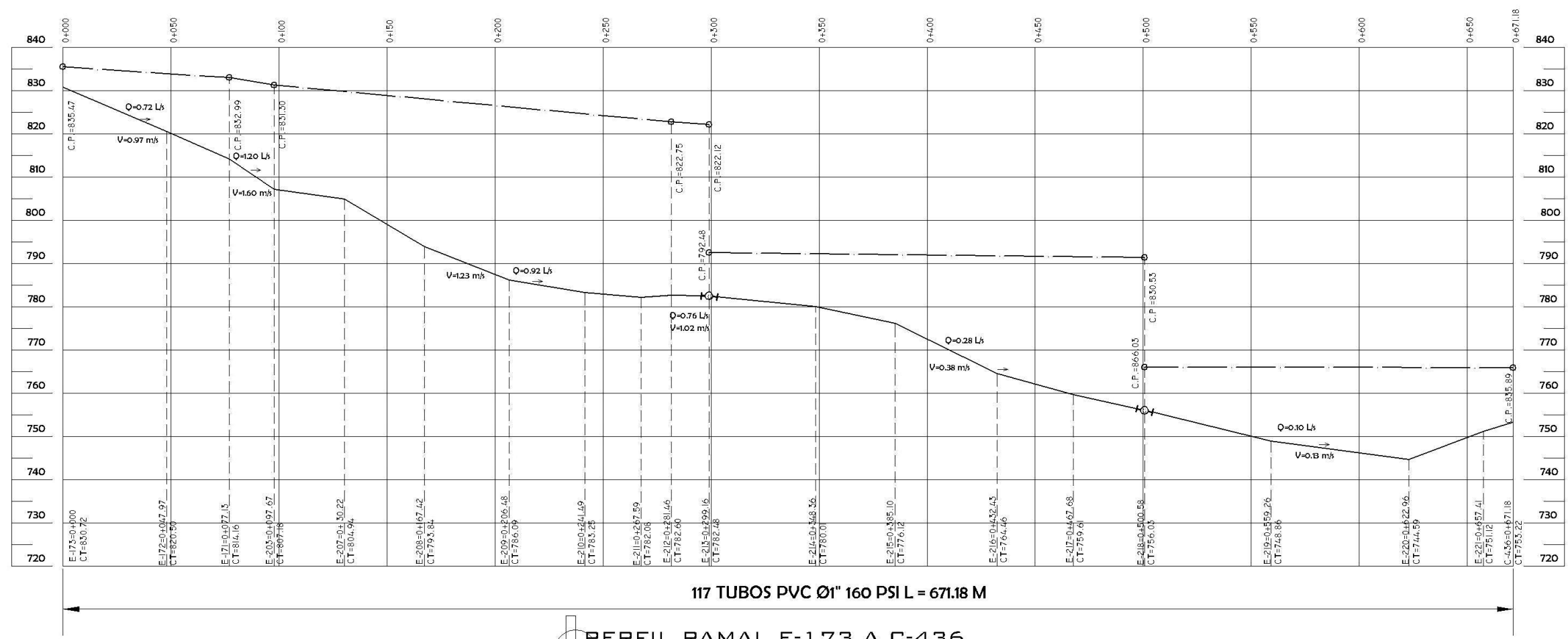
FECHA: FEBRERO 2010

ING. ÁNCEL ROBERTO SANCHEZ  
ASESOR - SUPERVISOR E.R.S.



**PLANTA RAMAL E-173 A C-436**  
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA 1:1000

SIMBOLOGÍA			
E-218	Estación Número		Nodo
C-436	Casa Número		Tanque de almacenamiento y volumen interno del tanque, metros cúbicos
E4	Escuela Número		
CT=758.03	Cota de Terreno S.N.M.		Reducidor (Ver diámetros)
CP=835.96	Cota Piezométrica		Válvula de globo Ø 1"
Q=7.88 L/s	Caudal del agua, litros por segundo		Línea piezométrica
V=1.49 m/s	Velocidad del agua, metros por segundo		Dirección del agua
	Línea de Distribución		



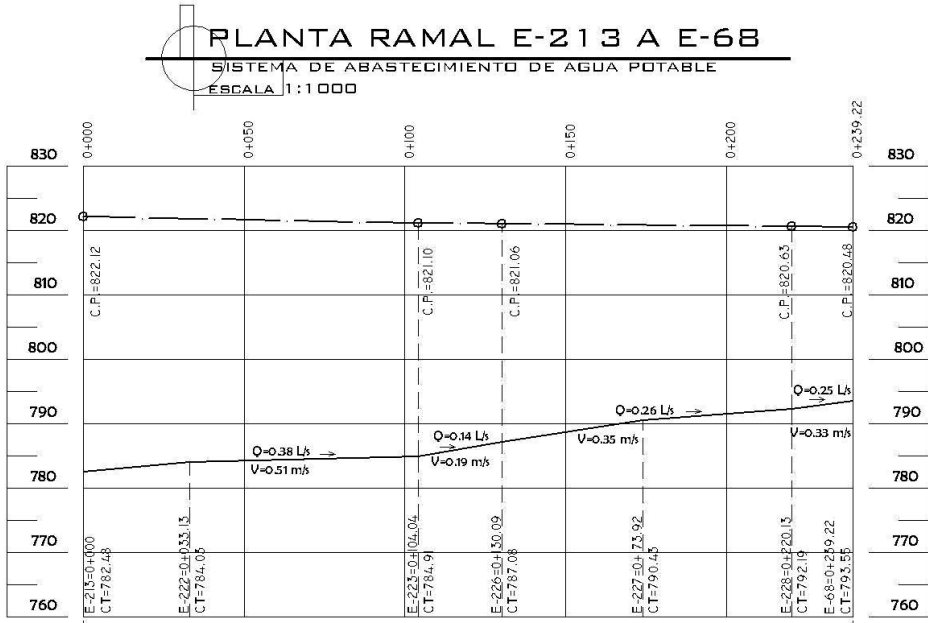
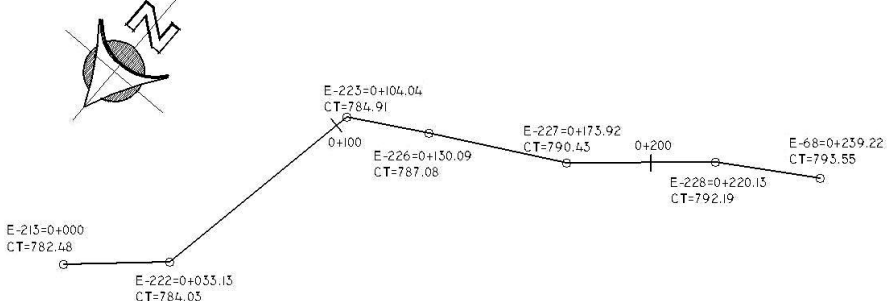
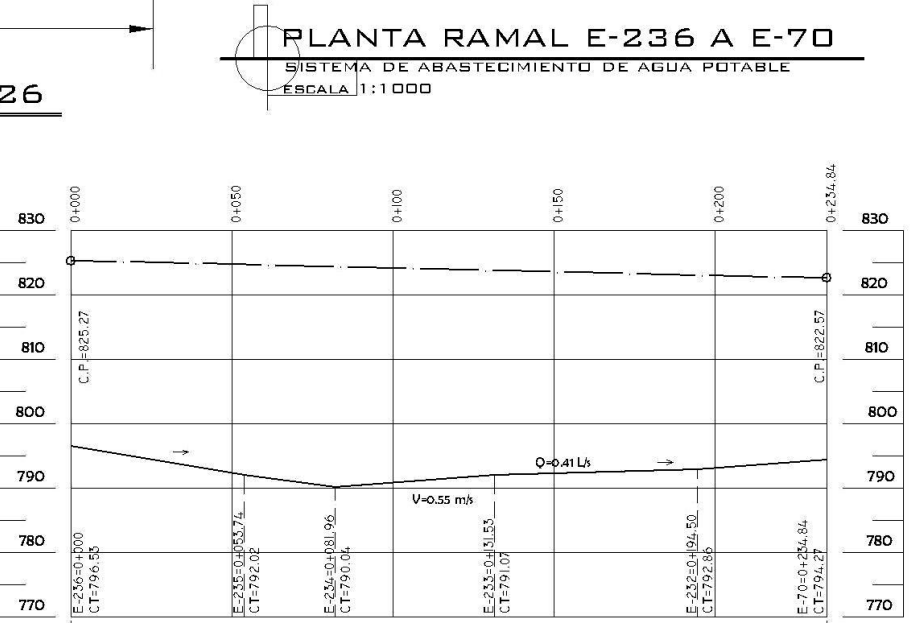
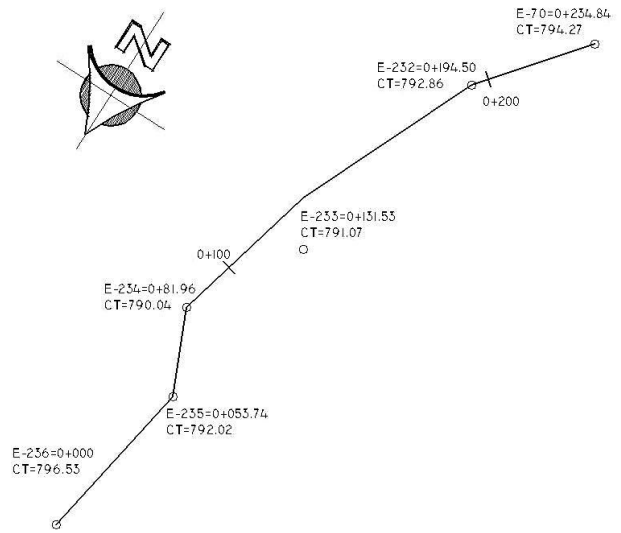
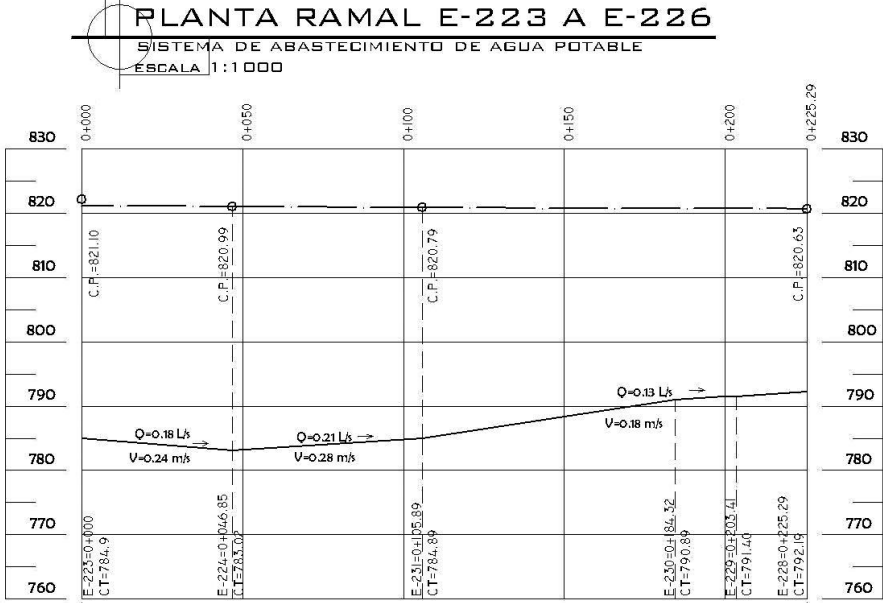
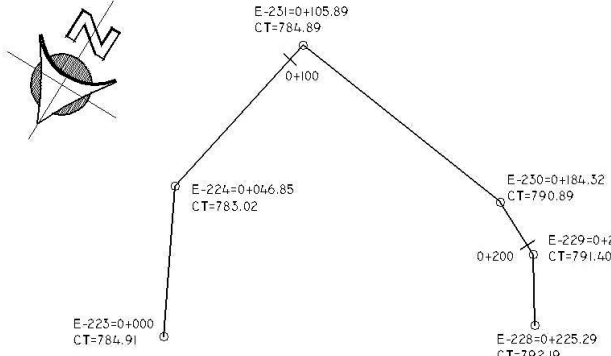
**PERFIL RAMAL E-173 A C-436**  
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA HORIZONTAL 1:1000, ESCALA VERTICAL 1:500

SIMBOLOGÍA	
E-218	Estación Número
C-436	Casa Número
E4	Escuela Número
CT=758.03	Cota de Terreno S.N.M.
CP=835.96	Cota Piezométrica
Q=7.88 L/s	Caudal del agua, litros por segundo
V=1.49 m/s	Velocidad del agua, metros por segundo
	Línea de Distribución
	Nodo
	Tanque de almacenamiento y volumen interno del tanque, metros cúbicos
	Reductor (Ver diámetros)
	Válvula de globo Ø 1"
	Línea piezométrica
	Dirección del agua

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE CHIQUIMULA, CHIQUIMULA

PROYECTO:  
**SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA MARAXCÓ, CHIQUIMULA**

DISEÑO: F. M. C. P.	CONTENIDO: PLANTA-PERFIL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	HOJA 8
CALCULO: F. M. C. P.		
DIBUJO: F. M. C. P.	EPENISTA: ING. ANCEL ROBERTO SANCHEZ	CARNE: 2309 16268
ESCALA: INDICADA	Votivo:	
FECHA: FEBRERO 2010	ING. ANCEL ROBERTO SANCHEZ ASESOR - SUPERVISOR E.R.S.	



**PERFIL RAMAL E-223 A E-226**  
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA HORIZONTAL 1:1000, ESCALA VERTICAL 1:500

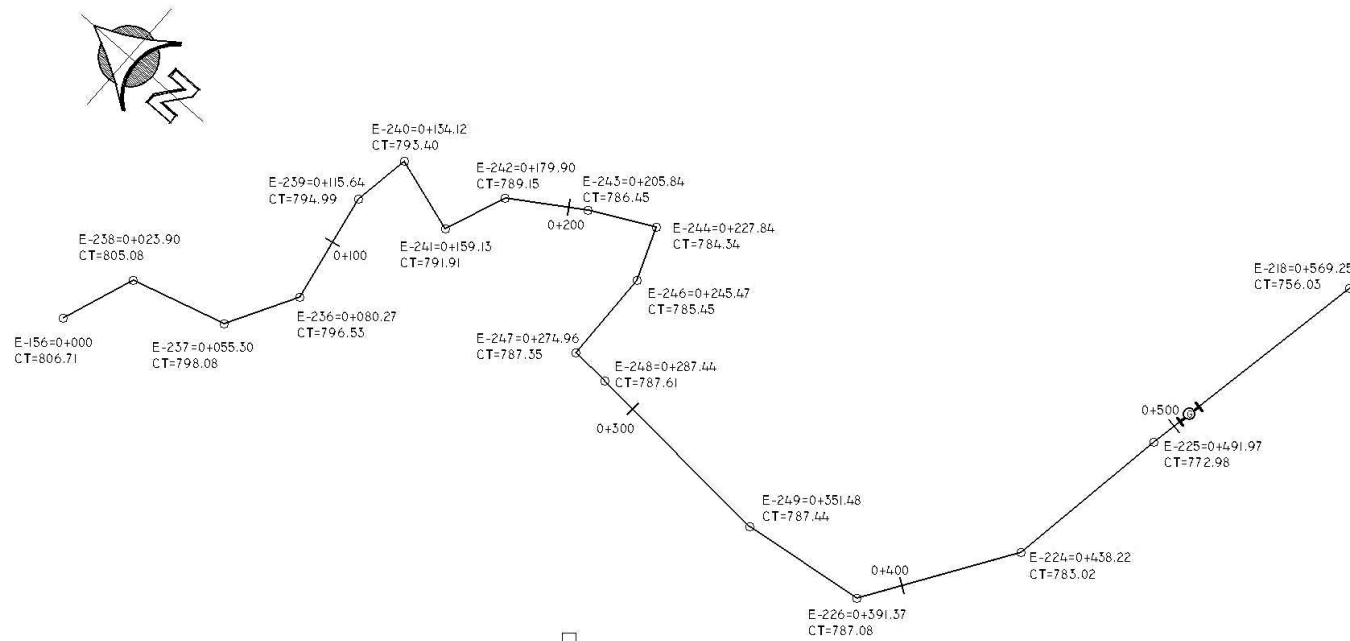
**PERFIL RAMAL E-236 A E-70**  
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA HORIZONTAL 1:1000, ESCALA VERTICAL 1:500

**PLANTA RAMAL E-213 A E-68**  
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA 1:1000

**PERFIL RAMAL E-213 A E-68**  
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA HORIZONTAL 1:1000, ESCALA VERTICAL 1:500

**PERFIL RAMAL E-236 A E-70**  
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA HORIZONTAL 1:1000, ESCALA VERTICAL 1:500





**PLANTA RAMAL E-156 A E-218**  
 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
 ESCALA 1:1000



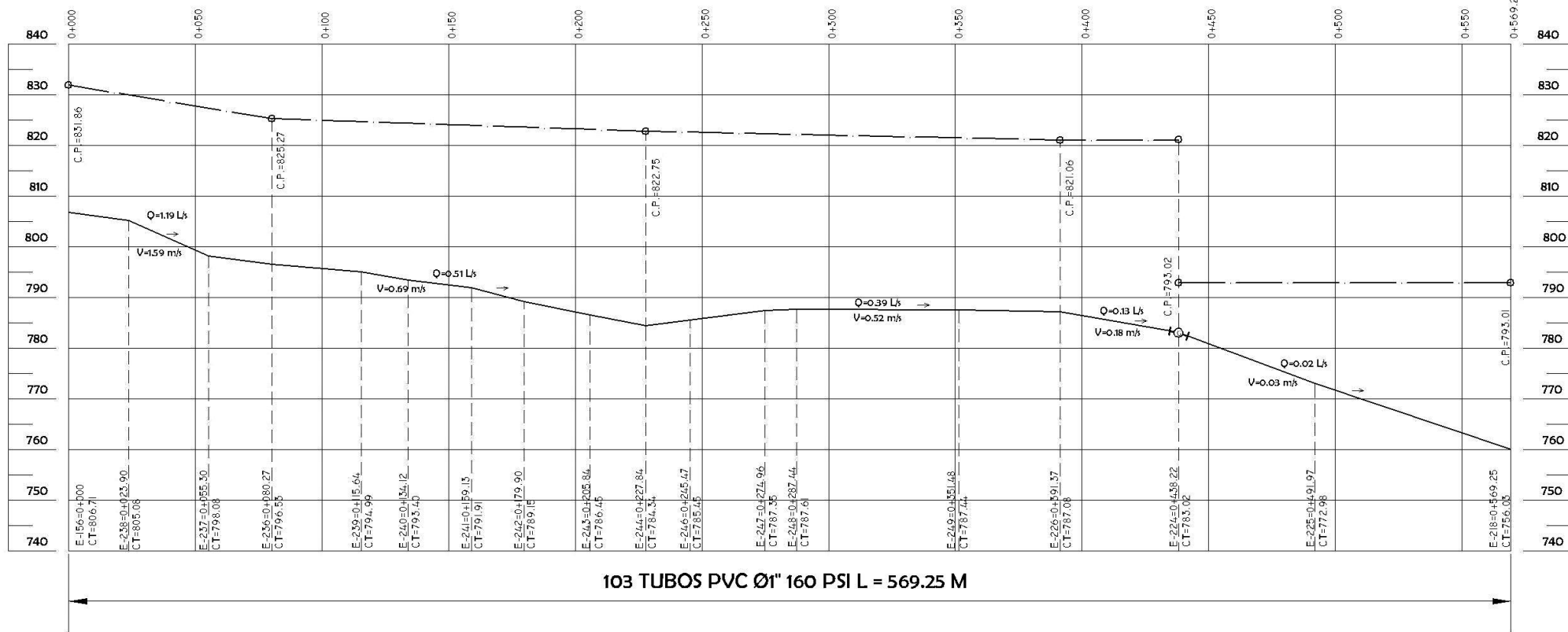
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
 MUNICIPALIDAD DE CHIQUIMULA, CHIQUIMULA



PROYECTO:  
**SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA MARAXCÓ, CHIQUIMULA**

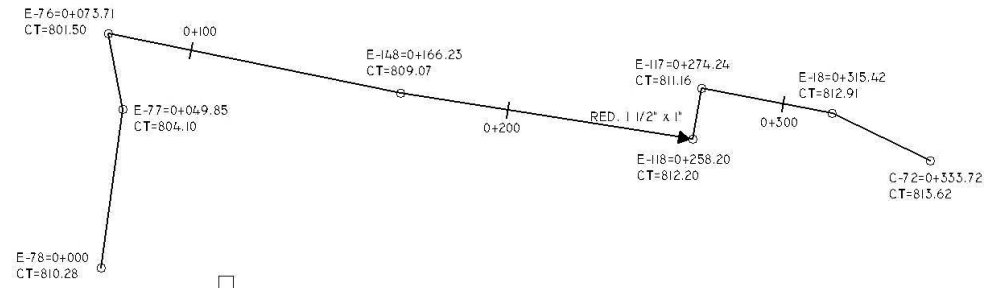
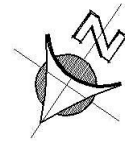
DISEÑO: F. M. C. P.	CONTENIDO: PLANTA-PERFIL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	HOJA 9
CALCULO: F. M. C. P.	EPENISTA: INGENIERO RESPONSABLE DEL PROYECTO	CARNE: 2309 1628
DIBUJO: F. M. C. P.	Yo. No.:	18
ESCALA: INDICADA	ING. ÁNCEL ROBERTO SANCHEZ ASESOR - SUPERVISOR E.R.S.	
FECHA: FEBRERO 2010		

SIMBOLOGÍA	
E-218	Estación Número
C-438	Casa Número
E4	Escuela Número
CT=756.03	Cota de Terreno S.N.M.
CP=835.96	Cota Piezométrica
Q=7.88 L/s	Caudal del agua, litros por segundo
V=1.49 m/s	Velocidad del agua, metros por segundo
—	Línea de Distribución
○	Nodo
■ Vol = 138 m³	Tanque de almacenamiento y volumen interno del tanque, metros cúbicos
○ — ○	Reductor (Ver diámetros)
○ — ○	Válvula de globo Ø 1"
—	Línea piezométrica
→	Dirección del agua



103 TUBOS PVC Ø1" 160 PSI L = 569.25 M

**PERFIL RAMAL E-156 A E-218**  
 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
 ESCALA HORIZONTAL 1:1000, ESCALA VERTICAL 1:500



**PLANTA RAMAL E-78 A C-72**

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA 1:1 000



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE CHIQUIMULA, CHIQUIMULA

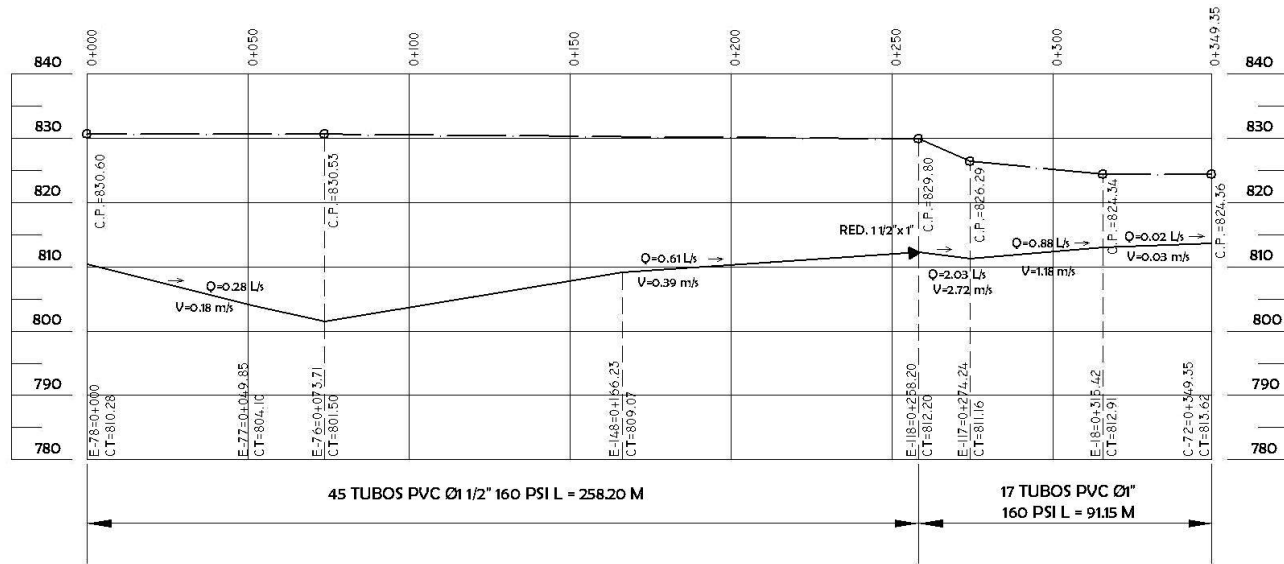


PROYECTO:  
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA MARAXCÓ, CHIQUIMULA

DISEÑO:  
F. M. C. P.  
CALCULO:  
F. M. C. P.  
DIBUJO:  
F. M. C. P.  
ESCALA:  
INDICADA  
FECHA:  
FEBRERO 2,010

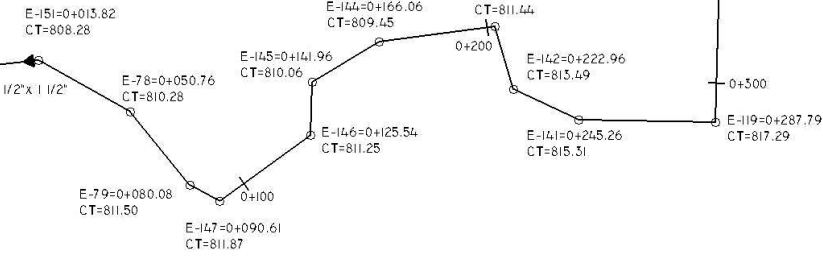
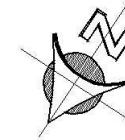
CONTENIDO:  
PLANTA-PERFIL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
EPENISTA:  
CARNE:  
ING. ÁNCEL ROBERTO SARGA  
ASESOR - SUPERVISOR E.R.S.

HOJA  
10  
18



**PERFIL RAMAL E-78 A C-72**

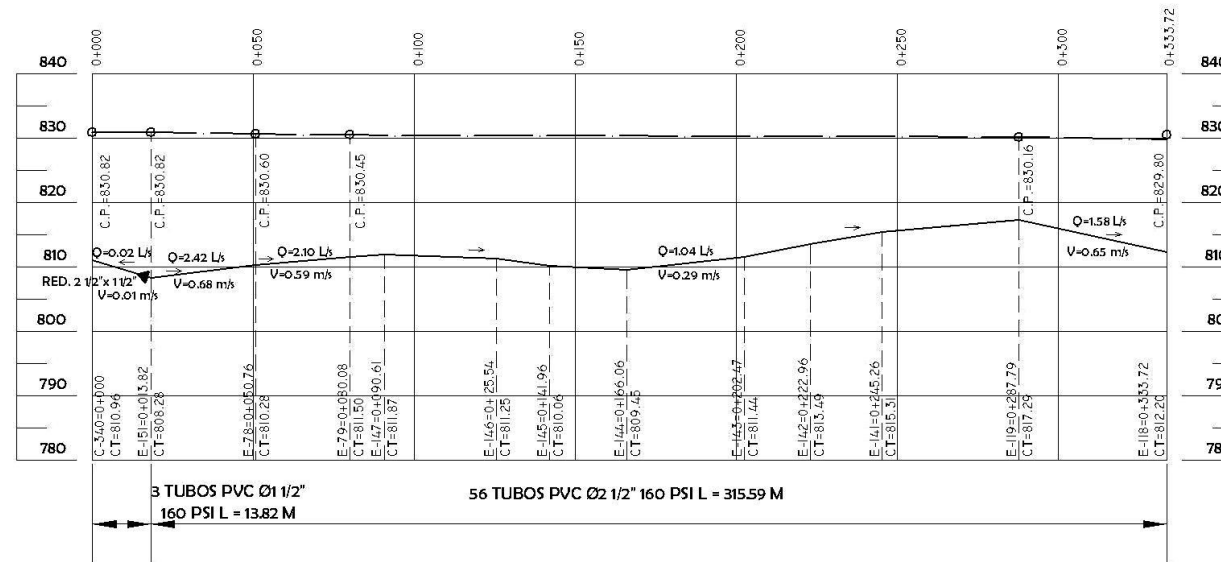
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA HORIZONTAL 1:1 000, ESCALA VERTICAL 1:500



**PLANTA RAMAL C-340 A E-118**

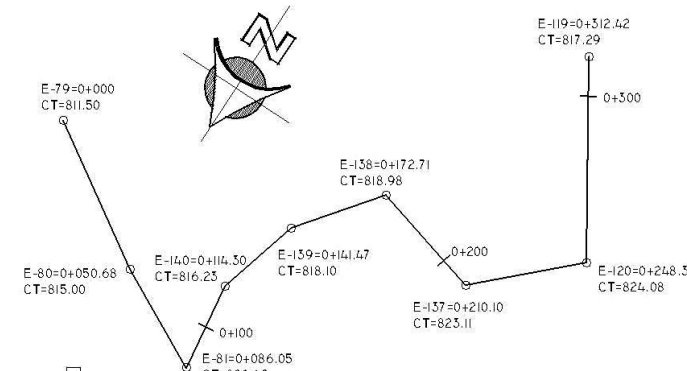
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA 1:1 000

SIMBOLOGÍA	
E-218	Estación Número
C-436	Casa Número
E4	Escuela Número
CT=756.03	Cota de Terreno S.N.M.
CP=835.96	Cota Piezométrica
Q=7.88 L/s	Caudal del agua, litros por segundo
V=1.49 m/s	Velocidad del agua, metros por segundo
—	Línea de Distribución
○	Nodo
■ Vol = 138 m³	Tanque de almacenamiento y volumen interno del tanque, metros cúbicos
○ — ○	Reductor (Ver diámetros)
○ —   — ○	Válvula de globo Ø 1"
—	Línea piezométrica
→	Dirección del agua

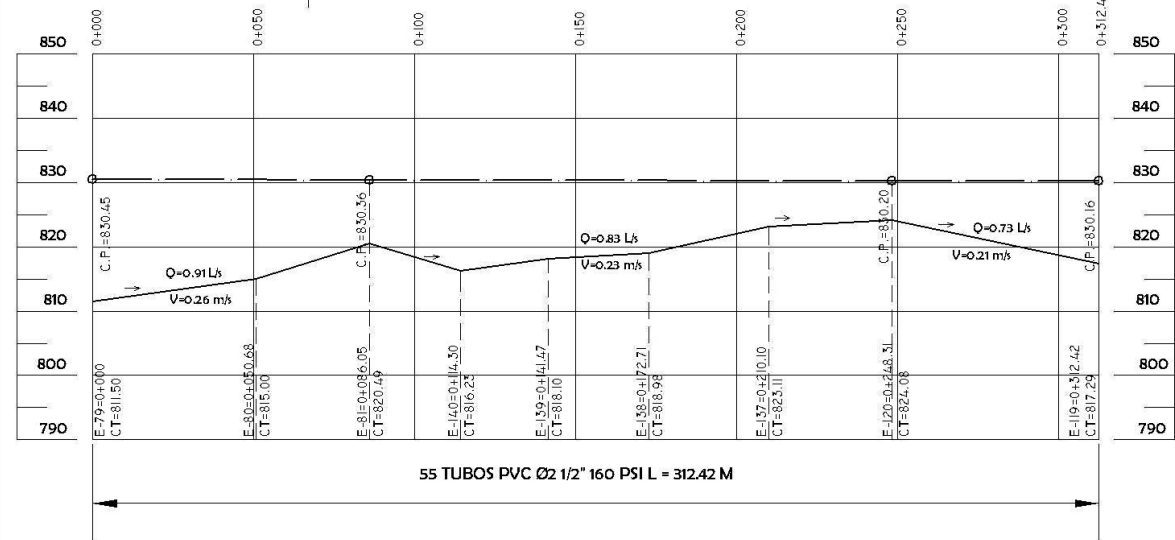


**PERFIL RAMAL C-340 A E-118**

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA HORIZONTAL 1:1 000, ESCALA VERTICAL 1:500



**PLANTA RAMAL E-79 A E-119**  
 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
 ESCALA 1:1 000



**PERFIL RAMAL E-79 A E-119**  
 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
 ESCALA HORIZONTAL 1:1 000, ESCALA VERTICAL 1:500

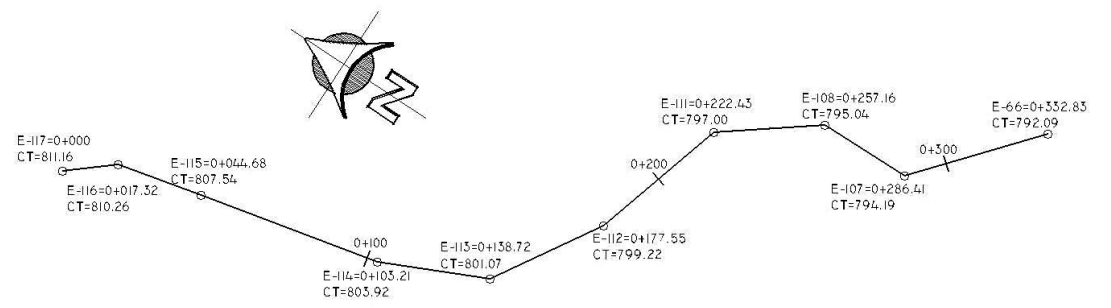
55 TUBOS PVC Ø2 1/2" 160 PSI L = 312.42 M

SIMBOLOGÍA	
E-218	Estación Número
C-436	Casa Número
E4	Escuela Número
CT=756.03	Cota de Terreno S.N.M.
CP=835.96	Cota Piezométrica
Q=7.88 L/s	Caudal del agua, litros por segundo
V=1.49 m/s	Velocidad del agua, metros por segundo
	Línea de Distribución
	Nodo
	Tanque de almacenamiento y volumen interno del tanque, metros cúbicos
	Reductor (Ver diámetros)
	Válvula de globo Ø 1"
	Línea piezométrica
	Dirección del agua

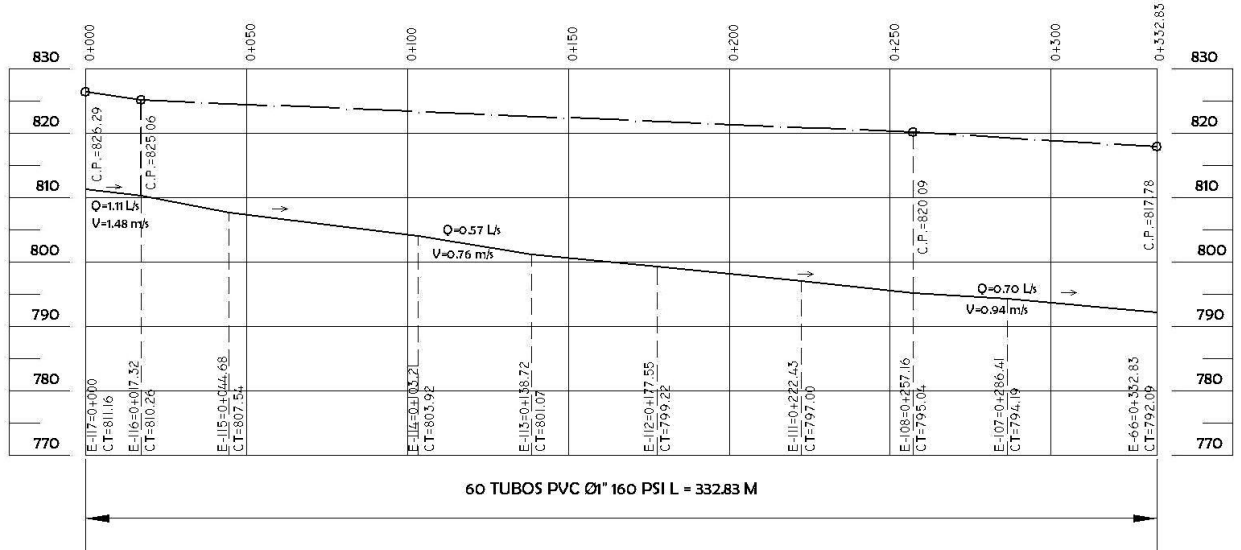
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
 MUNICIPALIDAD DE CHIQUIMULA, CHIQUIMULA

PROYECTO:  
**SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA MARAXCÓ, CHIQUIMULA**

DISEÑO: F. M. C. P.	CONTENIDO: PLANTA-PERFIL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	HOJA 11
CÁLULO: F. M. C. P.		
DIBUJO: F. M. C. P.	EPENISTA: ING. ANCEL ROBERTO SARGA	CARNE: 2300 1628
ESCALA: INDICADA	Vot. No.	
FECHA: FEBRERO 2,010	ING. ANCEL ROBERTO SARGA ASESOR - SUPERVISOR E.R.S.	

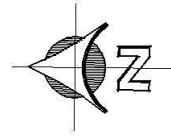


**PLANTA RAMAL E-117 A E-66**  
 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
 ESCALA 1:1 000



**PERFIL RAMAL E-117 A E-66**  
 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
 ESCALA HORIZONTAL 1:1 000, ESCALA VERTICAL 1:500

60 TUBOS PVC Ø1" 160 PSI L = 332.83 M



SIMBOLOGÍA	
E-218	Estación Número
C-438	Casa Número
E4	Escuela Número
CT=758.03	Cota de Terreno S.N.M.
CP=835.96	Cota Piezométrica
Q=7.88 L/s	Caudal del agua, litros por segundo
V=1.49 m/s	Velocidad del agua, metros por segundo
	Línea de Distribución
	Nodo
	Tanque de almacenamiento y volumen interno del tanque, metros cúbicos
	Reductor (Ver diámetros)
	Válvula de globo Ø 1"
	Línea piezométrica
	Dirección del agua

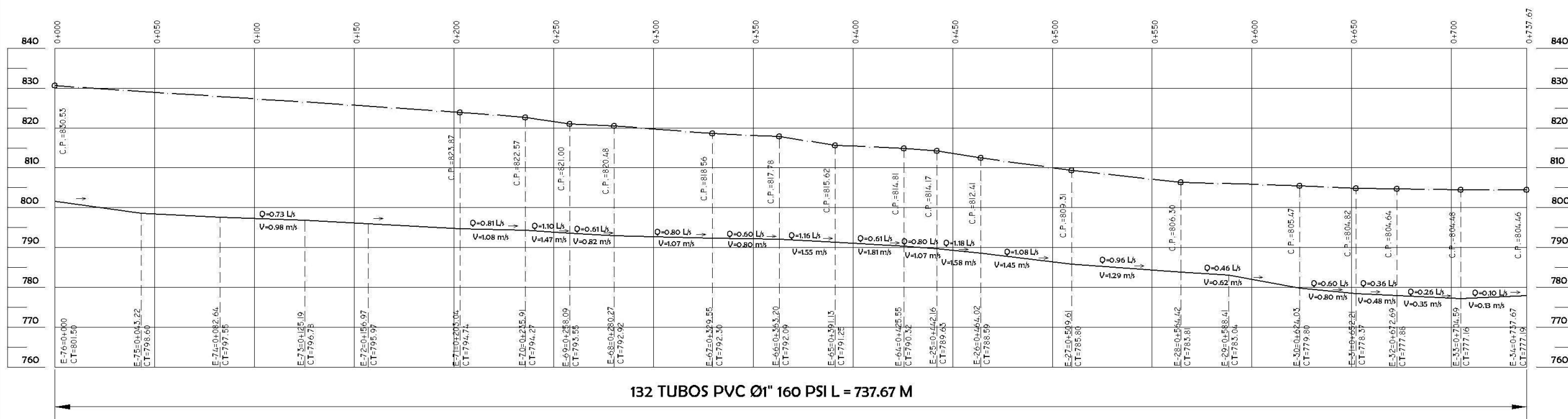
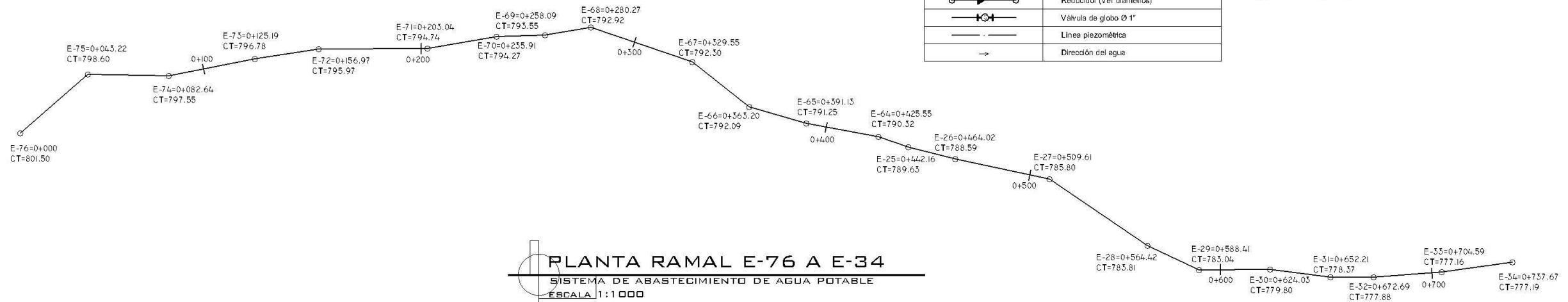


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUAYMAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE CHIOQUIMULA, CHIOQUIMULA



DISEÑO:  
F. M. C. P.  
CALCULO:  
F. M. C. P.  
DIBUJO:  
F. M. C. P.  
ESCALA:  
INDICADA  
FECHA:  
FEBRERO 2,010

CONTENIDO:  
PLANTA-PERFIL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
HOJA  
12  
18  
EPENISTA:  
ING. ANCEL ROBERTO SANCHEZ  
CARNÉ:  
2300 1628  
ING. ANCEL ROBERTO SANCHEZ  
ASESOR - SUPERVISOR E.R.S.



132 TUBOS PVC Ø1" 160 PSI L = 737.67 M

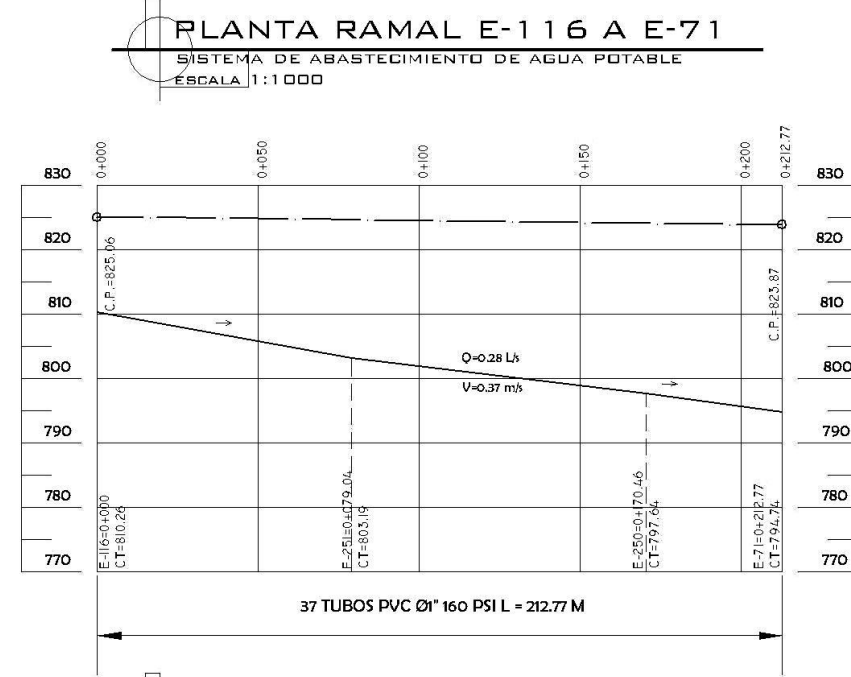
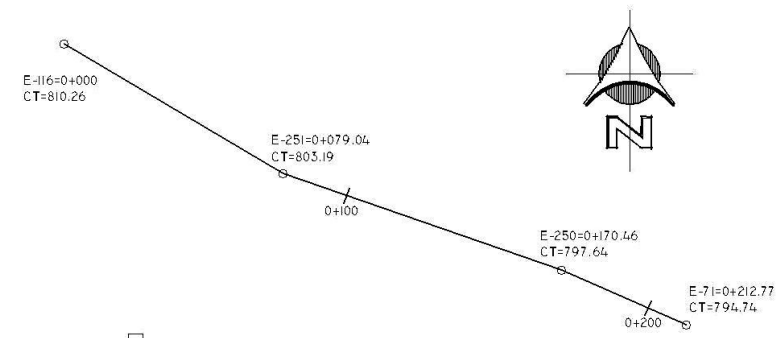
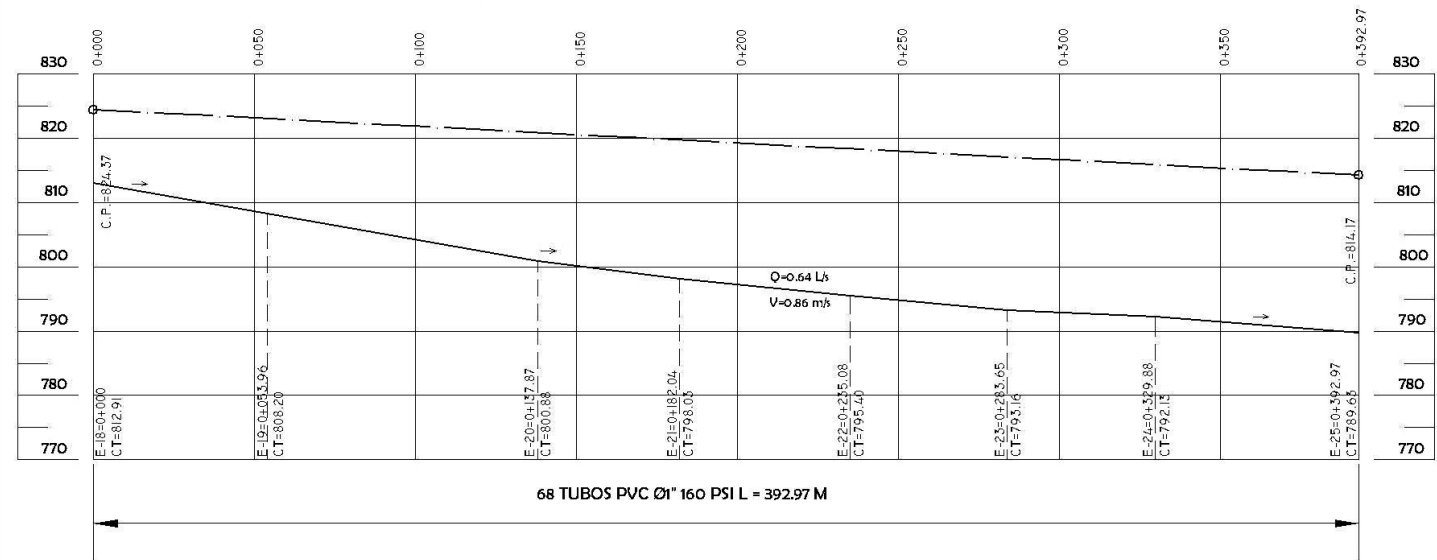
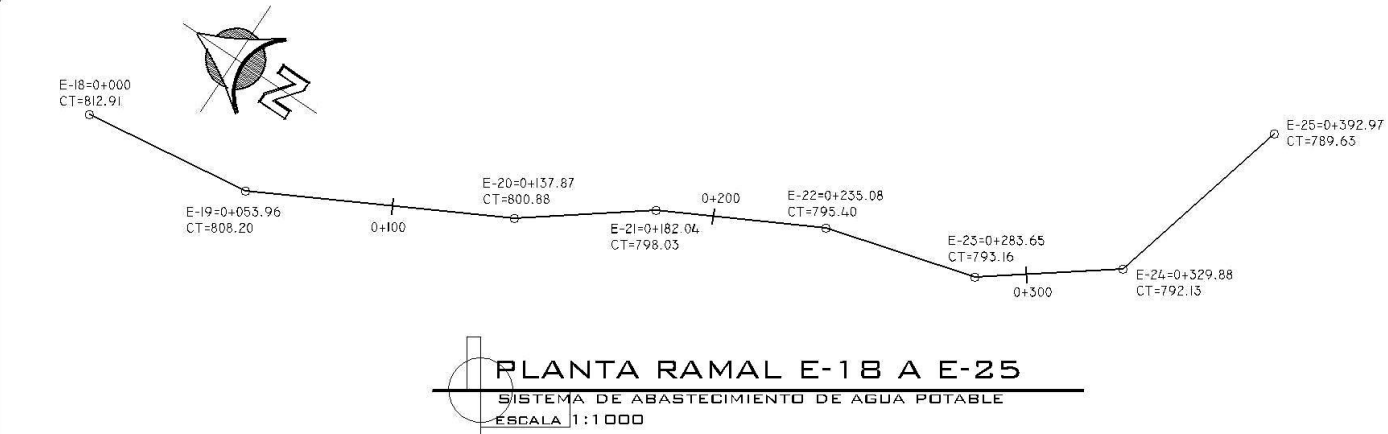


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE CHIQUIMULA, CHIQUIMULA

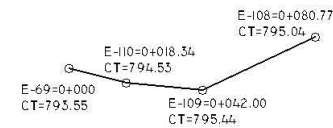
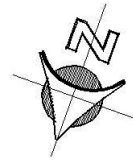


PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA MARAXCÓ, CHIQUIMULA

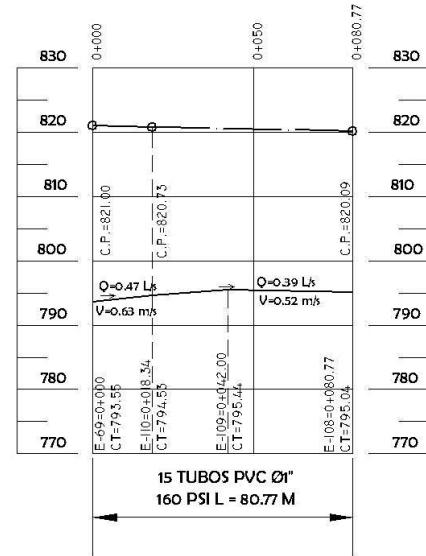
DISEÑO: F. M. C. P.	CONTENIDO: PLANTA-PERFIL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	HOJA 13
CÁLCULO: F. M. C. P.	EPENISTA: INGENIERO RESPONSABLE DEL PROYECTO	CARNE: 2300 1628
DIBUJO: F. M. C. P.	FECHA: FEBRERO 2,010	18
ESCALA: INDICADA	ING. ÁNCEL ROBERTO SARGA ASESOR - SUPERVISOR E.R.S.	



SIMBOLOGÍA	
E-218	Estación Número
C-436	Casa Número
E4	Escuela Número
CT=756.03	Cota de Terreno S.N.M.
CP=835.96	Cota Piezométrica
Q=7.88 L/s	Caudal del agua, litros por segundo
V=1.49 m/s	Velocidad del agua, metros por segundo
—	Línea de Distribución
○	Nodo
Vol = 138 m³	Tanque de almacenamiento y volumen interno del tanque, metros cúbicos
○—○	Reductor (Ver diámetros)
○	Válvula de globo Ø 1"
—	Línea piezométrica
→	Dirección del agua

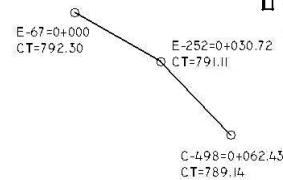
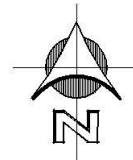


**PLANTA RAMAL E-69 A E-108**  
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA 1:1 000

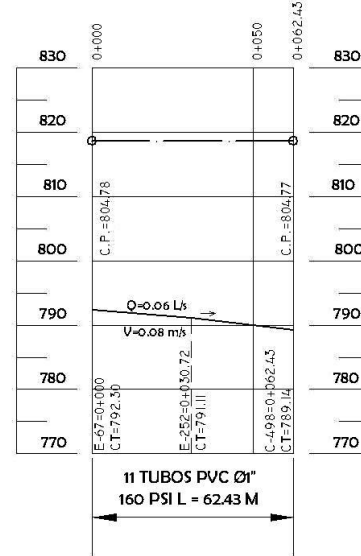


**PERFIL RAMAL E-69 A E-108**  
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA HORIZONTAL 1:1 000, ESCALA VERTICAL 1:500

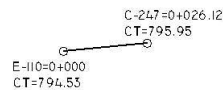
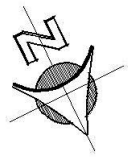
SIMBOLOGÍA	
E-218	Estación Número
C-436	Casa Número
E4	Escuela Número
CT=756.03	Cota de Terreno S.N.M.
CP=835.96	Cota Piezométrica
Q=7.88 L/s	Caudal del agua, litros por segundo
V=1.49 m/s	Velocidad del agua, metros por segundo
—	Línea de Distribución
○	Nodo
■ Vcl = 138 m³	Tanque de almacenamiento y volumen interno del tanque, metros cúbicos
○—○	Reductor (Ver diámetros)
○—○	Válvula de globo Ø 1"
—	Línea piezométrica
→	Dirección del agua



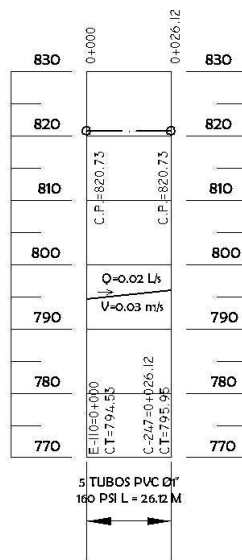
**PLANTA RAMAL E-67 A C-498**  
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA 1:1 000



**PERFIL RAMAL E-67 A C-498**  
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA HORIZONTAL 1:1 000, ESCALA VERTICAL 1:500



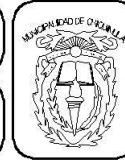
**PLANTA RAMAL E-110 A C-247**  
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA 1:1 000



**PERFIL RAMAL E-110 A C-247**  
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA HORIZONTAL 1:1 000, ESCALA VERTICAL 1:500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE CHIQUIMULA, CHIQUIMULA

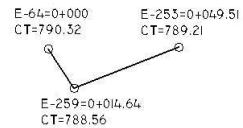
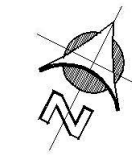


PROYECTO:  
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA MARAXCÓ, CHIQUIMULA

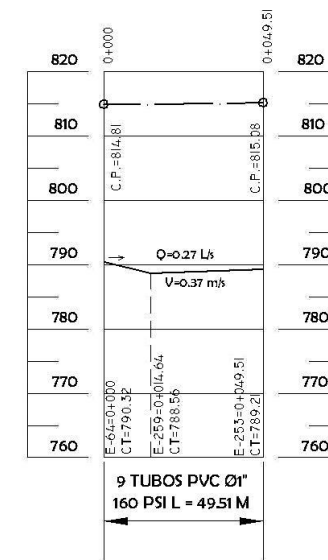
DISEÑO:  
F. M. C. P.  
CALCULO:  
F. M. C. P.  
DIBUJO:  
F. M. C. P.  
ESCALA:  
INDICADA  
FECHA:  
FEBRERO 2010

CONTENIDO:  
PLANTA-PERFIL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
EPENISTA:  
CARNÉ:  
ING. ÁNCEL ROBERTO SARGA  
ASESOR - SUPERVISOR E.R.S.

HOJA  
14  
18



**PLANTA RAMAL E-64 A E-253**  
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA 1:1 000



**PERFIL RAMAL E-64 A E-253**  
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA HORIZONTAL 1:1 000, ESCALA VERTICAL 1:500

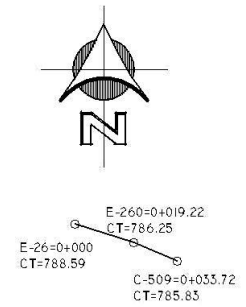


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE CHIQUIMULA, CHIQUIMULA

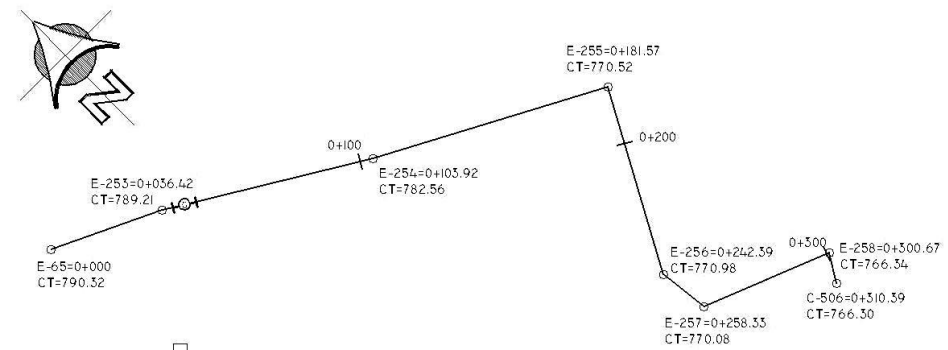


PROYECTO:  
**SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA MARAXCÓ, CHIQUIMULA**

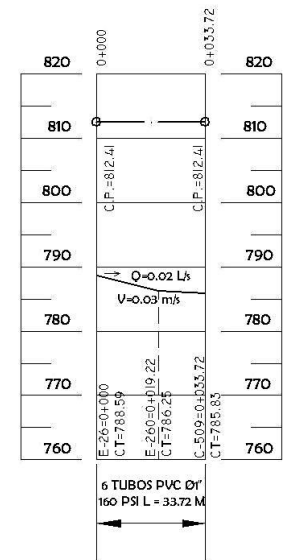
DISEÑO: F. M. C. P.	CONTENIDO: PLANTA-PERFIL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	HOJA 15 18
CALCULO: F. M. C. P.	EPENISTA: ING. ANCEL ROBERTO SANCHEZ	CARNE: 2300 1628
DIBUJO: F. M. C. P.	VIA: _____	
ESCALA: INDICADA	FECHA: FEBRERO 2,010	
ING. ANCEL ROBERTO SANCHEZ ASESOR - SUPERVISOR E.R.S.		



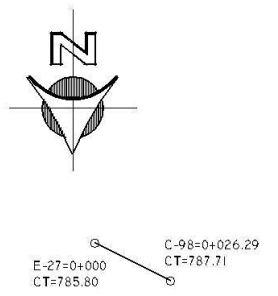
**PLANTA RAMAL E-26 A C-509**  
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA 1:1 000



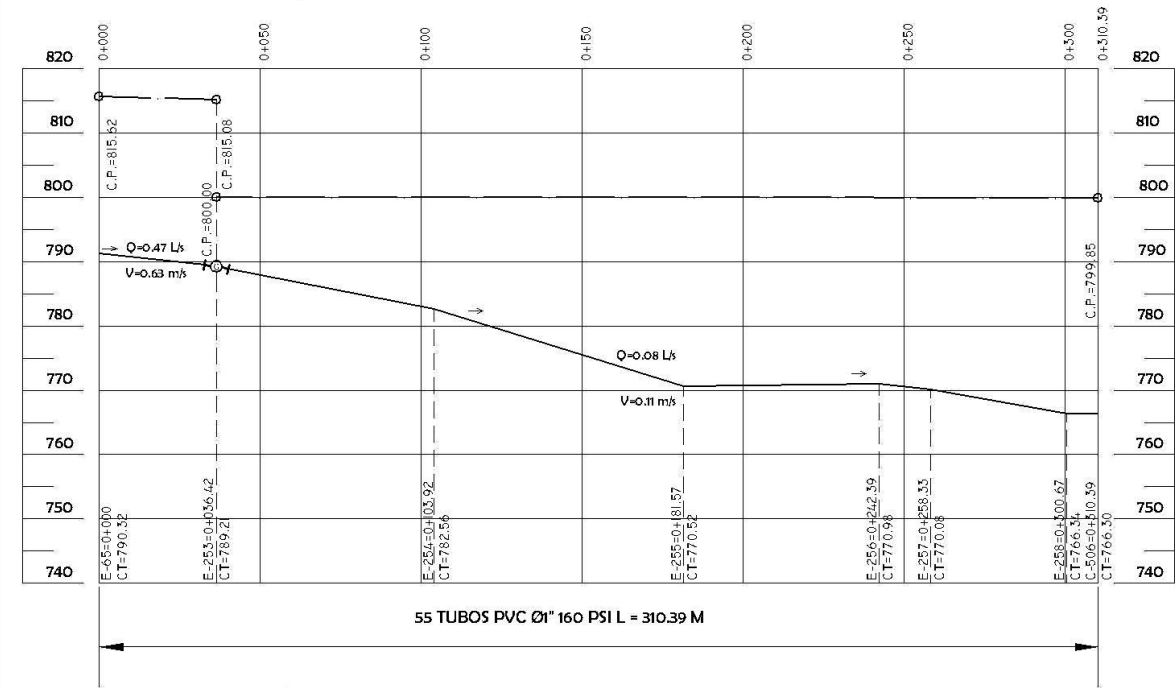
**PLANTA RAMAL E-65 A C-506**  
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA 1:1 000



**PERFIL RAMAL E-26 A C-509**  
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA HORIZONTAL 1:1 000, ESCALA VERTICAL 1:500

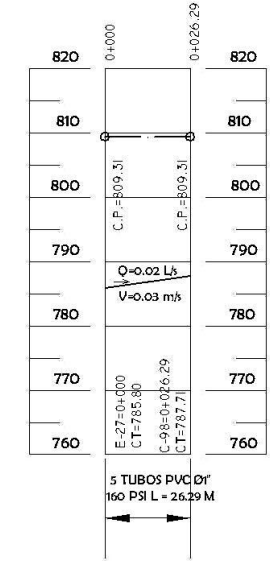


**PLANTA RAMAL E-27 A C-98**  
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA 1:1 000

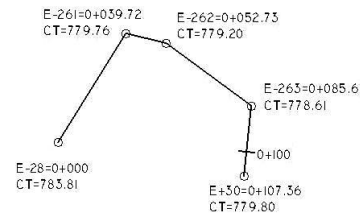
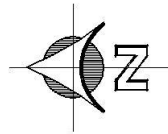


**PERFIL RAMAL E-65 A C-506**  
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA HORIZONTAL 1:1 000, ESCALA VERTICAL 1:500

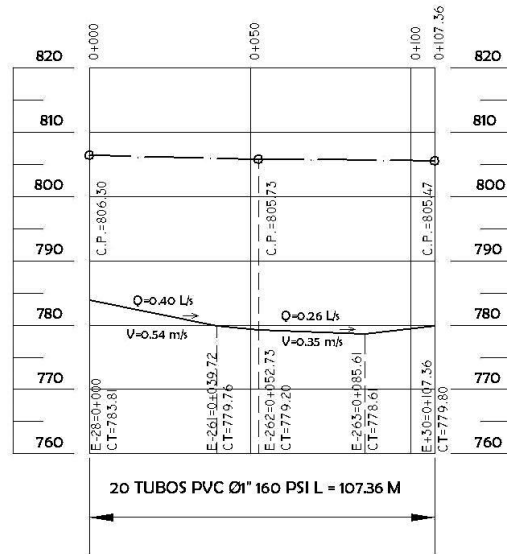
SIMBOLOGÍA	
E-218	Estación Número
C-436	Casa Número
E4	Escuela Número
CT=756.03	Cota de Terreno S.N.M.
CP=835.96	Cota Piezométrica
Q=7.88 L/s	Caudal del agua, litros por segundo
V=1.49 m/s	Velocidad del agua, metros por segundo
—	Línea de Distribución
○	Nodo
■	Tanque de almacenamiento y volumen interno del tanque, metros cúbicos
○—○	Reductor (Ver diámetros)
○—○	Válvula de globo Ø 1"
—	Línea piezométrica
→	Dirección del agua



**PERFIL RAMAL E-27 A C-98**  
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA HORIZONTAL 1:1 000, ESCALA VERTICAL 1:500

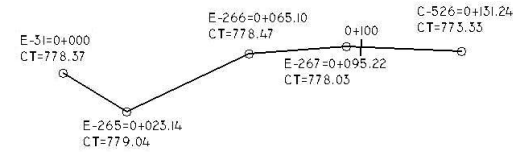
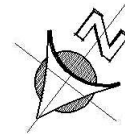


**PLANTA RAMAL E-28 A E-30**  
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA 1:1 000

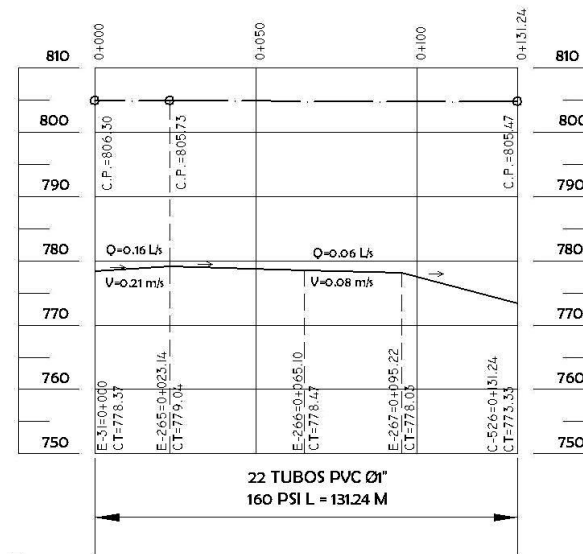


**PERFIL RAMAL E-28 A E-30**  
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA HORIZONTAL 1:1 000, ESCALA VERTICAL 1:500

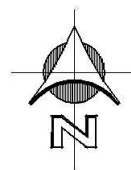
SIMBOLOGÍA	
E-218	Estación Número
C-436	Casa Número
E4	Escuela Número
CT=756.03	Cota de Terreno S.N.M.
CP=835.96	Cota Piezométrica
Q=7.88 L/s	Caudal del agua, litros por segundo
V=1.49 m/s	Velocidad del agua, metros por segundo
	Línea de Distribución
	Nodo
	Tanque de almacenamiento y volumen interno del tanque, metros cúbicos
	Reductor (Ver diámetros)
	Válvula de globo Ø 1"
	Línea piezométrica
	Dirección del agua



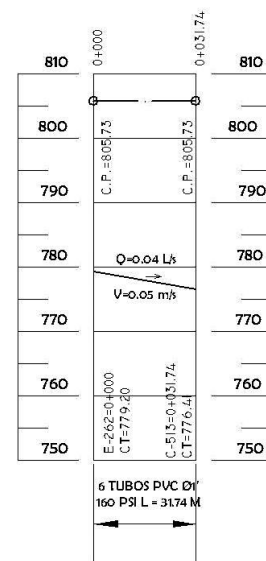
**PLANTA RAMAL E-31 A C-526**  
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA 1:1 000



**PERFIL RAMAL E-31 A C-526**  
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA HORIZONTAL 1:1 000, ESCALA VERTICAL 1:500



**PLANTA RAMAL E-262 A C-513**  
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA 1:1 000



**PERFIL RAMAL E-262 A C-513**  
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA HORIZONTAL 1:1 000, ESCALA VERTICAL 1:500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE CHIQUIMULA, CHIQUIMULA

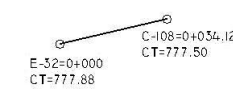
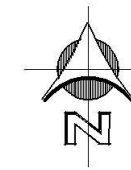


PROYECTO:  
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA MARAXCÓ, CHIQUIMULA

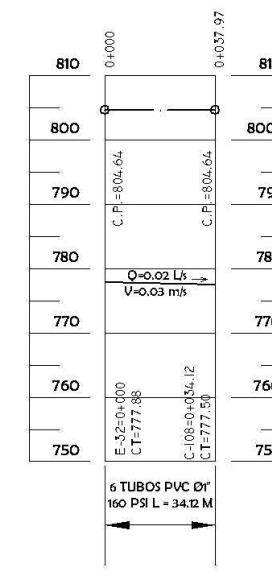
DISEÑO:  
F. M. C. P.  
CALCULO:  
F. M. C. P.  
DIBUJO:  
F. M. C. P.  
ESCALA:  
INDICADA  
FECHA:  
FEBRERO 2010

CONTENIDO:  
PLANTA-PERFIL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
EPENISTA:  
INGENIERO RESPONSABLE DEL PROYECTO  
CARNÉ:  
2300 1628  
Yo, Sr. \_\_\_\_\_  
ING. ÁNCEL ROBERTO SAGARÁ  
ASESOR - SUPERVISOR E.R.S.

HOJA  
16  
18

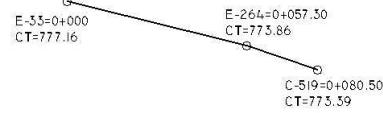
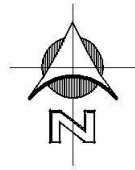


**PLANTA RAMAL E-32 A C-108**  
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA 1:1 000

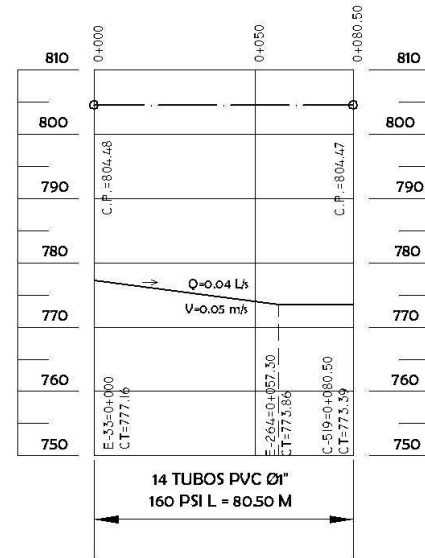


**PERFIL RAMAL E-32 A C-108**  
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA HORIZONTAL 1:1 000, ESCALA VERTICAL 1:500



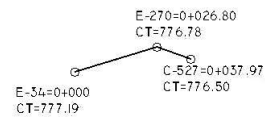
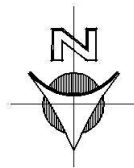


**PLANTA RAMAL E-110 A E-247**  
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA 1:1 000

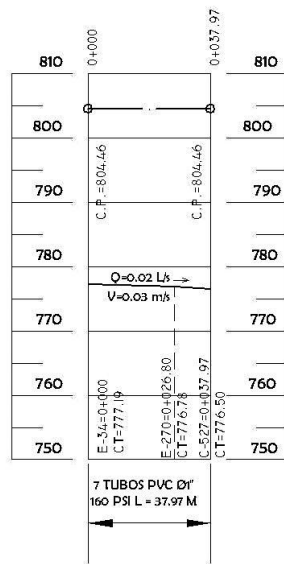


**PERFIL RAMAL E-110 A E-247**  
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA HORIZONTAL 1:1 000, ESCALA VERTICAL 1:500

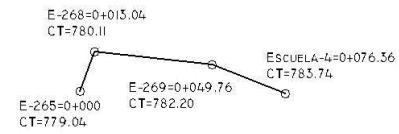
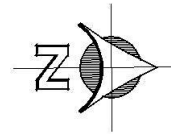
SIMBOLOGÍA	
E-218	Estación Número
C-438	Casa Número
E4	Escuela Número
CT=756.03	Cota de Terreno S.N.M.
CP=835.96	Cota Piezométrica
Q=7.88 L/s	Caudal del agua, litros por segundo
V=1.49 m/s	Velocidad del agua, metros por segundo
	Línea de Distribución
	Nodo
	Tanque de almacenamiento y volumen interno del tanque, metros cúbicos
	Reductor (Ver diámetros)
	Válvula de globo Ø 1"
	Línea piezométrica
	Dirección del agua



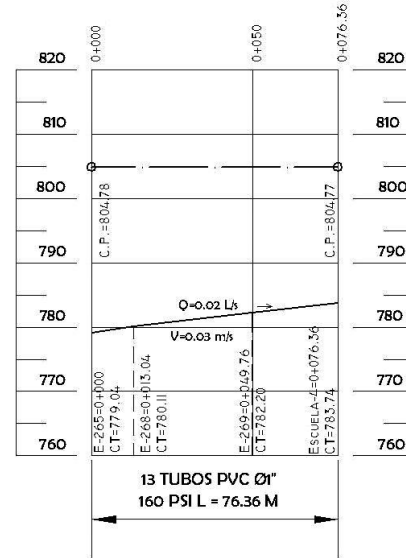
**PLANTA RAMAL E-34 A C-527**  
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA 1:1 000



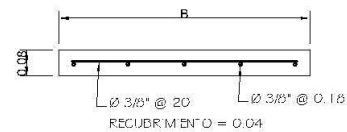
**PERFIL RAMAL E-34 A C-527**  
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA HORIZONTAL 1:1 000, ESCALA VERTICAL 1:500



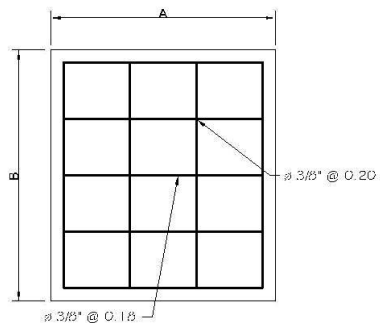
**PLANTA RAMAL E-265 A ESCUELA-4**  
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA 1:1 000



**PERFIL RAMAL E-265 A ESCUELA-4**  
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
ESCALA HORIZONTAL 1:1 000, ESCALA VERTICAL 1:500



**SECCIÓN DE ARMADO**  
TAPADERA DE CAJA DE VÁLVULAS  
ESCALA 1:10



**PLANTA DE ARMADO**  
TAPADERA DE CAJA DE VÁLVULAS  
ESCALA 1:10



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUAYMAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE CHIOJUMBA, CHIOJUMBA

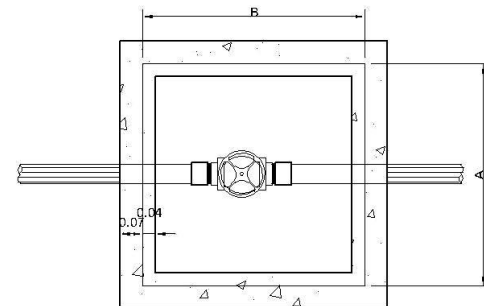


PROYECTO:  
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA MARAXCÓ, CHIOJUMBA

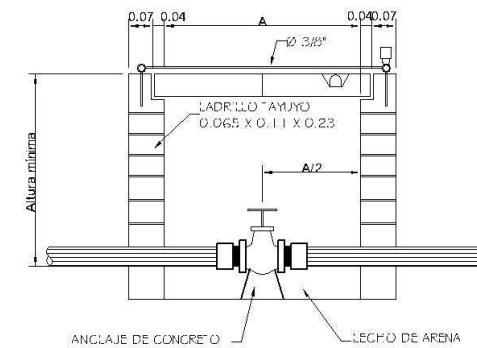
DISEÑO:  
F. M. C. P.  
CÁLCULO:  
F. M. C. P.  
DIBUJO:  
F. M. C. P.  
ESCALA:  
INDICADA  
FECHA:  
FEBRERO 2010

CONTENIDO:  
PLANTA-PERFIL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y DETALLE DE CAJAS DE VÁLVULAS  
EPISTOLA:  
CARNE:  
ING. ÁNCEL ROBERTO SANCHEZ  
ASESOR - SUPERVISOR E.R.S.

HOJA  
17  
18

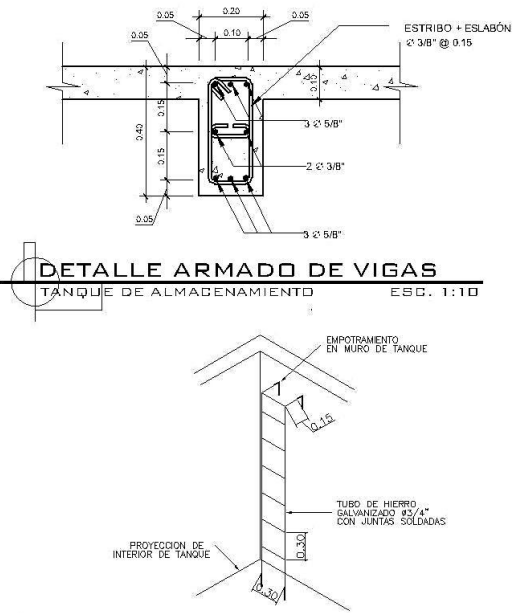
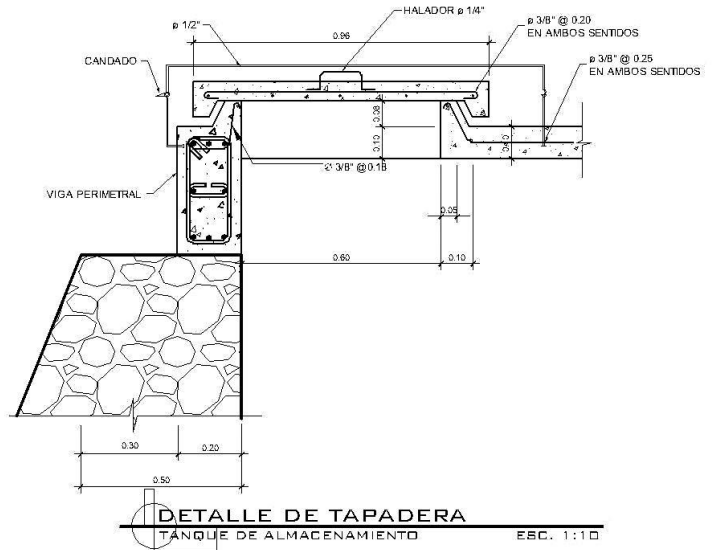
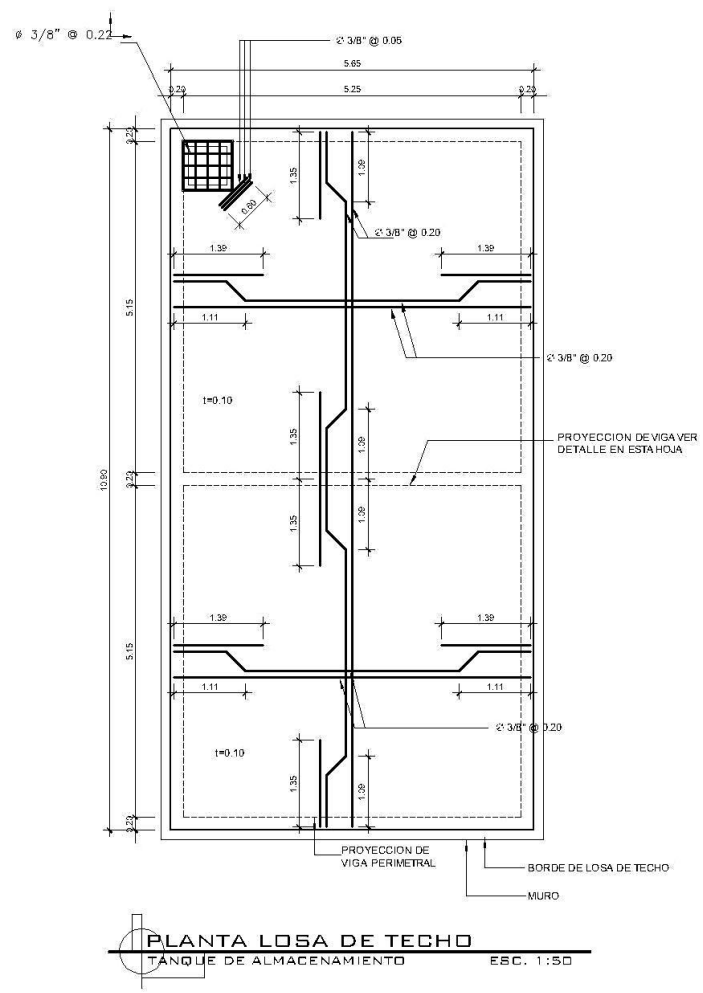
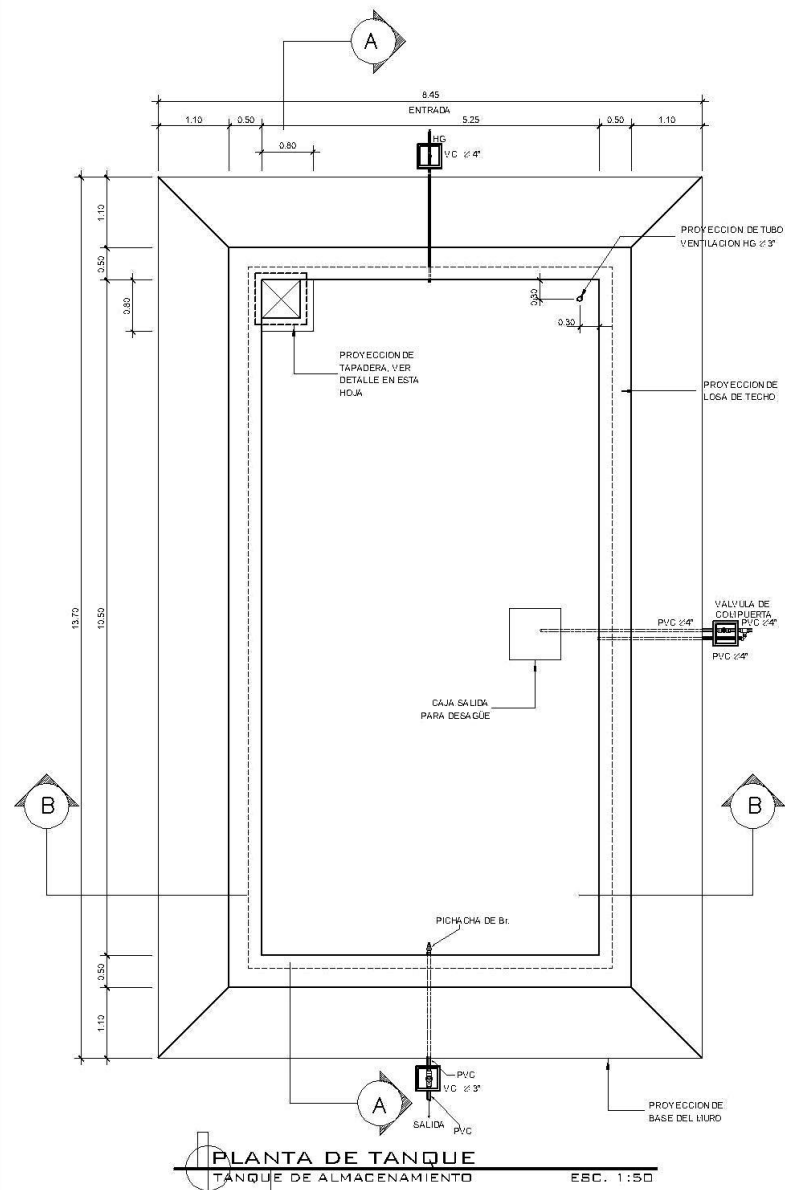


**PLANTA**  
CAJA DE VÁLVULAS  
ESCALA 1:10

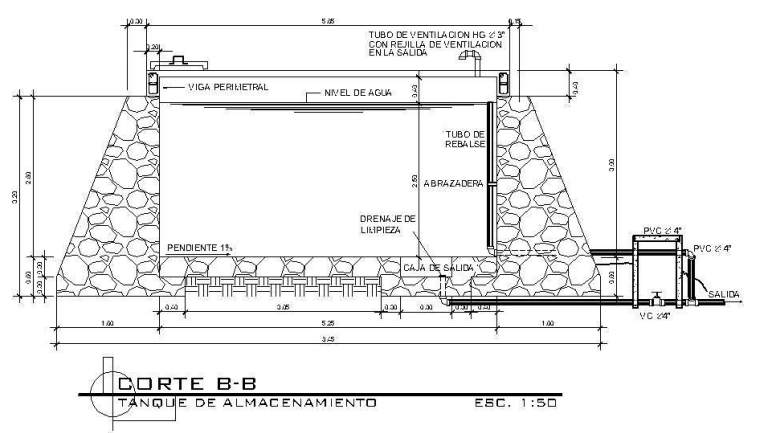
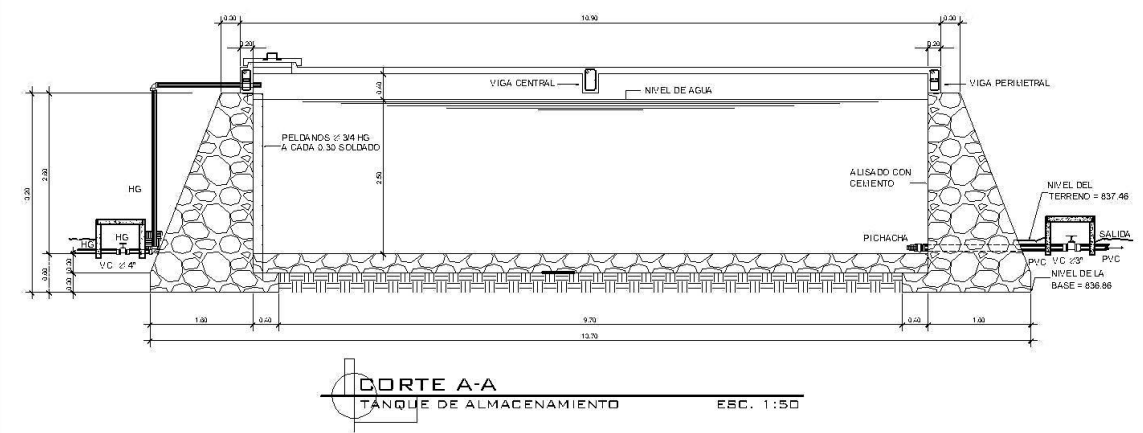


**ELEVACIÓN**  
CAJA DE VÁLVULAS  
ESCALA 1:10

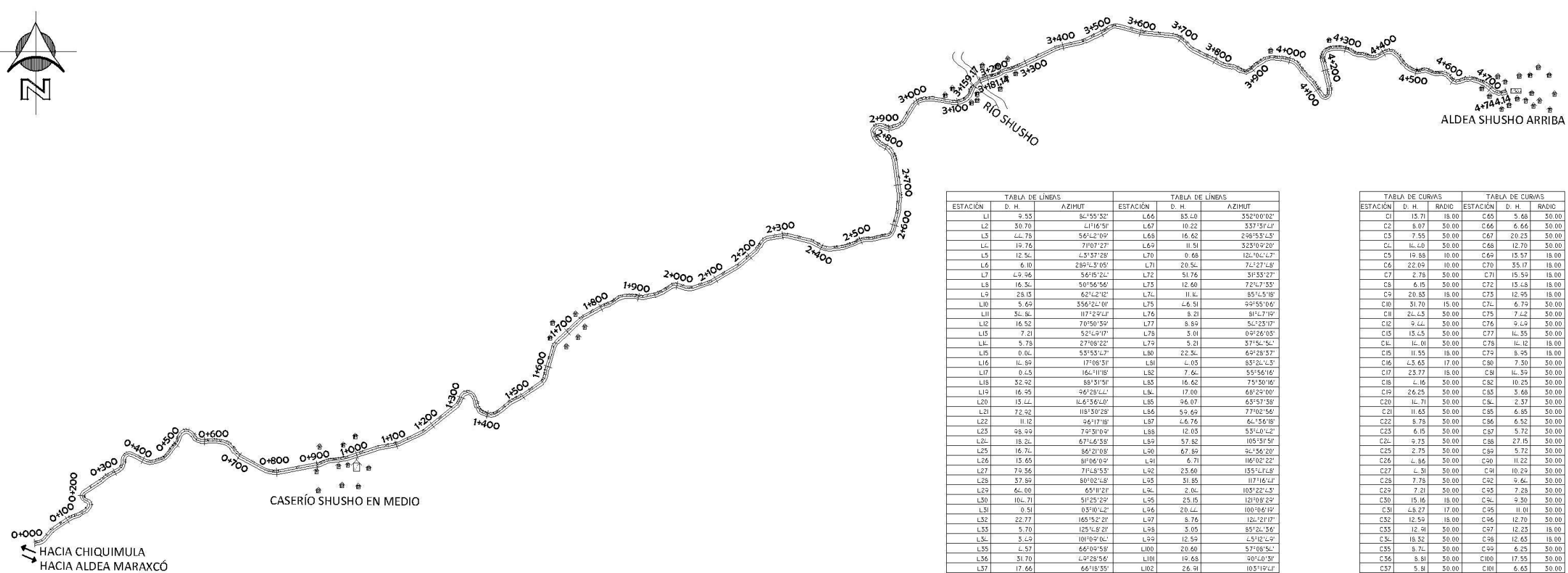
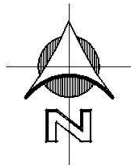
DIMENSIONES			
Ø	A	B	ALTURA MINIMA
1"	0.35	0.45	0.45
2"	0.70	0.78	0.60
4"	1.00	1.08	0.70



- NOTAS GENERALES**
1. Se usará concreto con  $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  (3,000 psi) a los 28 días con una relación agua-cemento = 0.55 (6 gal./saco)
  2. Se usará pedrín de  $3/4'' - 1''$ .
  3. Se usará acero de refuerzo con  $f_y = 2,810 \text{ Kg/cm}^2$  (Grado 40 Ksi).
  4. Todos los recubrimientos indicados se medirán desde el rostro del refuerzo a la cara exterior del concreto.
  5. El recubrimiento en la losa será de 0.03 m.
  6. La losa deberá fundirse con pañuelos con pendiente del 1% para evacuación del agua pluvial. La superficie deberá ser con acabado cernido.
  7. El tanque está diseñado para trabajar superficialmente o enterrado.
  8. Los muros serán de mampostería hechos de piedra bola en un 67% y sabeto de cemento-arena (1.2) en un 33%.
  9. La profundidad mínima de cimentación será de 0.40 m.
  10. Si el material de base es arenoso, deberá impermeabilizarse con lechada de cemento antes de fundir la losa inferior de mampostería.
  11. Todo lo referente a longitudes de anclaje y traslape de refuerzo se hará cumpliendo con las especificaciones para la construcción de acueductos rurales de UNEPAR y el reglamento de construcciones de concreto reforzado del ACI-318.
  12. Las paredes de las cajas de válvulas se construirán con ladrillo tuyo de soga.



	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE CHOQUEMULA, CHOQUEMULA		
	PROYECTO: <b>SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA MARAXCÓ</b>		
DISEÑO: F. M. C. P.	CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL TRAMO CARRETERO	HOJA 18 / 18	
CALCULO: F. M. C. P.	EFESISTA 248432 M.S.G.L. S. R.V.C. 11.06.94	CARNE: 2729 1626	
DIBUJO: F. M. C. P.	V.O.B.:		
ESCALA: INDICADA	INC. ÁNGEL ROBERTO SANCHEZ ASESOR - SUPERVISOR E.I.S.		
FECHA: FEBRERO 2, 2010			



CASERIO SHUSHO EN MEDIO

ALDEA SHUSHO ARRIBA

HACIA CHIQUIMULA  
HACIA ALDEA MARAXCÓ

**PLANTA CARRETERA**

TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE A LA ALDEA SHUSHO ARRIBA, CHIQUIMULA  
ESCALA 1:5000

TABLA DE LINEAS			TABLA DE LINEAS		
ESTACION	D. H.	AZIMUT	ESTACION	D. H.	AZIMUT
L1	9.55	84°55'32"	L66	55.60	352°00'02"
L2	30.70	41°16'51"	L67	10.22	357°55'41"
L3	44.78	56°22'09"	L68	16.62	298°53'45"
L4	19.76	71°07'27"	L69	11.51	325°09'20"
L5	12.54	45°57'28"	L70	0.68	126°06'47"
L6	6.10	289°43'05"	L71	20.54	74°27'48"
L7	49.96	56°15'24"	L72	51.76	31°55'27"
L8	16.54	50°56'56"	L73	12.60	72°47'35"
L9	28.15	62°42'12"	L74	11.44	85°45'18"
L10	5.69	555°24'01"	L75	46.51	92°55'08"
L11	54.54	117°29'44"	L76	9.21	81°47'19"
L12	16.52	70°50'39"	L77	8.89	54°23'17"
L13	7.21	52°49'17"	L78	5.01	09°26'03"
L14	5.78	27°08'22"	L79	5.21	37°54'54"
L15	0.04	53°55'47"	L80	22.54	69°28'57"
L16	14.89	17°08'51"	L81	4.03	83°24'45"
L17	0.45	164°11'18"	L82	7.64	55°56'16"
L18	32.92	88°31'51"	L83	16.62	75°50'16"
L19	16.95	96°28'44"	L84	17.00	68°29'00"
L20	15.44	146°56'40"	L85	96.07	63°57'58"
L21	72.92	118°50'28"	L86	59.69	77°02'58"
L22	11.12	96°17'18"	L87	46.76	64°56'18"
L23	98.99	73°31'09"	L88	12.03	53°10'42"
L24	18.24	67°46'38"	L89	57.82	105°51'51"
L25	16.74	84°21'08"	L90	67.89	94°34'20"
L26	15.65	81°06'09"	L91	6.71	116°02'22"
L27	79.56	71°48'55"	L92	23.60	155°41'48"
L28	37.89	80°02'48"	L93	31.85	117°16'41"
L29	64.00	65°11'21"	L94	2.04	103°22'45"
L30	104.71	51°25'23"	L95	25.15	121°08'23"
L31	0.51	03°10'42"	L96	20.44	100°06'19"
L32	22.77	165°52'21"	L97	8.76	124°21'17"
L33	5.70	125°43'21"	L98	3.05	83°24'36"
L34	5.19	110°19'04"	L99	12.59	45°18'49"
L35	4.57	66°09'58"	L100	20.60	57°08'54"
L36	31.70	49°28'56"	L101	19.63	30°40'31"
L37	17.66	64°18'55"	L102	26.91	103°19'41"
L38	61.29	55°12'59"	L103	22.22	143°48'00"
L39	18.58	11°02'14"	L104	32.53	156°02'50"
L40	54.97	16°51'52"	L105	35.21	144°55'15"
L41	81.54	46°55'50"	L106	11.09	00°24'54"
L42	51.91	61°01'14"	L107	59.90	54°41'53"
L43	14.04	70°45'14"	L108	5.50	553°56'08"
L44	12.32	51°55'26"	L109	3.23	09°24'13"
L45	17.90	59°49'57"	L110	6.85	73°00'44"
L46	7.85	102°12'20"	L111	14.31	30°18'51"
L47	25.40	75°15'03"	L112	9.23	107°12'37"
L48	16.02	65°02'59"	L113	7.56	125°27'08"
L49	16.21	55°15'50"	L114	10.29	30°00'00"
L50	20.19	107°57'07"	L115	1.20	120°20'24"
L51	40.64	71°46'11"	L116	17.92	58°56'15"
L52	74.17	59°44'56"	L117	2.58	144°00'40"
L53	55.77	48°48'02"	L118	17.80	146°15'47"
L54	13.57	50°03'17"	L119	14.74	123°51'58"
L55	38.01	79°45'15"	L120	1.41	96°08'50"
L56	52.97	103°14'40"	L121	1.12	63°18'58"
L57	27.04	112°51'33"	L122	3.29	126°55'28"
L58	32.16	82°46'11"	L123	18.28	87°28'03"
L59	22.86	71°01'12"	L124	0.55	155°15'12"
L60	8.56	59°15'23"	L125	18.88	69°22'04"
L61	14.28	89°18'10"	L126	17.15	106°58'43"
L62	15.51	74°18'20"	L127	9.71	115°10'21"
L63	12.41	85°00'58"	L128	28.32	128°46'21"
L64	47.69	16°18'26"	L129	12.54	72°40'19"
L65	31.76	02°50'36"			

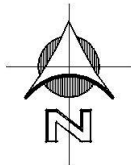
TABLA DE CURVAS			TABLA DE CURVAS		
ESTACION	D. H.	RADIO	ESTACION	D. H.	RADIO
C1	15.71	18.00	C65	5.68	30.00
C2	8.07	50.00	C66	6.66	30.00
C3	7.55	50.00	C67	20.25	50.00
C4	14.40	50.00	C68	12.70	50.00
C5	19.88	10.00	C69	15.57	18.00
C6	22.09	10.00	C70	35.17	18.00
C7	2.78	50.00	C71	15.59	18.00
C8	6.15	50.00	C72	15.48	18.00
C9	20.85	18.00	C73	12.95	18.00
C10	31.70	15.00	C74	6.79	50.00
C11	24.43	50.00	C75	7.42	50.00
C12	9.44	50.00	C76	4.45	50.00
C13	15.45	50.00	C77	14.35	50.00
C14	14.01	50.00	C78	14.12	18.00
C15	11.55	18.00	C79	8.95	18.00
C16	4.35	17.00	C80	7.50	50.00
C17	23.77	18.00	C81	14.59	50.00
C18	4.16	50.00	C82	10.25	50.00
C19	26.25	50.00	C83	3.68	50.00
C20	14.71	50.00	C84	2.57	50.00
C21	11.65	50.00	C85	6.85	50.00
C22	8.78	50.00	C86	6.52	50.00
C23	6.15	50.00	C87	9.72	50.00
C24	9.73	50.00	C88	27.15	50.00
C25	2.75	50.00	C89	5.72	50.00
C26	4.86	50.00	C90	11.22	50.00
C27	4.31	50.00	C91	10.29	50.00
C28	7.78	50.00	C92	9.64	50.00
C29	7.21	50.00	C93	7.28	50.00
C30	15.16	18.00	C94	9.30	50.00
C31	48.27	17.00	C95	11.01	50.00
C32	12.59	18.00	C96	12.70	50.00
C33	12.91	50.00	C97	12.23	18.00
C34	18.32	50.00	C98	12.65	18.00
C35	8.71	50.00	C99	6.25	50.00
C36	8.81	50.00	C100	17.55	50.00
C37	5.81	50.00	C101	6.65	50.00
C38	15.88	18.00	C102	12.71	18.00
C39	3.05	50.00	C103	4.06	50.00
C40	15.57	50.00	C104	4.65	50.00
C41	7.55	50.00	C105	25.22	10.00
C42	5.10	50.00	C106	7.43	50.00
C43	10.05	50.00	C107	3.87	50.00
C44	20.02	50.00	C108	5.05	18.00
C45	8.57	50.00	C109	19.89	18.00
C46	12.12	50.00	C110	9.16	50.00
C47	7.42	50.00	C111	8.85	50.00
C48	5.12	50.00	C112	9.55	50.00
C49	16.55	18.00	C113	11.14	18.00
C50	18.54	50.00	C114	9.53	18.00
C51	6.29	50.00	C115	32.15	50.00
C52	5.73	50.00	C116	17.50	18.00
C53	9.82	50.00	C117	17.20	50.00
C54	15.61	18.00	C118	12.22	50.00
C55	12.54	50.00	C119	14.34	50.00
C56	8.48	50.00	C120	10.55	18.00
C57	19.25	50.00	C121	20.00	18.00
C58	6.15	50.00	C122	12.40	18.00
C59	6.16	50.00	C123	21.50	18.00
C60	15.75	50.00	C124	26.98	18.00
C61	7.85	50.00	C125	11.82	18.00
C62	4.56	50.00	C126	4.26	50.00
C63	20.56	18.00	C127	7.15	50.00
C64	7.05	50.00	C128	17.62	18.00

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE CHIQUIMULA, CHIQUIMULA

REPUBLICA DE GUATEMALA

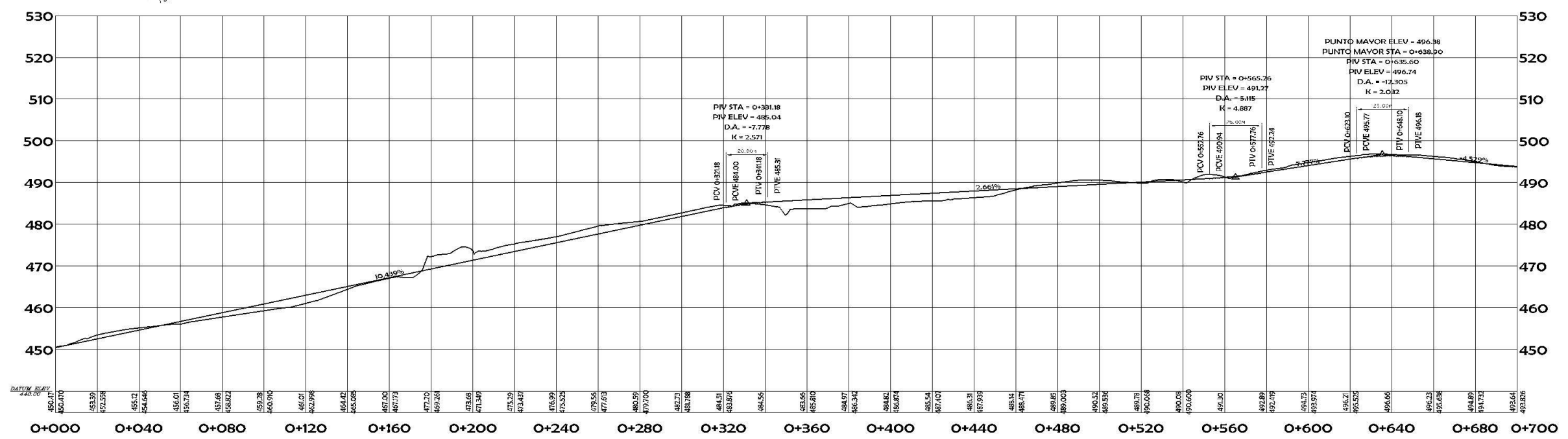
PROYECTO:  
**MEJORAMIENTO DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE A LA ALDEA SHUSHO ARRIBA, CHIQUIMULA**

DISEÑO: F. M. C. P.	CONTENIDO: PLANTA GENERAL DEL TRAMO CARRETERO Y LIBRETA TOPOGRAFICA DE TANGENTES Y CURVAS HORIZONTALES	HOJA
CALCULO: F. M. C. P.		1
DIBUJO: F. M. C. P.	EPENISTA: INGENIERO SUPERVISADO	CARNE: 2025-1628
ESCALA: INDICADA	Vot.Bo.	
FECHA: FEBRERO 2010	ING. ANCEL ROBERNO SANCARCA ASESOR - SUPERVISOR E.A.S.	



**PLANTA ESTACIÓN 0+000 A ESTACIÓN 0+700**  
 TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE A LA ALDEA SHUSHO ARRIBA, CHIQUIMULA  
 ESCALA 1:1 000

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA SERVICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE CHIQUIMULA - CHIQUIMULA	
	PROYECTO: <b>MEJORAMIENTO DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE A LA ALDEA SHUSHO ARRIBA, CHIQUIMULA</b>	
DISEÑO: F. M. C. P.	CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL TRAMO CARRETERO ESTACIÓN 0+000.00 A ESTACIÓN 0+700.00	HOJA 2 / 21
CALCULO: F. M. C. P.	EFENISTA: INC. ANGELO ROBERTO ROCA GARCIA	CARNÉ: 2009-16286
DIBUJO: F. M. C. P.	Vo.Bs. _____ INC. ANGELO ROBERTO ROCA GARCIA ASesor - SUPERVISOR E.R.S.	
ESCALA: INDICADA		
FECHA: FEBRERO 2, 010		

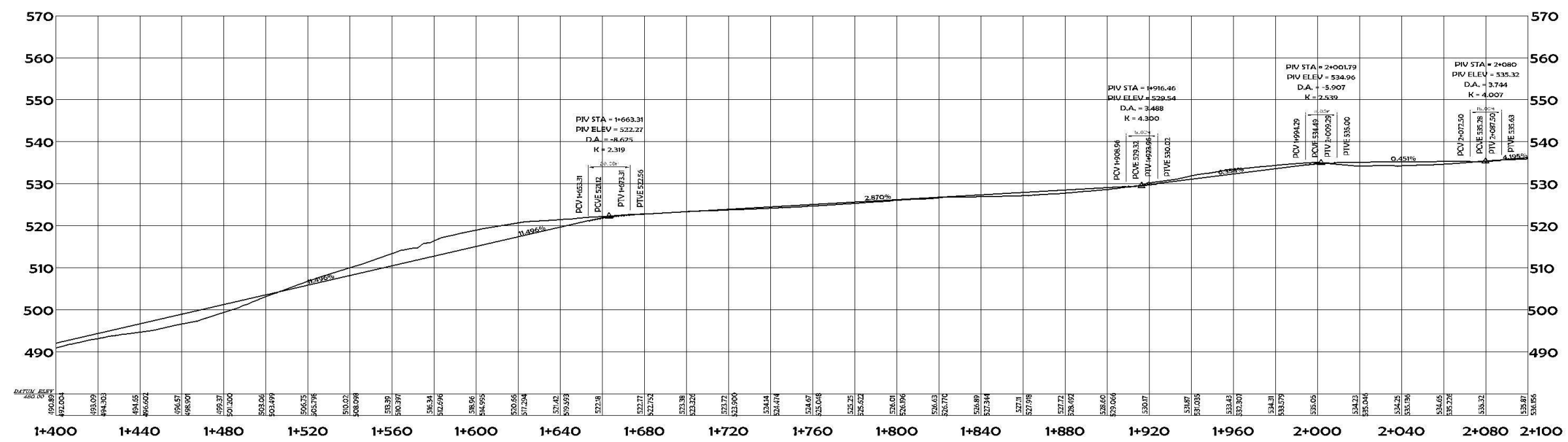
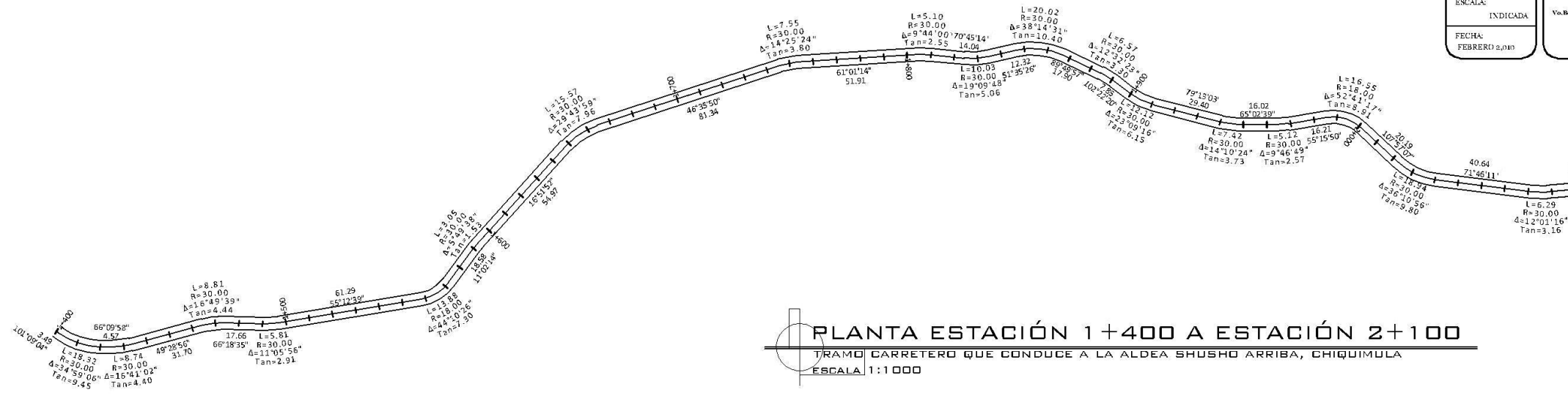


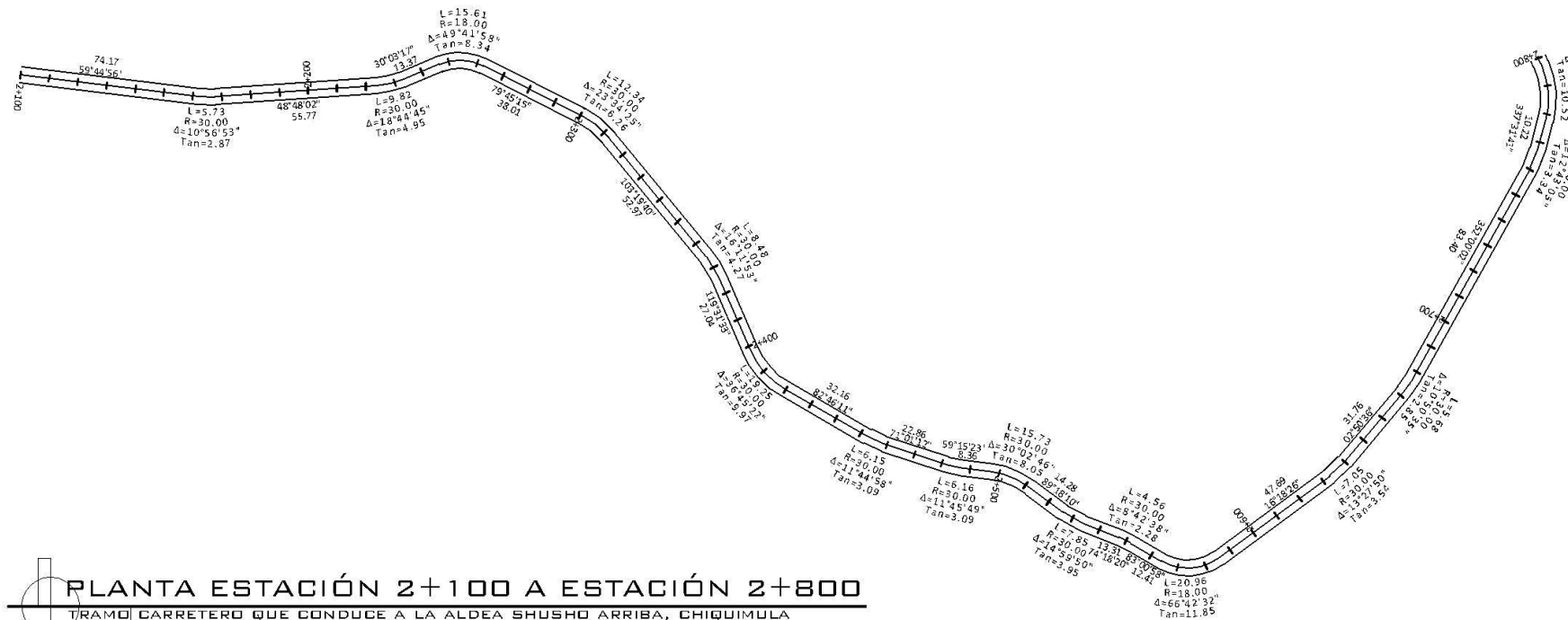
**PERFIL ESTACIÓN 0+000 A ESTACIÓN 0+700**  
 TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE A LA ALDEA SHUSHO ARRIBA, CHIQUIMULA  
 ESCALA HORIZONTAL 1:1 000, ESCALA VERTICAL 1:500





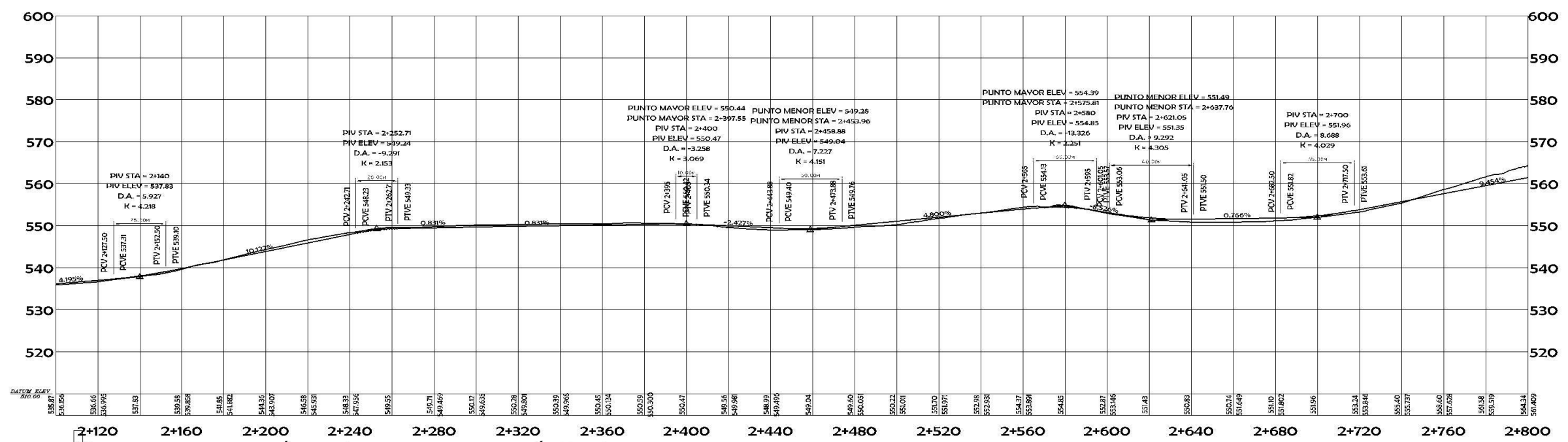
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA SERVICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE CHIQUIMULA-CHIQUIMULA	 MUNICIPALIDAD DE CHIQUIMULA	PROYECTO: <b>MEJORAMIENTO DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE A LA ALDEA SHUSHO ARRIBA, CHIQUIMULA</b>	HOIA 4 21
		CONTENIDO: <b>PLANTA Y PERFIL TRAMO CARRETERO ESTACION 1+400.00 A ESTACION 2+100.00</b>	
DISEÑO: F. M. C. P.	EFENISTA: F. M. C. P.	CARNÉ: 2009-16286	Vo.Bs. INC. ÁNGEL ROBERTO GARCÍA ASESOR - SUPERVISOR E.R.S.
CALCULO: F. M. C. P.	DIBUJO: F. M. C. P.	ESCALA: INDICADA	
FECHA: FEBRERO 2010			



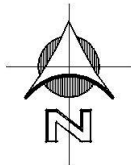


**PLANTA ESTACIÓN 2+100 A ESTACIÓN 2+800**  
 TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE A LA ALDEA SHUSHO ARRIBA, CHIQUIMULA  
 ESCALA 1:1000

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA SERVICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE CHIQUIMULA	
	PROYECTO: <b>MEJORAMIENTO DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE A LA ALDEA SHUSHO ARRIBA, CHIQUIMULA</b>	
DISEÑO: F. M. C. P.	CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL TRAMO CARRETERO ESTACIÓN 2+100.00 A ESTACIÓN 2+800.00	HOJA 5 21
CALCULO: F. M. C. P.	EPENISTA: F. M. C. P.	CARNÉ: 2009-16286
DIBUJO: F. M. C. P.	Vo.Bs.	
ESCALA: INDICADA	INC. ÁNGEL ROBERTO GARCÍA ASESOR - SUPERVISOR E.R.S.	
FECHA: FEBRERO 2010		

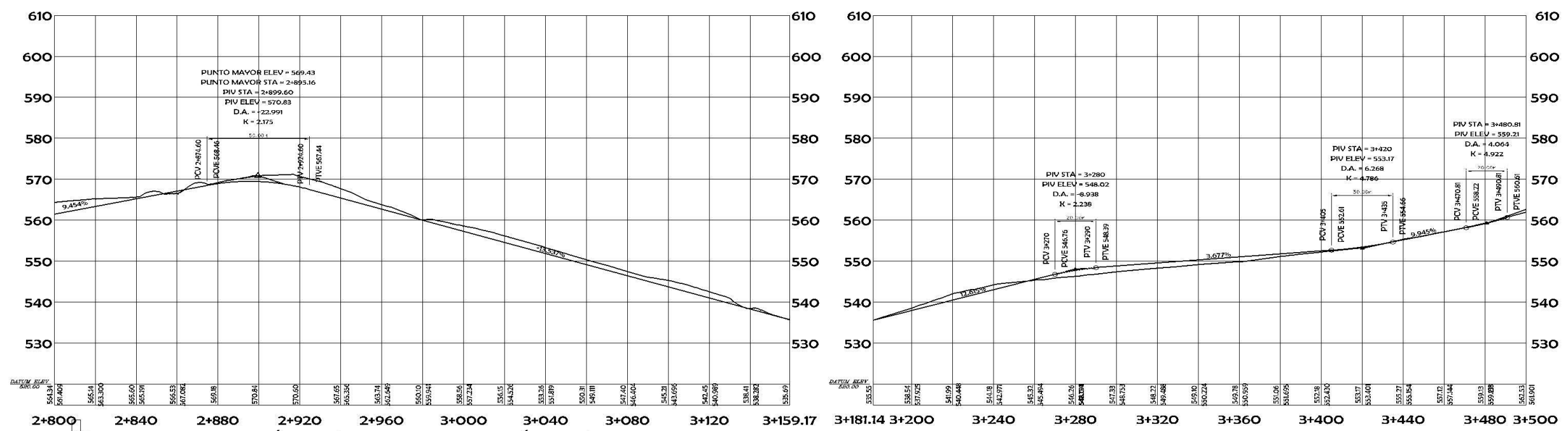


**PERFIL ESTACIÓN 2+100 A ESTACIÓN 2+800**  
 TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE A LA ALDEA SHUSHO ARRIBA, CHIQUIMULA  
 ESCALA HORIZONTAL 1:1000, ESCALA VERTICAL 1:500



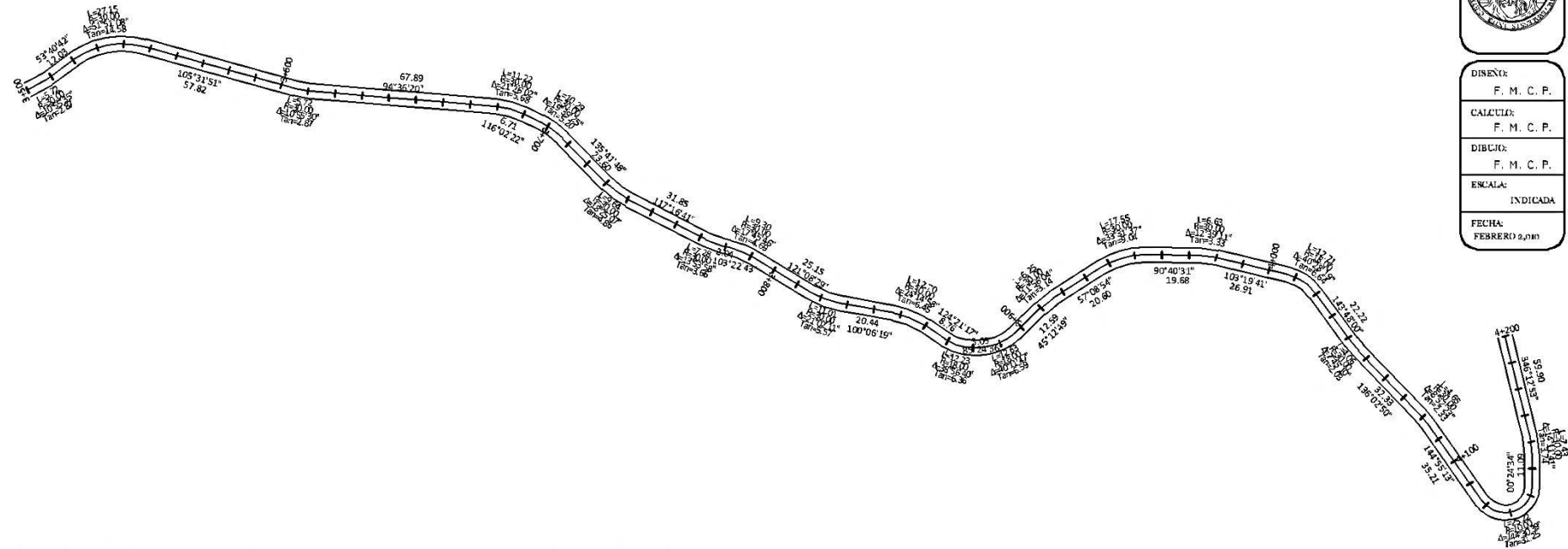
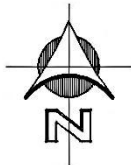
**PLANTA ESTACIÓN 2+800 A ESTACIÓN 3+500**  
 TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE A LA ALDEA SHUSHO ARRIBA, CHIQUIMULA  
 ESCALA 1:1000

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA SERVICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE CHIQUIMULA-CHIQUIMULA	
	PROYECTO: <b>MEJORAMIENTO DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE A LA ALDEA SHUSHO ARRIBA, CHIQUIMULA</b>	
DISEÑO: F. M. C. P.	CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL TRAMO CARRETERO ESTACIÓN 2+800.00 A ESTACIÓN 3+500.00	HOJA 6 / 21
CALCULO: F. M. C. P.	EFENISTA: INC. ANGELO ROBERTO DE GARCIA	CARNÉ: 2009-16286
DIBUJO: F. M. C. P.	Vo.Bo. _____ INC. ANGELO ROBERTO DE GARCIA ASESOR - SUPERVISOR E.R.S.	
ESCALA: INDICADA		
FECHA: FEBRERO 2010		



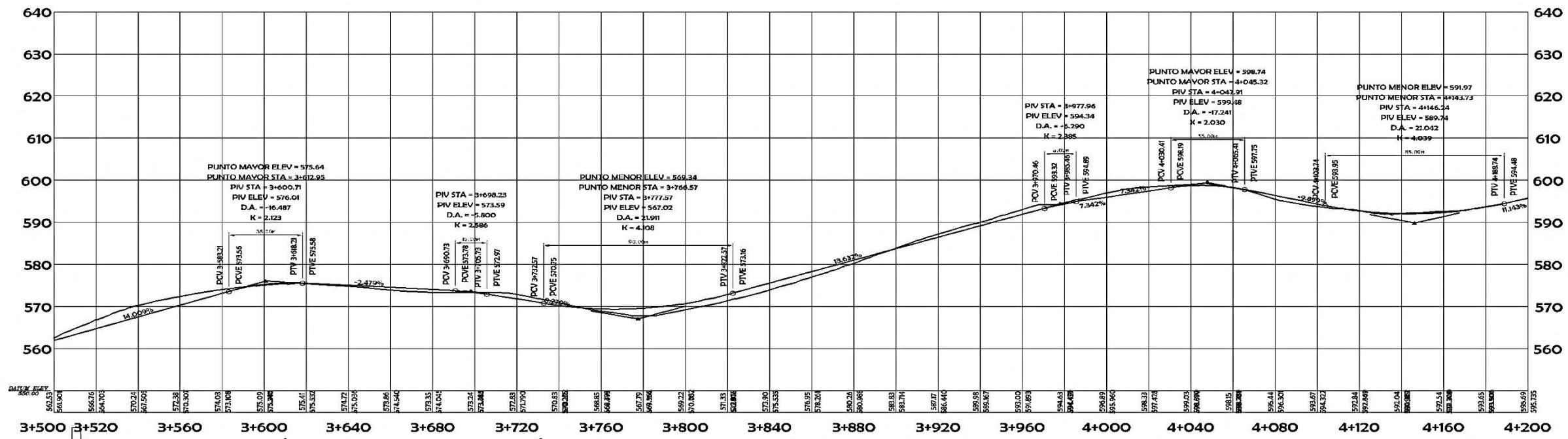
**PERFIL ESTACIÓN 2+800 A ESTACIÓN 3+500**  
 TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE A LA ALDEA SHUSHO ARRIBA, CHIQUIMULA  
 ESCALA HORIZONTAL 1:1000, ESCALA VERTICAL 1:500



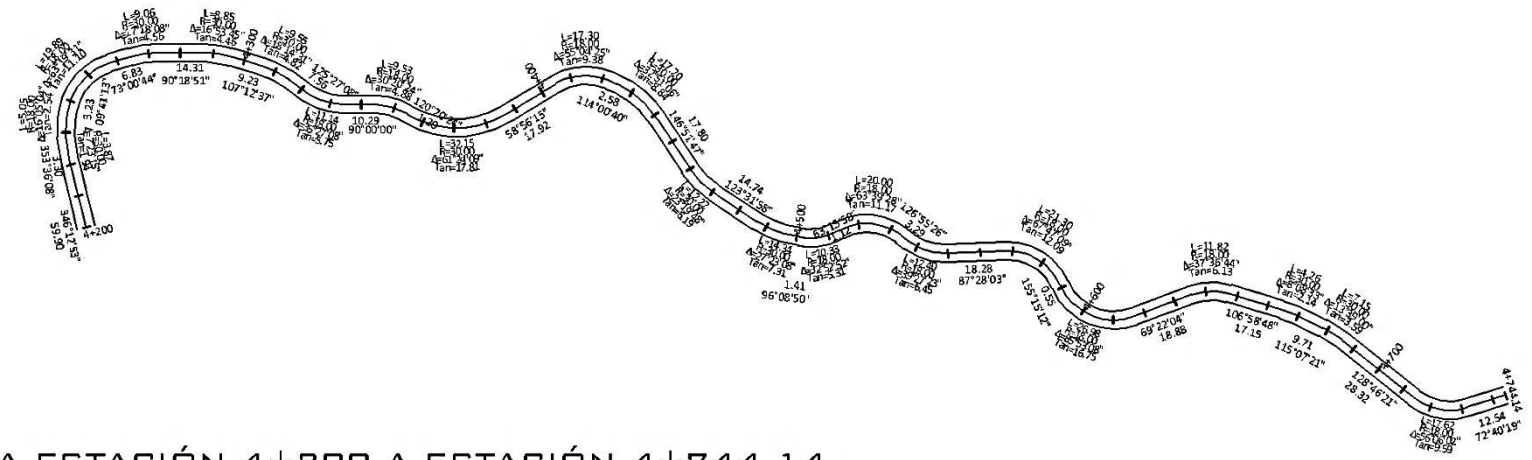
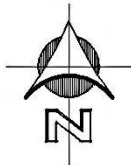


	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA SERVICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE CHIQUIMULA, CHIQUIMULA		
	PROYECTO: <b>MEJORAMIENTO DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE A LA ALDEA SHUSHO ARRIBA, CHIQUIMULA</b>		
DISEÑER: F. M. C. P.	CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL TRAMO CARRETERO ESTACION 3+500.00 A ESTACION 4+200.00		HOIA 7
CALCULO: F. M. C. P.	EPENISTA: F. M. C. P.	CARNÉ: 2020-15256	21
DIBUJO: F. M. C. P.	ESCALA: INDICADA		
FECHA: FEBRERO 2,011	Val. No. INC. ÁNGEL ROSENO FIGUEROA ASESOR - SUPERVISOR E.R.S.		

**PLANTA ESTACIÓN 3+500 A ESTACIÓN 4+200**  
 TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE A LA ALDEA SHUSHO ARRIBA, CHIQUIMULA  
 ESCALA 1:1 000

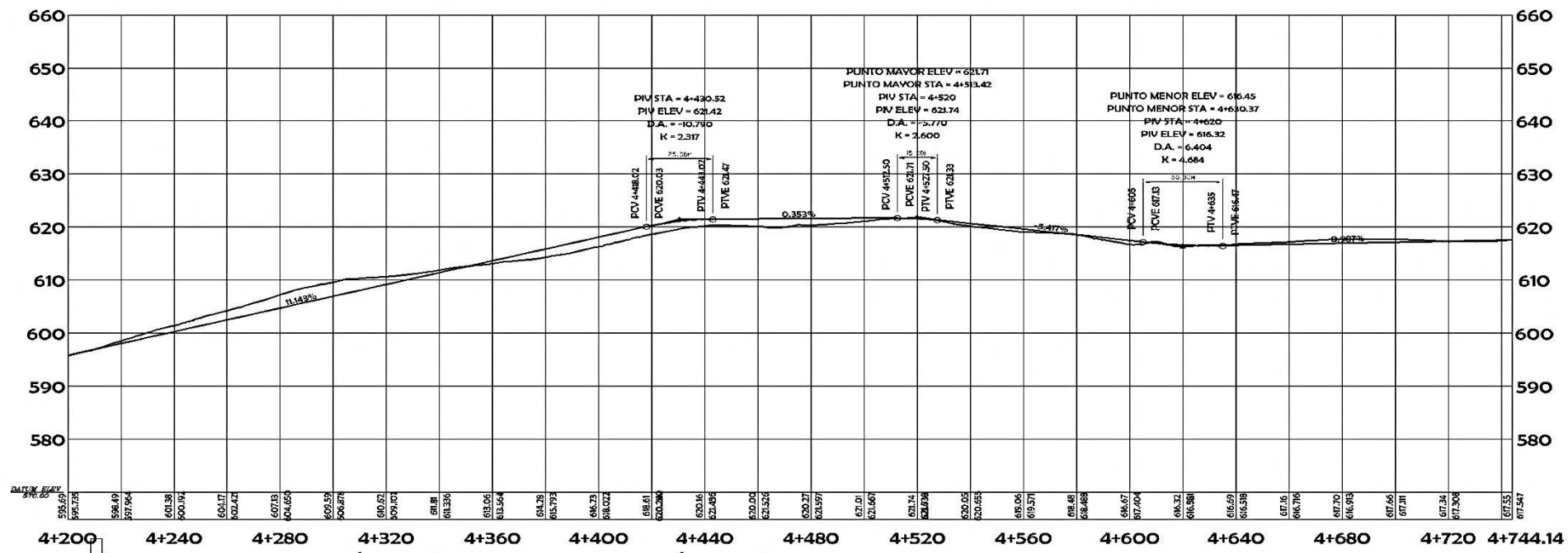


**PERFIL ESTACIÓN 3+500 A ESTACIÓN 4+200**  
 TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE A LA ALDEA SHUSHO ARRIBA, CHIQUIMULA  
 ESCALA HORIZONTAL 1:1 000, ESCALA VERTICAL 1:500

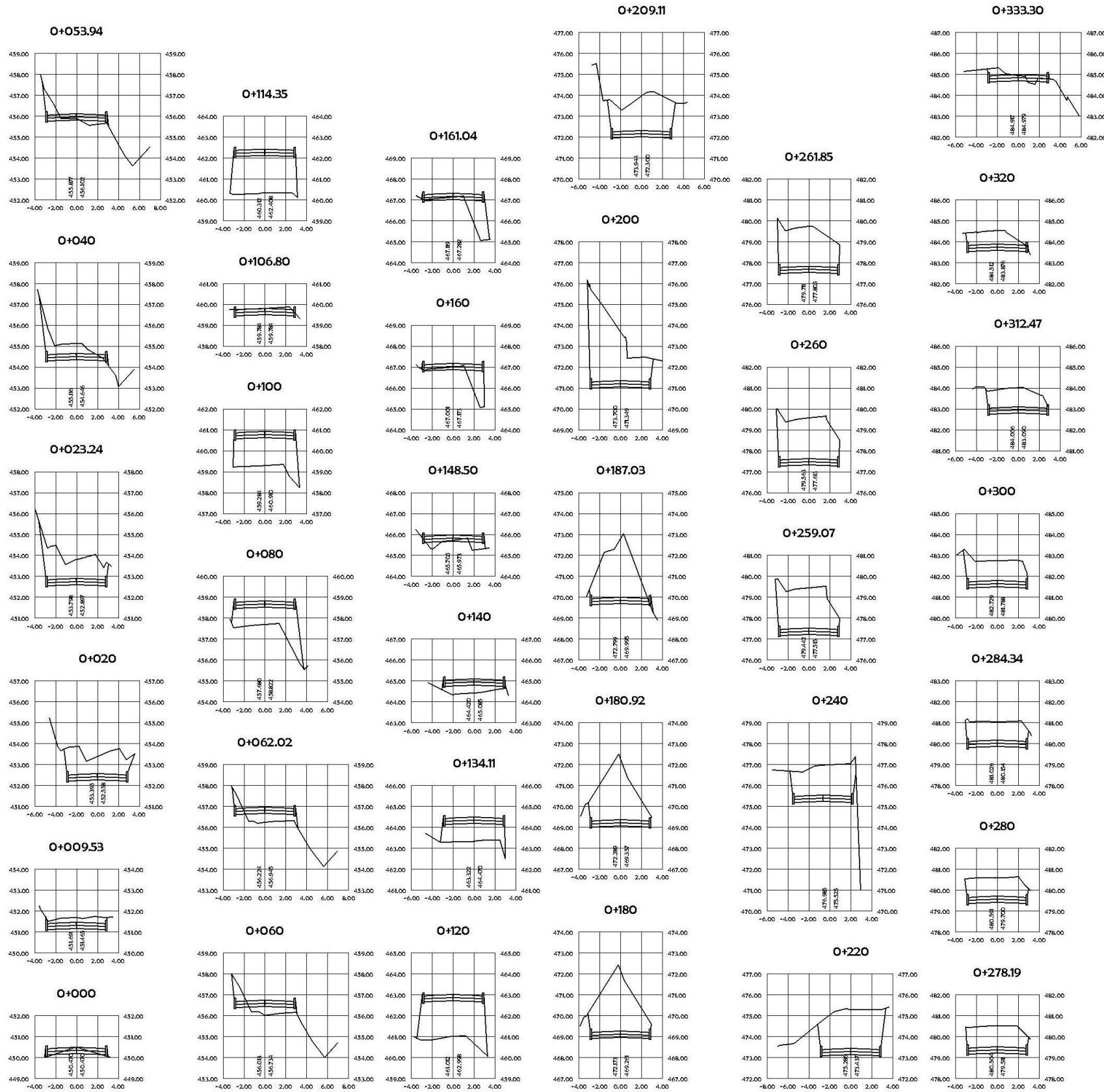


**PLANTA ESTACIÓN 4+200 A ESTACIÓN 4+744.14**  
 TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE A LA ALDEA SHUSHO ARRIBA, CHIQUIMULA  
 ESCALA 1:1 000

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA SERVICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE CHIQUIMULA, CHIQUIMULA		
	PROYECTO: <b>MEJORAMIENTO DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE A LA ALDEA SHUSHO ARRIBA, CHIQUIMULA</b>		
DISEÑO: F. M. C. P.	CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL TRAMO CARRETERO ESTACIÓN 4+200.00 A ESTACIÓN 4+744.14		HOIA 8
CALCULO: F. M. C. P.	EPENISTA: F. M. C. P.	CARNÉ: 2020-15258	21
DIBUJO: F. M. C. P.	ESCALA: INDICADA		
FECHA: FEBRERO 2011	INC. ÁNGEL ROSENTHAL GARCÍA ASesor - SUPERVISOR E.R.S.		

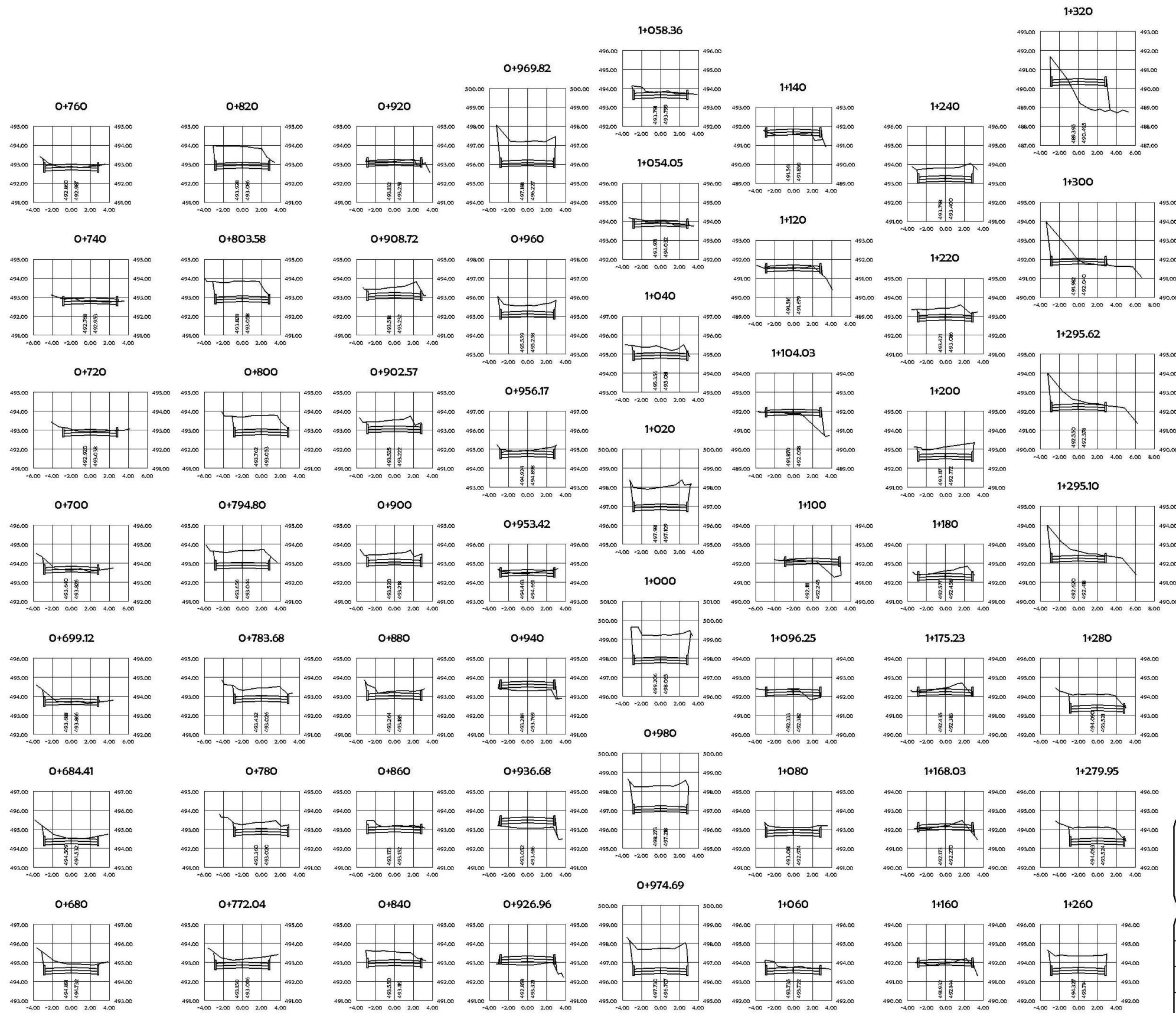


**PERFIL ESTACIÓN 4+200 A ESTACIÓN 4+744.14**  
 TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE A LA ALDEA SHUSHO ARRIBA, CHIQUIMULA  
 ESCALA HORIZONTAL 1:1 000, ESCALA VERTICAL 1:500

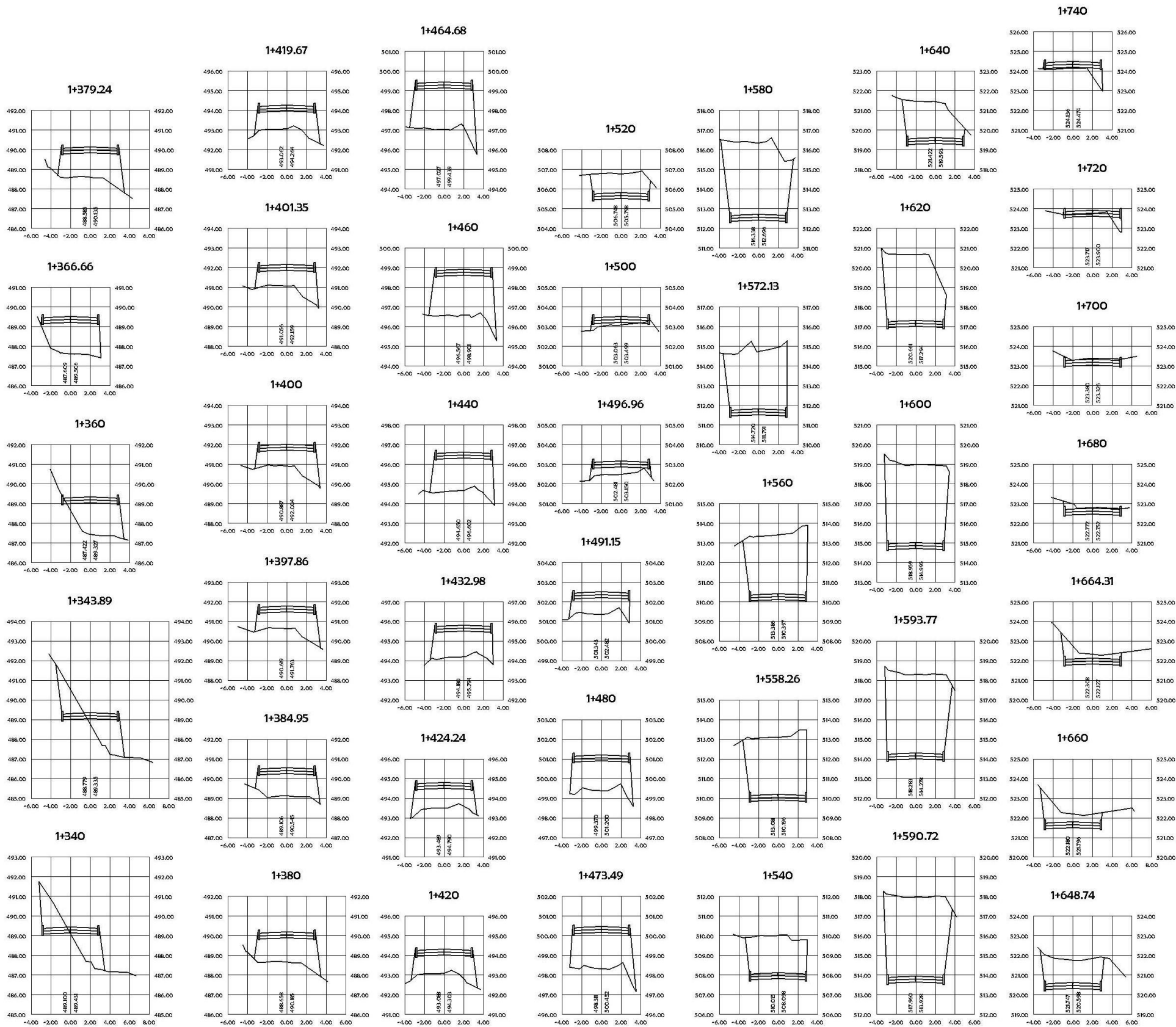


	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE CHIQUIMULA, CHIQUIMULA		
	PROYECTO: <b>MEJORAMIENTO DEL TRAMO          CARRETERO QUE CONDUCE A LA          ALDEA SHUSHO ARRIBA, CHIQUIMULA</b>		
DISEÑO: F. M. C. P.	CONTENIDO: <b>SECCIONES TRANSVERSALES          ESTACIÓN 0+000.00 A ESTACIÓN 0+333.30</b>		HOJA 9
CALCULO: F. M. C. P.	EPENISTA: F. M. C. P.	CARNE: 2259-1628	21
DIBUJO: F. M. C. P.	Vía No. _____ ING. ANCEL ROBERTO S. GARCIA ASESOR - SUPERVISOR E.A.S.		
ESCALA: HORIZONTAL: 1:200 VERTICAL: 1:100	FECHA: FEBRERO 2010		

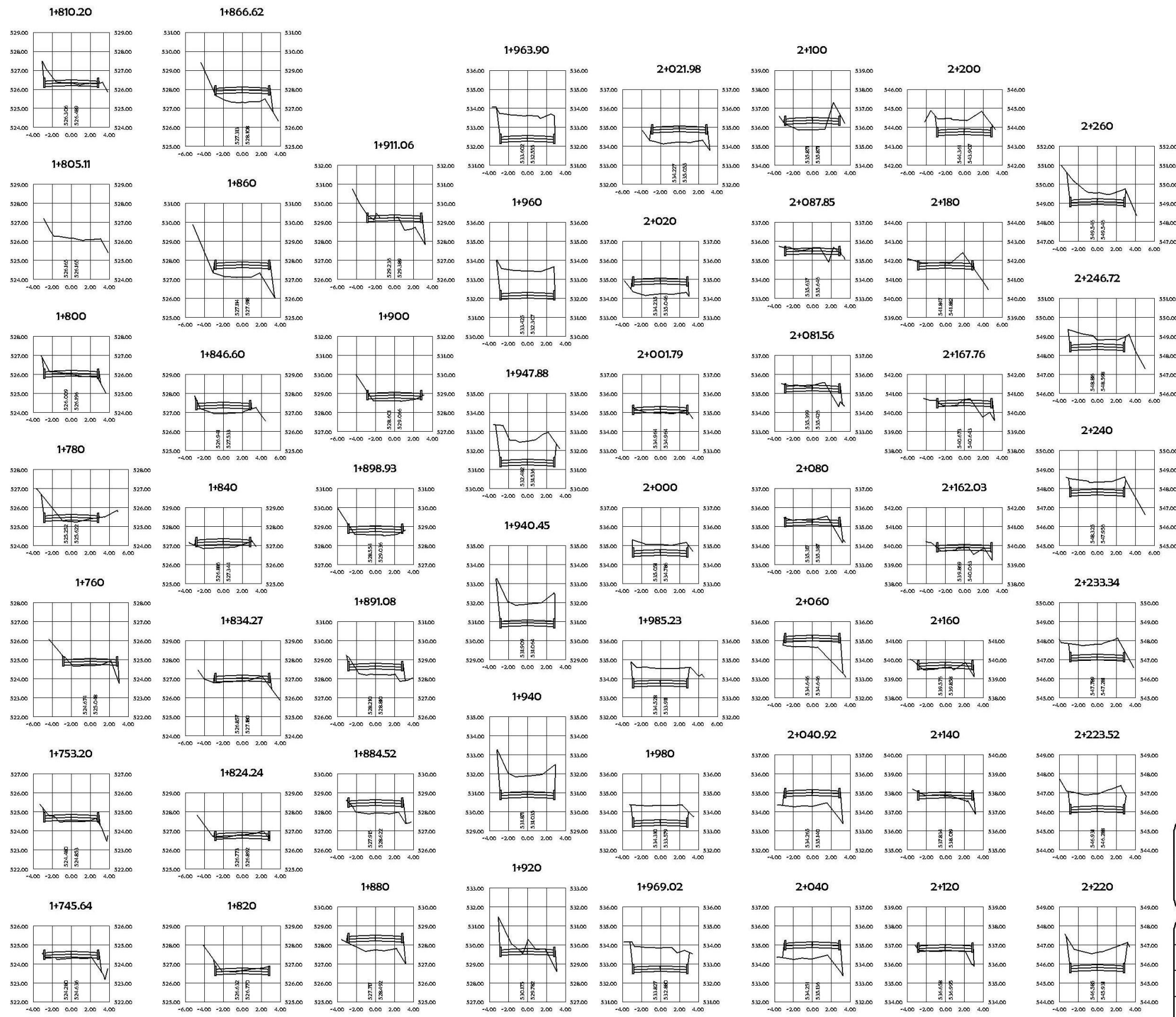




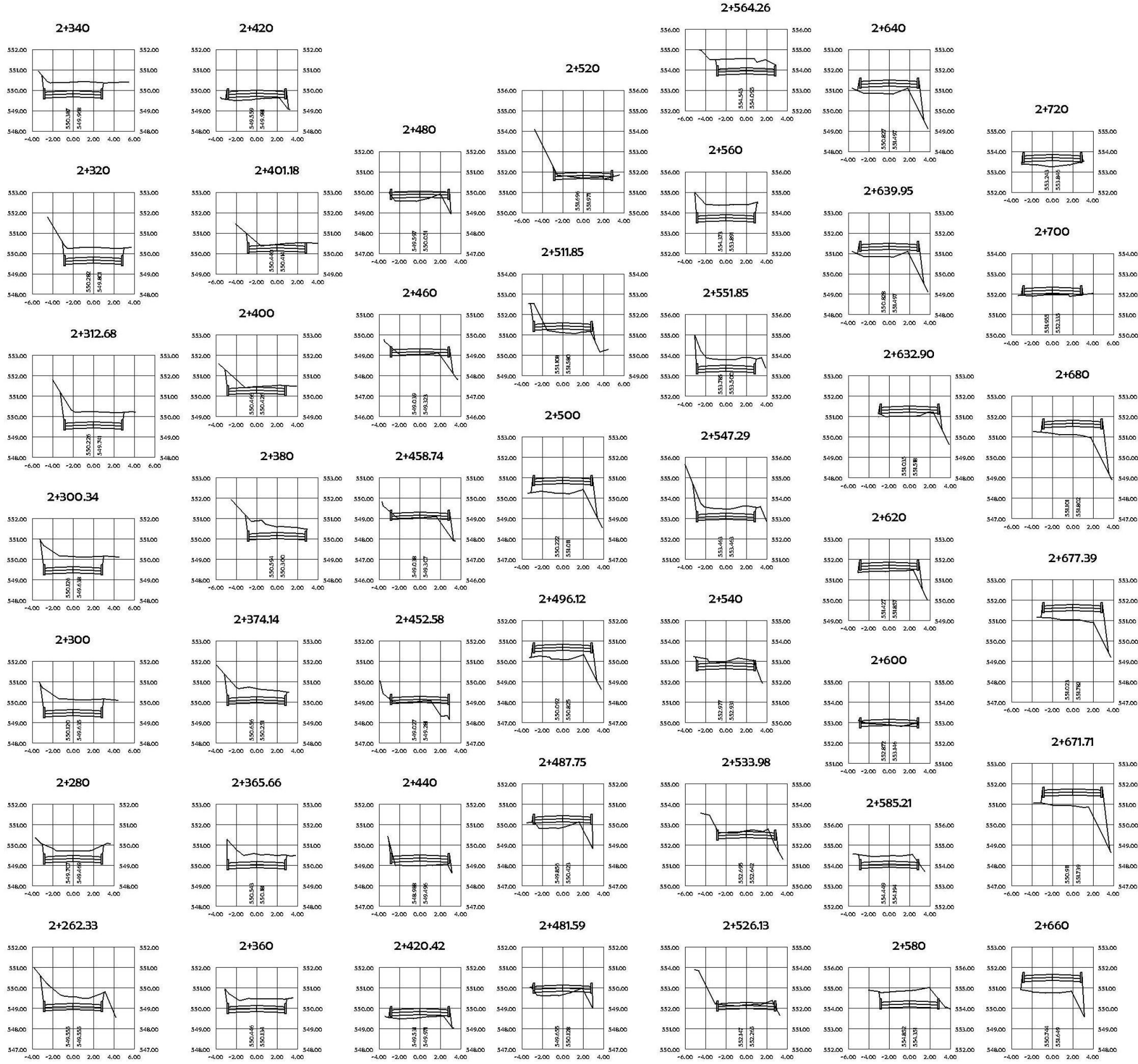
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE CHIQUIMULA, CHIQUIMULA		
	PROYECTO: <b>MEJORAMIENTO DEL TRAMO          CARRETERO QUE CONDUCE A LA          ALDEA SHUSHO ARRIBA, CHIQUIMULA</b>		
DISEÑO: F. M. C. P.	CONTENIDO: <b>SECCIONES TRANSVERSALES          ESTACIÓN 0+680.00 A ESTACIÓN 1+320.00</b>		HOJA 11
CALCULO: F. M. C. P.	EJECUTADO: F. M. C. P.	CARGA: 2205 1628	21
DIBUJO: F. M. C. P.	INGENIERO SUPERVISOR: ING. ANCEL ROBERTO SANCHEZ GARCIA ASESOR - SUPERVISOR E.A.S.		
ESCALA: HORIZONTAL: 1:200 VERTICAL: 1:100	FECHA: FEBRERO 2010		



	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE CHIQUIMULA, CHIQUIMULA		
	PROYECTO: <b>MEJORAMIENTO DEL TRAMO          CARRETERO QUE CONDUCE A LA          ALDEA SHUSHO ARRIBA, CHIQUIMULA</b>		
DISEÑO: F. M. C. P.	CONTENIDO: <b>SECCIONES TRANSVERSALES          ESTACIÓN 1+340.00 A ESTACIÓN 1+740.00</b>		HOJA 12
CALCULO: F. M. C. P.	EPENISTAS: F. M. C. P.	CARNE: 2255-16258	21
DIBUJO: F. M. C. P.	Vía No. _____ ING. ANCEL ROBERTO SANCHEZ ASESOR - SUPERVISOR E.A.S.		
ESCALA: HORIZONTAL: 1:2000 VERTICAL: 1:1000	FECHA: FEBRERO 2010		

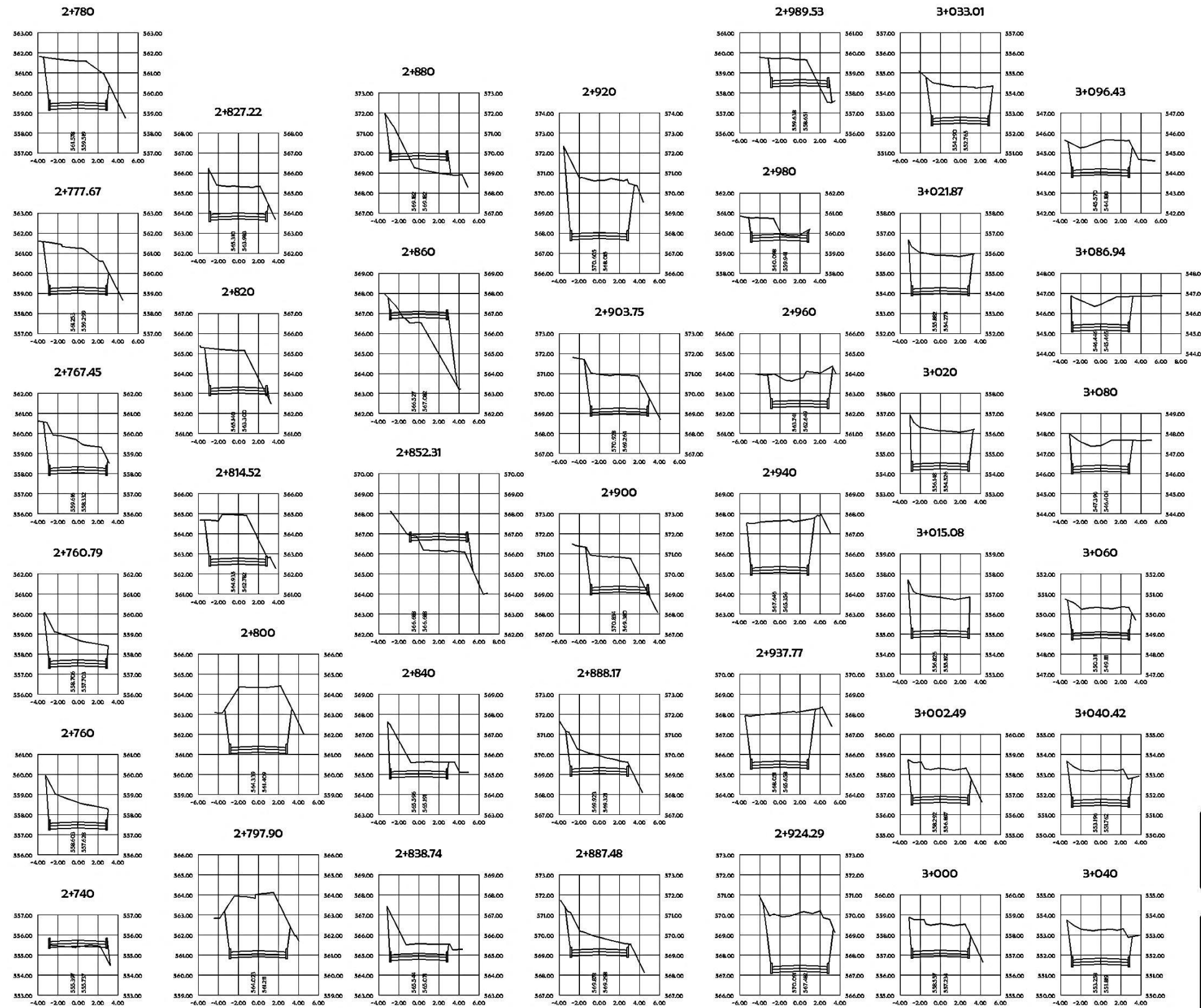


	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE CHIQUIMULA, CHIQUIMULA		
	PROYECTO: <b>MEJORAMIENTO DEL TRAMO          CARRETERO QUE CONDUCE A LA          ALDEA SHUSHO ARRIBA, CHIQUIMULA</b>		
DISEÑO: F. M. C. P.	CONTENIDO: <b>SECCIONES TRANSVERSALES          ESTACION 1+745.64 A ESTACION 2+260.00</b>		HOJA 13
CALCULO: F. M. C. P.	EPENISTA: F. M. C. P.	CARNE: 2255-1628	21
DIBUJO: F. M. C. P.	Vía No. _____ ING. ANCEL ROBERTO SANCHEZ GARCIA ASESOR - SUPERVISOR E.A.S.		
ESCALA: HORIZONTAL: 1:200 VERTICAL: 1:100	FECHA: FEBRERO 2010		

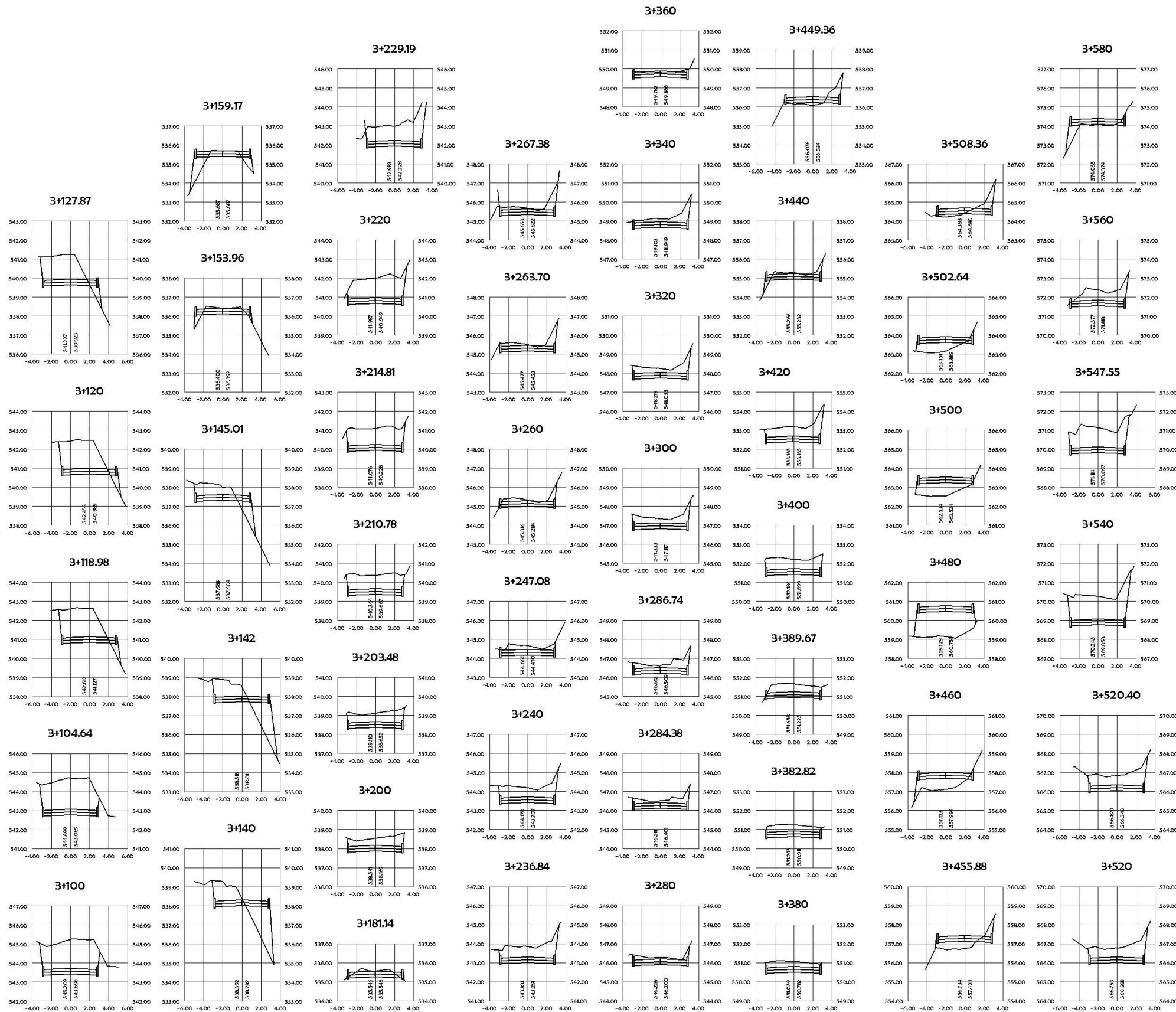


	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE CHIQUIMULA, CHIQUIMULA		
	PROYECTO: <b>MEJORAMIENTO DEL TRAMO          CARRETERO QUE CONDUCE A LA          ALDEA SHUSHO ARRIBA, CHIQUIMULA</b>		
DISEÑO: F. M. C. P.	CONTENIDO: <b>SECCIONES TRANSVERSALES          ESTACION 2+262.33 A ESTACION 2+720.00</b>		HOJA 14
CALCULO: F. M. C. P.	EPENISTA: F. M. C. P.	CARNE: 2229-1628	21
DIBUJO: F. M. C. P.	Vrs. Bn.		
ESCALA: HORIZONTAL: 1:200 VERTICAL: 1:100	ING. ANCEL ROBERTO SANCHEZ GARCIA ASESOR - SUPERVISOR E.A.S.		
FECHA: FEBRERO 2010			



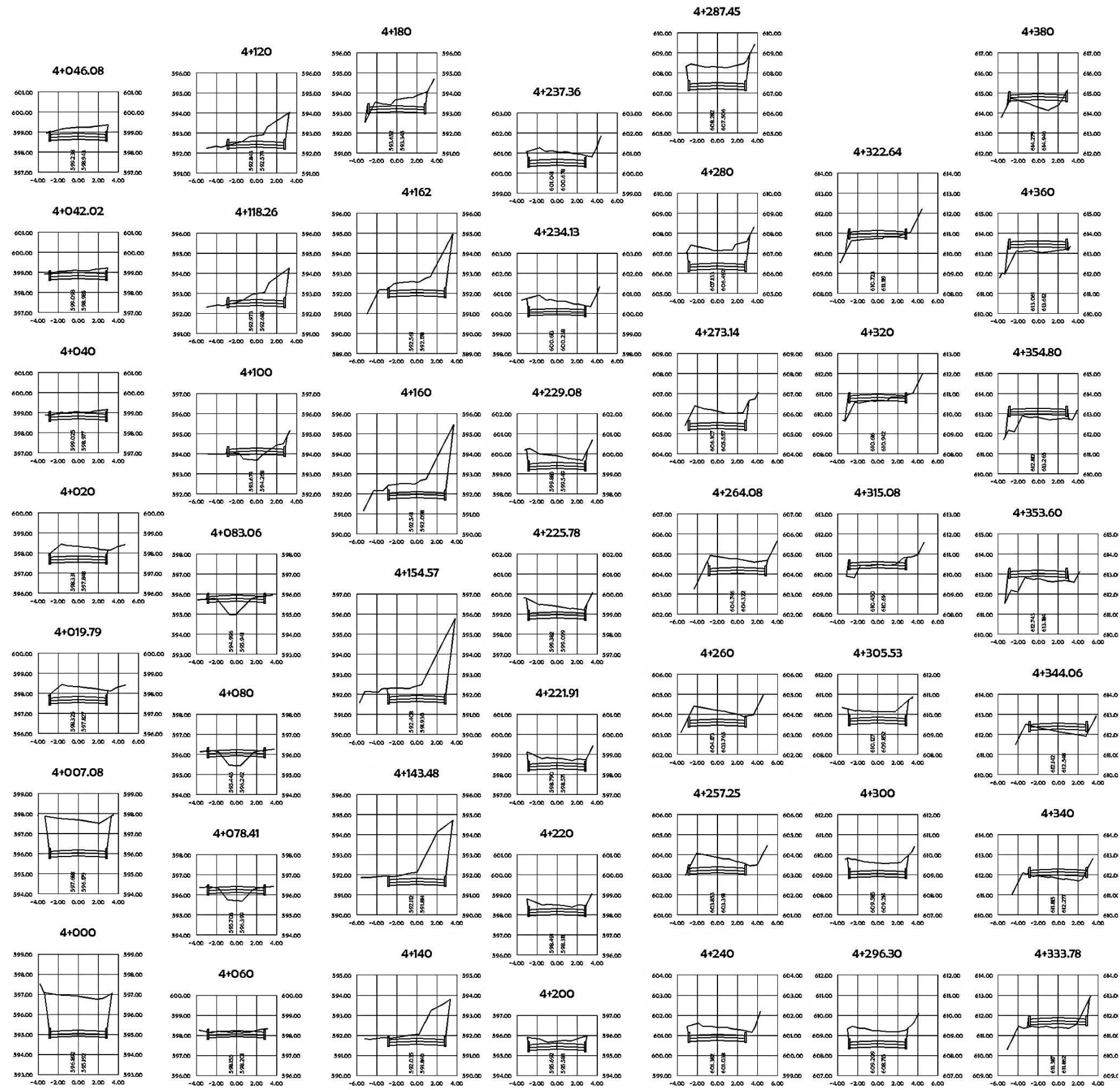


	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE CHIQUIMULA, CHIQUIMULA		
	PROYECTO: <b>MEJORAMIENTO DEL TRAMO          CARRETERO QUE CONDUCE A LA          ALDEA SHUSHO ARRIBA, CHIQUIMULA</b>		
DISEÑO: F. M. C. P.	CONTENIDO: <b>SECCIONES TRANSVERSALES          ESTACION 2+740.00 A ESTACION 3+096.43</b>		HOJA 15
CALCULO: F. M. C. P.	EJECUTIVO: F. M. C. P.	CARNÉ: 2225 1828	21
DIBUJO: F. M. C. P.	Vot. No. _____ ING. ANCEL ROBERTO SCANGA ASESOR - SUPERVISOR E.A.S.		
ESCALA: HORIZONTAL: 1:200 VERTICAL: 1:50	FECHA: FEBRERO 2017		

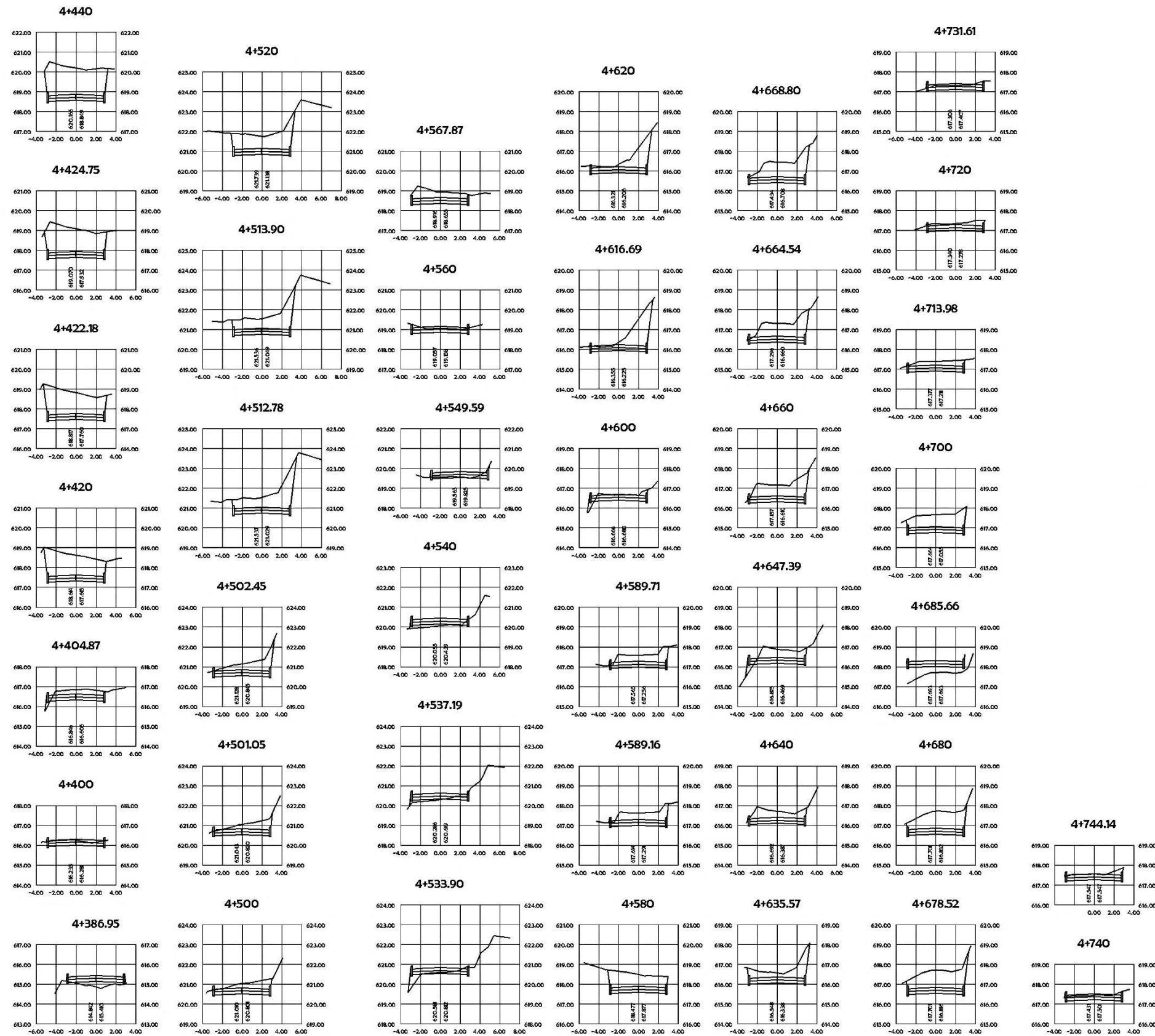


	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE CHIQUIMULA, CHIQUIMULA		
	PROYECTO: <b>MEJORAMIENTO DEL TRAMO          CARRETERO QUE CONDUCE A LA          ALDEA SHUSHO ARRIBA, CHIQUIMULA</b>		
DISEÑO: F. M. C. P.	CONTENIDO: <b>SECCIONES TRANSVERSALES          ESTACION 3+100.00 A ESTACION 3+580.00</b>		HOJA 16
CALCULO: F. M. C. P.	EPENISTAS: F. M. C. P.	CARNÉ: 2259-1628	21
DIBUJO: F. M. C. P.	FECHA: FEBRERO 2010		ING. ANCEL ROBERTO SANCHEZ ASESOR - SUPERVISOR E.A.S.

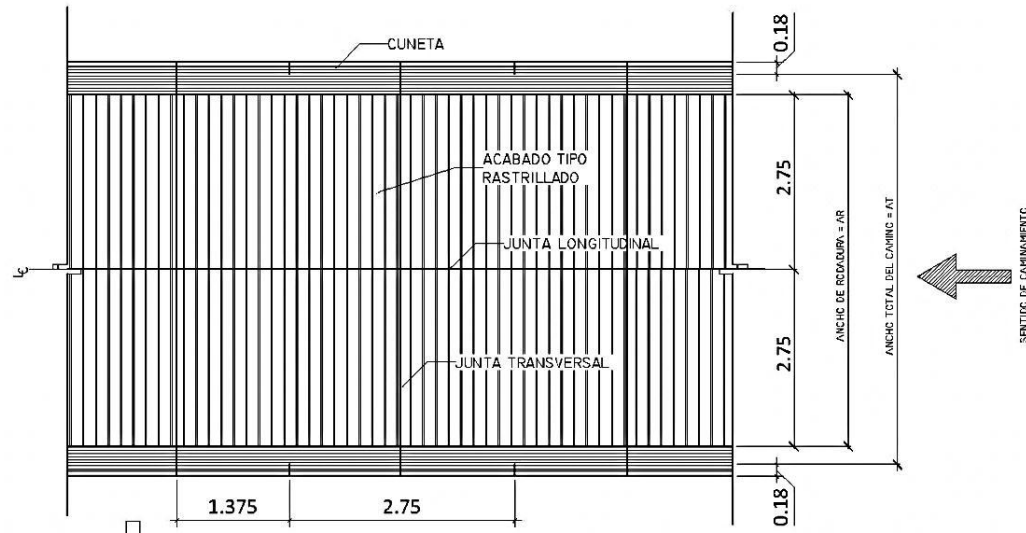




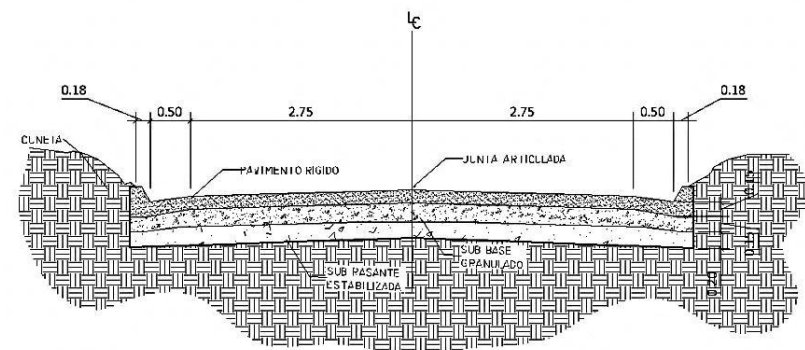
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE CHIQUIMULA, CHIQUIMULA		
	PROYECTO: <b>MEJORAMIENTO DEL TRAMO          CARRETERO QUE CONDUCE A LA          ALDEA SHUSHO ARRIBA, CHIQUIMULA</b>		
DISEÑO: F. M. C. P.	CONTENIDO: <b>SECCIONES TRANSVERSALES          ESTACION 4+000.00 A ESTACION 4+380.00</b>		HOJA 18
CALCULO: F. M. C. P.	EPENISTA: F. M. C. P.	CARNE: 2725 1828	21
DIBUJO: F. M. C. P.	Val. In. _____ ING. ANCEL ROBERTO SCANGA ASESOR - SUPERVISOR E.A.S.		
ESCALA: HORIZONTAL: 1:200 VERTICAL: 1:50	FECHA: FEBRERO 2017		



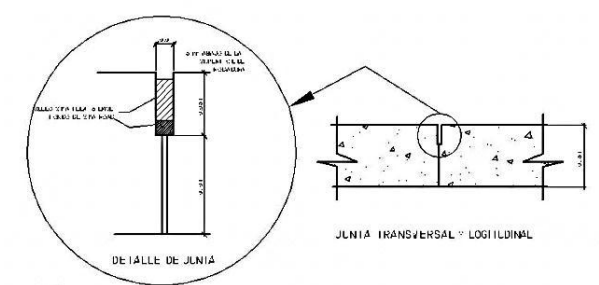
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE CHIQUIMULA OJIBIMULA		
	PROYECTO: <b>MEJORAMIENTO DEL TRAMO          CARRETERO QUE CONDUCE A LA          ALDEA SHUSHO ARRIBA, CHIQUIMULA</b>		
DISEÑO: F. M. C. P.	CONTENIDO: <b>SECCIONES TRANSVERSALES          ESTACION 4+386.95 A ESTACION 4+744.14</b>		HOJA 19
CALCULO: F. M. C. P.	EJECUCION: F. M. C. P.	CARNE: 2725 1828	21
ESCALA: HORIZONTAL: 1:200 VERTICAL: 1:500	FECHA: FEBRERO 2010		
ING. ANCEL ROBERTO SANCHEZ ASesor - SUPERVISOR E.A.S.			



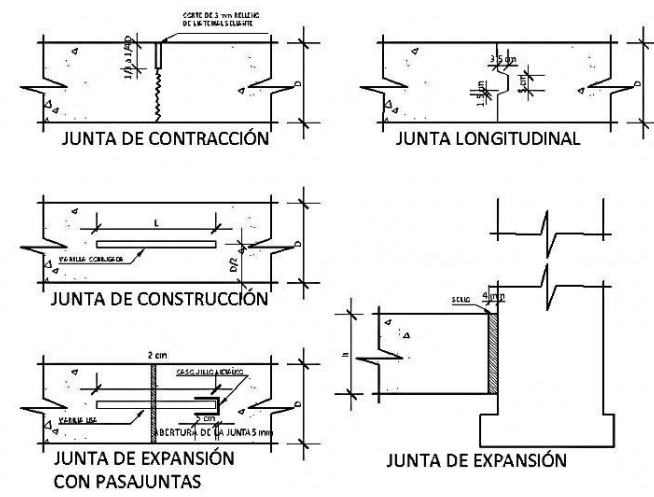
**PLANTA**  
JUNTA LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL  
ESCALA 1:50



**SECCIÓN VEHICULAR**  
TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE A LA ALDEA SHUSHO ARRIBA, CHIQUIMULA  
ESCALA 1:25



**DETALLE DE JUNTA**  
JUNTAS TRANSVERSAL Y LONGITUDINAL  
SIN ESCALA



**DETALLES TÍPICOS DE JUNTAS**  
JUNTAS TRANSVERSAL Y LONGITUDINAL  
SIN ESCALA

**ESPECIFICACIONES**

**BASE**

El material de base granular debe consistir en piedra o grava clasificadas sin triturar combinados con arena y material de relleno para formar un material que llene los requisitos siguientes:

- Debe tener un valor soporte CBR determinado por el método AASHTO T 193, mínimo de 70, efectuado sobre muestras saturadas, a 95% de compactación determinada por el método AASHTO T 180 y un hinchamiento máximo de 0.5% en el ensayo efectuado según AASHTO 193.
- La porción de agregado retenida en el Tamiz No. 4, no debe tener un porcentaje de desgaste por abrasión determinado por el método AASHTO T 96, mayor de 50 a 500 revoluciones.
- El material debe estar exento de material vegetales, basura o sustancias que incorporadas puedan causar fallas en el pavimento.

**MATERIALES**

El tamaño del agregado grueso que contenga el material de la base, no debe ser mayor que 2/3 del espesor de ésta; es decir, si la sub base tiene 10 cm de espesor, el agregado no debe ser mayor de 6.6 cm.

El material debe estar libre de impurezas tales como:

- Basura.
- Materia orgánica.
- Terrones de arcilla.
- Otros

El cemento Portland deberá ser de 281 kg/cm<sup>2</sup> (4,000 psi).

La arena deberá consistir en arena natural o manufacturada, triturada parcialmente o sin triturar, procesada adecuadamente para formar un agregado clasificado (selecto).

El agua debe ser preferiblemente potable, libre de aceites, ácidos azucares y sales que puedan ser nocivas al concreto, sin sedimentos ni residuos.

**COMPACTACIÓN**

Debe homogenizarse y conformarse, agregando la cantidad de agua que indica el estudio de suelos y así lograr la humedad óptima para lograr el porcentaje de compactación y así alcanzar su densidad máxima en una capa no mayor de 20 cm.

**CARPETA DE RODADURA DE CONCRETO HIDRÁULICO**

El concreto será de 281 kg/cm<sup>2</sup> (4,000 psi) de resistencia a la compresión y de 46kg/cm<sup>2</sup> (650 psi) de resistencia a la flexión. La proporción para que alcance la resistencia de 281 kg/cm<sup>2</sup> a los 56 días será de 1:1.5:2:3.

El agregado fino deberá de estar limpio de impurezas, graduado adecuadamente y libre de materia orgánica que pueda reducir la resistencia del concreto, y debe de contener entre el 12 y 15% del material que pase la malla No 5 del ensayo granulométrico ya que esto hace mas trabajable la mezcla de concreto.

El agreado grueso debe ser resistente al desgaste. Para los concretos usados en pavimentos se puede utilizar un agregado de 3/4" de diámetro dando así resultados satisfactorios. La resistencia del concreto depende de la buena proporción que se realice en el lugar de la función del pavimento

**En resumen**

- La proporción del concreto será de 1:1.5:2:3
- Concreto de 281 kg/cm<sup>2</sup> (4,000 psi)
- Base de 0.10 m de espesor
- La carpeta será de 0.15 m de espesor
- Se colocarán juntas a cada 2.75 m a una profundidad de 1/3 del espesor.

**JUNTAS**

**JUNTAS LONGITUDINALES**

Son juntas paralelas al eje longitudinal del pavimento. Estas juntas se colocarán para prevenir la formación de grietas longitudinales, las cuales se realizarán de forma mácnica. La profundidad de la ranura superior de esta junta no debe ser inferior de un tercio del espesor de la losa.

**JUNTAS TRANSVERSALES**

Estas juntas controlan las grietas causadas por la retracción del fraguado del concreto. La ranura de la junta, debe tener como mínimo una profundidad de un tercio del espesor de la losa.

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE CHIQUIMULA, CHIQUIMULA	
	PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE A LA ALDEA SHUSHO ARRIBA, CHIQUIMULA	
DISEÑO: F. M. C. P.	CONTENIDO: DETALLES CONSTRUCTIVOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	HOJA 20 / 21
CALCULO: F. M. C. P.	EPENISTA: F. M. C. P.	CARNÉ: 2729 1628
DIBUJO: F. M. C. P.	ESCALA: INDICADA	Vta. No.
FECHA: FEBRERO 21, 2017	ING. ÁNGEL ROBERTO SANCHEZ ASESOR - SUPERVISOR E.A.S.	

ESTACION	ANILAS		VOLÚMENES		VOLÚMENES ACUMULADOS		ESTACION	ANILAS		VOLÚMENES		VOLÚMENES ACUMULADOS		ESTACION	ANILAS		VOLÚMENES		VOLÚMENES ACUMULADOS		ESTACION	ANILAS		VOLÚMENES		VOLÚMENES ACUMULADOS			
	Metros Cuadrados	ANILAS	Metros Cúbicos	ANILAS	Metros Cúbicos	Metros Cúbicos		Metros Cuadrados	ANILAS	Metros Cúbicos	ANILAS	Metros Cúbicos	Metros Cúbicos		Metros Cuadrados	ANILAS	Metros Cúbicos	ANILAS	Metros Cúbicos	Metros Cúbicos		Metros Cuadrados	ANILAS	Metros Cúbicos	Metros Cúbicos	Metros Cuadrados	ANILAS	Metros Cúbicos	Metros Cúbicos
0+000	0.732	0.096	0.000	0.000	0.000	0.000	0+000	0.732	0.096	0.000	0.000	0.000	0.000	0+000	0.732	0.096	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.732	0.096	0.000	0.000	0.000		
0+005.53	3.062	0.000	16.814	0.305	16.814	0.305	0+005.53	3.062	0.000	16.814	0.305	16.814	0.305	0+005.53	3.062	0.000	16.814	0.305	16.814	0.305	16.814	0.305	3.062	0.000	33.628	0.610	33.628	0.610	
0+023.24	3.962	0.000	18.017	0.000	48.868	0.305	0+023.24	3.962	0.000	18.017	0.000	48.868	0.305	0+023.24	3.962	0.000	18.017	0.000	48.868	0.305	48.868	0.305	3.962	0.000	52.830	0.610	52.830	0.610	
0+029.80	8.498	0.000	142.392	0.000	209.277	0.305	0+029.80	8.498	0.000	142.392	0.000	209.277	0.305	0+029.80	8.498	0.000	142.392	0.000	209.277	0.305	209.277	0.305	8.498	0.000	61.328	0.610	61.328	0.610	
0+040	4.492	0.000	62.471	2.034	271.748	2.339	0+040	4.492	0.000	62.471	2.034	271.748	2.339	0+040	4.492	0.000	62.471	2.034	271.748	2.339	271.748	2.339	4.492	0.000	65.820	0.610	65.820	0.610	
0+053.94	1.448	0.438	8.731	2.650	280.480	4.990	0+053.94	1.448	0.438	8.731	2.650	280.480	4.990	0+053.94	1.448	0.438	8.731	2.650	280.480	4.990	280.480	4.990	1.448	0.438	67.268	0.610	67.268	0.610	
0+062.02	0.748	1.731	21.732	2.045	282.633	7.035	0+062.02	0.748	1.731	21.732	2.045	282.633	7.035	0+062.02	0.748	1.731	21.732	2.045	282.633	7.035	282.633	7.035	0.748	1.731	68.016	0.610	68.016	0.610	
0+080	0.748	1.731	4.990	85.394	301.100	133.556	0+080	0.748	1.731	4.990	85.394	301.100	133.556	0+080	0.748	1.731	4.990	85.394	301.100	133.556	133.556	0.000	0.000	0.000	0.000	68.764	0.610	68.764	0.610
0+100	0.000	8.999	0.000	20.033	301.100	133.264	0+100	0.000	8.999	0.000	20.033	301.100	133.264	0+100	0.000	8.999	0.000	20.033	301.100	133.264	133.264	0.000	0.000	0.000	0.000	69.514	0.610	69.514	0.610
0+114.35	0.000	11.117	0.000	62.821	301.100	181.248	0+114.35	0.000	11.117	0.000	62.821	301.100	181.248	0+114.35	0.000	11.117	0.000	62.821	301.100	181.248	181.248	0.000	0.000	0.000	0.000	70.264	0.610	70.264	0.610
0+120	0.000	11.117	0.000	0.000	301.100	355.677	0+120	0.000	11.117	0.000	0.000	301.100	355.677	0+120	0.000	11.117	0.000	0.000	301.100	355.677	355.677	0.000	0.000	0.000	0.000	71.014	0.610	71.014	0.610
0+134.11	0.000	5.039	0.000	12.462	301.100	408.172	0+134.11	0.000	5.039	0.000	12.462	301.100	408.172	0+134.11	0.000	5.039	0.000	12.462	301.100	408.172	408.172	0.000	0.000	0.000	0.000	71.764	0.610	71.764	0.610
0+140	0.000	5.039	0.000	0.000	301.100	463.211	0+140	0.000	5.039	0.000	0.000	301.100	463.211	0+140	0.000	5.039	0.000	0.000	301.100	463.211	463.211	0.000	0.000	0.000	0.000	72.514	0.610	72.514	0.610
0+148.50	0.190	0.804	0.000	2.179	8.247	303.617	417.419	0+148.50	0.190	0.804	0.000	2.179	8.247	303.617	417.419	0+148.50	0.190	0.804	0.000	2.179	8.247	303.617	417.419	0.190	0.804	73.264	0.610	73.264	0.610
0+160	0.190	0.804	0.000	0.334	14.023	304.151	418.224	0+160	0.190	0.804	0.000	0.334	14.023	304.151	418.224	0+160	0.190	0.804	0.000	0.334	14.023	304.151	418.224	0.190	0.804	74.014	0.610	74.014	0.610
0+161.04	0.174	1.976	0.000	8.980	37.469	313.531	458.291	0+161.04	0.174	1.976	0.000	8.980	37.469	313.531	458.291	0+161.04	0.174	1.976	0.000	8.980	37.469	313.531	458.291	0.174	1.976	74.764	0.610	74.764	0.610
0+180.92	0.228	0.000	4.654	0.607	317.785	456.899	0+180.92	0.228	0.000	4.654	0.607	317.785	456.899	0+180.92	0.228	0.000	4.654	0.607	317.785	456.899	456.899	0.000	0.000	0.000	0.000	75.514	0.610	75.514	0.610
0+187.03	0.192	0.004	72.779	0.131	390.564	457.030	0+187.03	0.192	0.004	72.779	0.131	390.564	457.030	0+187.03	0.192	0.004	72.779	0.131	390.564	457.030	457.030	0.000	0.000	0.000	0.000	76.264	0.610	76.264	0.610
0+200	0.179	0.000	179.944	0.078	570.508	457.308	0+200	0.179	0.000	179.944	0.078	570.508	457.308	0+200	0.179	0.000	179.944	0.078	570.508	457.308	457.308	0.000	0.000	0.000	0.000	77.014	0.610	77.014	0.610
0+209.11	0.919	0.000	118.859	0.000	812.259	457.308	0+209.11	0.919	0.000	118.859	0.000	812.259	457.308	0+209.11	0.919	0.000	118.859	0.000	812.259	457.308	457.308	0.000	0.000	0.000	0.000	77.764	0.610	77.764	0.610
0+220	10.919	0.000	218.388	0.000	1050.893	457.308	0+220	10.919	0.000	218.388	0.000	1050.893	457.308	0+220	10.919	0.000	218.388	0.000	1050.893	457.308	457.308	0.000	0.000	0.000	0.000	78.514	0.610	78.514	0.610
0+240	10.919	0.000	221.767	0.000	1252.660	457.308	0+240	10.919	0.000	221.767	0.000	1252.660	457.308	0+240	10.919	0.000	221.767	0.000	1252.660	457.308	457.308	0.000	0.000	0.000	0.000	79.264	0.610	79.264	0.610
0+259.67	12.355	0.000	11.509	0.000	1264.188	457.308	0+259.67	12.355	0.000	11.509	0.000	1264.188	457.308	0+259.67	12.355	0.000	11.509	0.000	1264.188	457.308	457.308	0.000	0.000	0.000	0.000	80.014	0.610	80.014	0.610
0+269	12.355	0.000	22.336	0.000	1286.604	457.308	0+269	12.355	0.000	22.336	0.000	1286.604	457.308	0+269	12.355	0.000	22.336	0.000	1286.604	457.308	457.308	0.000	0.000	0.000	0.000	80.764	0.610	80.764	0.610
0+281.85	11.630	0.000	156.332	0.000	1443.136	457.308	0+281.85	11.630	0.000	156.332	0.000	1443.136	457.308	0+281.85	11.630	0.000	156.332	0.000	1443.136	457.308	457.308	0.000	0.000	0.000	0.000	81.514	0.610	81.514	0.610
0+278.19	4.077	0.000	13.419	0.000	1456.554	457.308	0+278.19	4.077	0.000	13.419	0.000	1456.554	457.308	0+278.19	4.077	0.000	13.419	0.000	1456.554	457.308	457.308	0.000	0.000	0.000	0.000	82.264	0.610	82.264	0.610
0+280	7.407	0.000	31.482	0.000	1488.036	457.308	0+280	7.407	0.000	31.482	0.000	1488.036	457.308	0+280	7.407	0.000	31.482	0.000	1488.036	457.308	457.308	0.000	0.000	0.000	0.000	83.014	0.610	83.014	0.610
0+284.34	7.091	0.000	114.810	0.000	1602.846	457.308	0+284.34	7.091	0.000	114.810	0.000	1602.846	457.308	0+284.34	7.091	0.000	114.810	0.000	1602.846	457.308	457.308	0.000	0.000	0.000	0.000	83.764	0.610	83.764	0.610
0+300	7.577	0.000	86.608	0.000	1689.465	457.308	0+300	7.577	0.000	86.608	0.000	1689.465	457.308	0+300	7.577	0.000	86.608	0.000	1689.465	457.308	457.308	0.000	0.000	0.000	0.000	84.514	0.610	84.514	0.610
0+312.47	6.333	0.000	47.688	0.000	1737.192	457.308	0+312.47	6.333	0.000	47.688	0.000	1737.192	457.308	0+312.47	6.333	0.000	47.688	0.000	1737.192	457.308	457.308	0.000	0.000	0.000	0.000	85.264	0.610	85.264	0.610
0+320	6.333	0.000	60.222	0.416	1787.374	467.724	0+320	6.333	0.000	60.222	0.416	1787.374	467.724	0+320	6.333	0.000	60.222	0.416	1787.374	467.724	467.724	0.000	0.000	0.000	0.000	86.014	0.610	86.014	0.610
0+333.50	1.708	0.094	7.133	5.390	1794.507	467.724	0+333.50	1.708	0.094	7.133	5.390	1794.507	467.724	0+333.50	1.708	0.094	7.133	5.390	1794.507	467.724	467.724	0.000	0.000	0.000	0.000	86.764	0.610	86.764	0.610
0+338.99	0.850	2.286	0.862	2.319	1795.389	465.433	0+338.99	0.850	2.286	0.862	2.319	1795.389	465.433	0+338.99	0.850	2.286	0.862	2.319	1795.389	465.433	465.433	0.000	0.000	0.000	0.000	87.514	0.610	87.514	0.610
0+340	0.850	2.286	0																										