



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LOS CASERÍOS SANTO DOMINGO II Y  
EL NARANJAL Y DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA EL CASERÍO NUEVO SAN  
CARLOS, SAN PABLO, SAN MARCOS**

**Kevin René Orozco Barrios**

Asesorado por el Ing. Óscar Argueta Hernández

Guatemala, agosto de 2017



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LOS CASERÍOS SANTO DOMINGO II Y  
EL NARANJAL Y DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA EL CASERÍO NUEVO SAN  
CARLOS, SAN PABLO, SAN MARCOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**KEVIN RENÉ OROZCO BARRIOS**  
ASESORADO POR EL ING. ÓSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, AGOSTO DE 2017





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADORA	Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López



## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento 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 AGUA POTABLE PARA LOS CASERÍOS SANTO DOMINGO II Y  
EL NARANJAL Y DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA EL CASERÍO NUEVO SAN  
CARLOS, SAN PABLO, SAN MARCOS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil con fecha 16 de enero de 2017.



**Kevin René Orozco Barrios**





Guatemala, 17 de julio de 2017  
REF.EPS.DOC.196.07.17

Inga. Christa Classon de Pinto  
Directora  
Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimada Ingeniera Classon de Pinto:


Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Kevin René Orozco Barrios**, Registro Académico 201114234 y CUI 2166 40237 0101, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LOS CASERÍOS SANTO DOMINGO II Y EL NARANJAL Y DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA EL CASERÍO NUEVO SAN CARLOS, SAN PABLO, SAN MARCOS.**

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. Oscar Argueta Hernández  
Asesor-Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo  
OAH/ra



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



Guatemala, 7 de agosto de 2017

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 AGUA POTABLE PARA LOS CASERÍOS SANTO DOMINGO II Y EL NARANJAL Y DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA EL CASERÍO NUEVO SAN CARLOS, SAN PABLO, SAN MARCOS”** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Kevin René Orozco Barrios con registro académico 201114234 y CUI 2166 40237 0101, quien contó con la asesoría del Ing. Oscar Argueta Hernández.

Considero que este trabajo está bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad 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. Mario Estuardo Arriola Avila  
Coordinador del Área de Topografía y Transportes



**FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
TRANSPORTES  
- USAC**



*Mas de 136 años de Trabajo y Mejora Continua*



**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
 Universidad de San Carlos de Guatemala  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



Guatemala,  
 11 de agosto de 2017

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 AGUA POTABLE PARA LOS CASERÍOS SANTO DOMINGO II Y EL NARANJAL Y DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA EL CASERÍO NUEVO SAN CARLOS, SAN PABLO, SAN MARCOS** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Kevin René Orozco Barrios, con CUI 2166402370101 Registro Académico No. 2011-14234, quien contó con la asesoría del Ing. Oscar Argueta Hernández.

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 ENSEÑADA A TODOS



FACULTAD DE INGENIERIA  
 DEPARTAMENTO  
 DE  
 HIDRAULICA  
 USAC

Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa  
 Revisor por el Departamento de Hidráulica

/mrrm.





Guatemala, 14 de agosto de 2017  
REF.EPS.D.251.08.17

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

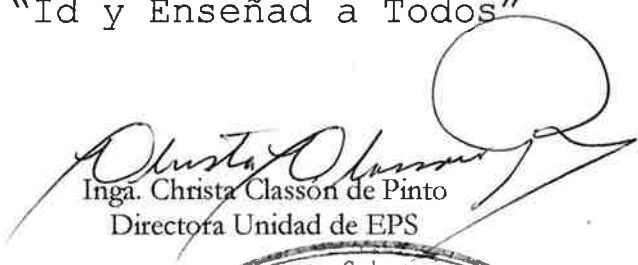
Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

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 AGUA POTABLE PARA LOS CASERÍOS SANTO DOMINGO II Y EL NARANJAL Y DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA EL CASERÍO NUEVO SAN CARLOS, SAN PABLO, SAN MARCOS**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Kevin René Orozco Barrios, Registro Académico 201114234 y CUI 2166 40237 0101**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el **Ing. Oscar Argueta Hernández**.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por el Asesor-Supervisor, y 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. Christa Classón de Pinto  
Directora Unidad de EPS

CCdP/ra







**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Oscar Argueta Hernández y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto, al trabajo de graduación del estudiante Kevin René Orozco Barrios titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LOS CASERÍOS SANTO DOMINGO II Y EL NARANJAL Y DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA EL CASERÍO NUEVO SAN CARLOS, SAN PABLO, SAN MARCOS** da por éste medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, agosto  
/mrrm.



*Mas de 136 años de Trabajo y Mejora Continua*



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 AGUA POTABLE PARA LOS CASERÍOS SANTO DOMINGO II Y EL NARANJAL Y DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA EL CASERÍO NUEVO SAN CARLOS, SAN PABLO, SAN MARCOS**, presentado por el estudiante universitario: **Kevin René Orozco Barrios**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano



Guatemala, agosto de 2017

/cc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Fuente de inspiración y sabiduría que guía cada uno de mis actos.
- Mis padres** Ing. Otto René Orozco Castillo y Licda. Marilia Lisbeth Barrios de Orozco, por todo el apoyo brindado a lo largo de mi vida. Han sido y seguirán siendo siempre mi inspiración.
- Mis hermanos** Dra. Mónica Orozco, Ing. Otto Roberto Orozco, Lic. Diego Orozco y Dr. Carlos Orozco, quienes con su ejemplo me motivan y demuestran su apoyo en la realización de cada una de mis metas.
- Mis abuelos** Profa. Carmen Maldonado, Amado Arcángel Barrios (q. e. p. d.), Profa. Alba Teresa Castillo (q. e. p. d.) y Prof. Alfonso Orozco (q. e. p. d.), escuelas de vida que han dejado huella y un compromiso firme de continuar su legado.
- Mi familia** Tíos, primos, cuñadas y sobrina Emma Sofía, por mantener siempre la unión familiar y ese inmenso cariño.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

- Dios** Por todas las bendiciones que demuestran su grandeza.
- Mis padres** Licda. Marilia Lisbeth Barrios Maldonado de Orozco e Ing. Otto René Orozco Castillo, por el amor demostrado y los sacrificios realizados para lograr alcanzar otra meta más. Su historia de vida es un ejemplo a seguir.
- Mis hermanos** Dra. Mónica Orozco, Ing. Otto Roberto Orozco, Lic. Diego Orozco y Dr. Carlos Orozco, por su gran apoyo y motivación en alcanzar este título.
- Mis abuelos** Profa. Carmen Graciela Maldonado, Amado Barrios (q. e. p. d.), Profa. Alba Teresa Castillo (q. e. p. d.) y Prof. Alfonso Orozco (q. e. p. d.), por sus enseñanzas y por ser el punto de inicio de un gran legado.
- Mi familia** Tíos y primos, por su ayuda y ánimos para concluir este trabajo.
- Mis amigos** Juan Sosa, German, Stephanie, Sidney, Luis y Paula, por su amistad, compañerismo y apoyo a lo largo de los años.

<b>Mi novia</b>	María Fernanda, por su cariño, comprensión y motivación para culminar esta última parte de mi carrera.
<b>Mi asesor</b>	Ing. Óscar Argueta, por su valiosa asesoría y ese gran apoyo para concluir con éxito esta etapa de la carrera.
<b>Municipalidad de San Pablo</b>	Por abrir las puertas de sus instalaciones para la realización del EPS.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por darme la formación académica y profesional durante estos años.
<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por acogerme durante mis años de estudios.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XIII
GLOSARIO .....	XV
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN .....	XXIII
1. FASE INVESTIGATIVA.....	1
1.1. Monografía .....	1
1.1.1. Aspectos generales .....	1
1.1.2. Localización de los caseríos .....	2
1.1.3. Ubicación geográfica .....	3
1.1.4. Clima .....	3
1.1.5. Turismo.....	6
1.1.6. Demografía.....	6
1.1.7. Idioma.....	6
1.1.8. Religión.....	6
1.1.9. Costumbres y tradiciones .....	7
1.1.10. Aspectos económicos y productividad.....	7
1.1.11. Servicios existentes .....	8
1.2. Investigación diagnóstica.....	9
1.2.1. Descripción de las necesidades .....	9
1.2.2. Descripción de la propuesta .....	10

2.	DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL CASERÍO SANTO DOMINGO II Y EL NARANJAL, MUNICIPIO DE SAN PABLO, SAN MARCOS .....	11
2.1.	Descripción del proyecto .....	11
2.2.	Tipo de fuente .....	11
2.3.	Aforo.....	12
2.4.	Calidad del agua .....	14
2.4.1.	Examen bacteriológico .....	14
2.4.2.	Examen físicoquímico .....	15
2.5.	Topografía.....	16
2.5.1.	Planimetría .....	16
2.5.2.	Altimetría .....	16
2.6.	Diseño del sistema .....	18
2.6.1.	Captación .....	18
2.6.2.	Período de diseño .....	19
2.6.3.	Población futura .....	19
2.6.4.	Dotación .....	20
2.6.5.	Parámetros de diseño .....	20
2.6.5.1.	Caudal medio diario .....	21
2.6.5.2.	Caudal máximo diario.....	21
2.6.5.3.	Caudal de vivienda.....	22
2.6.5.4.	Caudal instantáneo .....	23
2.6.5.5.	Caudal máximo horario .....	24
2.6.6.	Diseño de la línea de conducción.....	25
2.6.6.1.	Pérdida de energía .....	26
2.6.6.2.	Presión dinámica .....	27
2.6.6.3.	Presión estática.....	27
2.6.6.4.	Carga piezométrica .....	28
2.6.7.	Diseño de paso aéreo .....	32



2.6.7.1.	Cables .....	33
2.6.7.1.1.	Datos .....	33
2.6.7.1.2.	Integración de cargas ...	34
2.6.7.1.3.	Cálculo de flecha .....	35
2.6.7.1.4.	Cable principal.....	37
2.6.7.1.5.	Péndolas o tirantes.....	38
2.6.7.2.	Torres de soporte .....	40
2.6.7.2.1.	Datos .....	40
2.6.7.2.2.	Esbeltez.....	40
2.6.7.2.3.	Carga última .....	42
2.6.7.3.	Zapata .....	43
2.6.7.3.1.	Datos .....	43
2.6.7.3.2.	Capacidad de soporte ..	44
2.6.7.3.3.	Corte simple .....	44
2.6.7.3.4.	Corte punzonante .....	45
2.6.7.3.5.	Flexión.....	47
2.6.7.4.	Anclaje o muerto.....	47
2.6.7.4.1.	Datos .....	48
2.6.7.4.2.	Volteo .....	48
2.6.7.4.3.	Deslizamiento.....	50
2.6.7.5.	Fuerza de viento.....	51
2.6.8.	Diseño del sistema de desinfección.....	52
2.6.8.1.	Determinar flujo de cloro.....	52
2.6.8.2.	Flujo de agua en el clorador .....	53
2.6.8.3.	Dosificación del clorador.....	54
2.6.9.	Diseño de tanque de distribución.....	54
2.6.9.1.	Tanque de mampostería.....	55
2.6.9.2.	Tanque de concreto armado.....	61
2.6.9.2.1.	Datos .....	63

	2.6.9.2.2.	Condiciones .....	63
	2.6.9.3.	Losa de tanque de distribución.....	71
	2.6.9.4.	Viga de tanque de distribución .....	77
	2.6.10.	Diseño de la línea de distribución.....	83
2.7.		Presupuesto .....	83
	2.7.1.	Presupuesto con tanque de mampostería.....	84
	2.7.2.	Presupuesto con tanque de concreto .....	85
2.8.		Cronograma de ejecución física y financiera.....	85
3.		DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA EL CASERÍO NUEVO SAN CARLOS, MUNICIPIO DE SAN PABLO, SAN MARCOS.....	87
3.1.		Descripción del proyecto .....	87
3.2.		Levantamiento topográfico .....	88
	3.2.1.	Reconocimiento.....	88
	3.2.2.	Selección de ruta.....	89
	3.2.3.	Planimetría .....	89
	3.2.4.	Altimetría .....	90
	3.2.5.	Secciones transversales.....	90
3.3.		Estudio de suelos .....	90
	3.3.1.	Granulometría .....	91
	3.3.2.	Límites de Atterberg .....	92
	3.3.2.1.	Límite líquido .....	93
	3.3.2.2.	Límite plástico .....	93
	3.3.2.3.	Índice de plasticidad.....	93
	3.3.3.	Sistema de clasificación AASHTO .....	95
	3.3.4.	Proctor modificado .....	97
	3.3.5.	CBR.....	99
	3.3.6.	Análisis de resultados de laboratorio.....	100
	3.3.6.1.	Clasificación .....	100

	3.3.6.2.	Descripción del suelo.....	100
	3.3.6.3.	Límites .....	101
	3.3.6.4.	Proctor y CBR:.....	101
3.4.		Diseño geométrico.....	101
	3.4.1.	Trazo preliminar.....	103
	3.4.2.	Localización .....	104
	3.4.3.	Alineamiento horizontal .....	104
	3.4.3.1.	Tangentes.....	104
	3.4.3.2.	Curvas horizontales .....	105
		3.4.3.2.1. Grado de curvatura.....	107
		3.4.3.2.2. Longitud de curva .....	107
		3.4.3.2.3. Subtangente .....	108
		3.4.3.2.4. Cuerda máxima .....	108
		3.4.3.2.5. External .....	108
		3.4.3.2.6. Ordenada media.....	109
	3.4.3.3.	Curvas de transición .....	110
	3.4.3.4.	Bombeo .....	112
	3.4.3.5.	Distancia de bombeo .....	112
	3.4.3.6.	Peralte .....	113
	3.4.3.7.	Sobreechancho .....	114
	3.4.3.8.	Ejemplo de diseño de curva .....	118
	3.4.4.	Alineamiento vertical.....	123
	3.4.4.1.	Longitud de curva vertical.....	125
		3.4.4.1.1. Criterio de apariencia .	126
		3.4.4.1.2. Criterio de comodidad	126
		3.4.4.1.3. Criterio de drenaje .....	127
		3.4.4.1.4. Criterio de seguridad ..	127
	3.4.4.2.	Pendientes.....	129
		3.4.4.2.1. Pendiente máxima.....	129

	3.4.4.2.2.	Pendiente mínima .....	130
	3.4.4.3.	Correcciones a curvas verticales.....	131
	3.4.4.4.	Ejemplo de diseño de curva vertical ...	132
3.5.		Movimiento de tierras .....	134
	3.5.1.	Secciones transversales.....	134
	3.5.2.	Área de secciones transversales.....	135
	3.5.3.	Volumen de secciones transversales .....	139
3.6.		Diseño de estructura de pavimento.....	143
	3.6.1.	Subrasante .....	143
	3.6.2.	Subbase .....	145
	3.6.3.	Carpeta de rodadura .....	146
	3.6.3.1.	Datos .....	147
	3.6.3.2.	Categoría de carga.....	148
	3.6.3.3.	Clasificación de la subrasante.....	149
	3.6.3.4.	Corrección a la subrasante.....	150
	3.6.3.5.	Espesor de pavimento.....	150
3.7.		Drenajes.....	151
	3.7.1.	Método racional .....	152
	3.7.1.1.	Intensidad de lluvia.....	152
	3.7.1.2.	Área de la cuenca .....	153
	3.7.1.3.	Coeficiente de escorrentía.....	153
	3.7.1.4.	Caudal de diseño .....	154
	3.7.1.5.	Área de la sección.....	155
	3.7.2.	Drenaje longitudinal.....	156
	3.7.3.	Drenaje transversal .....	160
3.8.		Presupuesto .....	162
3.9.		Cronograma de ejecución física y financiera.....	163
3.10.		Evaluación de impacto ambiental.....	163

CONCLUSIONES .....	167
RECOMENDACIONES .....	169
BIBLIOGRAFÍA.....	171
APÉNDICES .....	173
ANEXOS .....	219



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Ubicación del municipio de San Pablo, San Marcos .....	2
2.	Mapa de ubicación de los caseríos .....	2
3.	Estaciones meteorológicas cercanas al municipio .....	4
4.	Esquema de captación de agua de manantial .....	19
5.	Tipos de carga y energía.....	28
6.	Líneas de energía .....	28
7.	Componentes de paso aéreo .....	33
8.	Longitud de tensor.....	37
9.	Área para corte simple .....	45
10.	Área para corte punzonante.....	46
11.	Fuerzas actuantes en anclaje .....	48
12.	Relación flujo de cloro vs flujo de agua.....	53
13.	Tanque de mampostería .....	56
14.	Vista de planta del tanque de concreto .....	62
15.	Elevaciones del tanque de concreto .....	62
16.	Condiciones de carga.....	63
17.	Coeficientes de corte.....	64
18.	Coeficientes de momento.....	67
19.	Armado de muro de concreto.....	70
20.	Vista de planta de losa .....	71
21.	Relación de lados y caso del método de coeficientes .....	74
22.	Diagrama de momentos .....	75
23.	Sección de viga propuesta .....	77

24.	Esquema de áreas tributarias .....	78
25.	Diagrama de corte y momento.....	79
26.	Límites de Atterberg.....	92
27.	Elementos de la curva horizontal.....	106
28.	Pérdida de bombeo en curvas .....	112
29.	Peralte en cualquier punto de la curva.....	114
30.	Sobreechancho en cualquier punto de la curva.....	115
31.	Curvas verticales .....	123
32.	Elementos de las curvas verticales.....	124
33.	Elementos de la curva vertical para correcciones.....	131
34.	Sección transversal propuesta.....	135
35.	Cálculo de áreas por el método analítico.....	136
36.	Sección transversal estación 0+220 .....	137
37.	Prismoide formado entre secciones transversales iguales .....	140
38.	Figura formada entre secciones transversales diferentes.....	141
39.	Volumen formado entre estaciones .....	142
40.	Intensidad de lluvia para el departamento de San Marcos .....	156
41.	Sección de cuneta longitudinal .....	158
42.	Sección de cuneta longitudinal con sección al 80 %.....	159
43.	Sección de tubo transversal con sección al 50 %.....	161

## TABLAS

I.	Parámetros meteorológicos de la estación Catarina.....	4
II.	Actividad y porcentaje de trabajo.....	8
III.	Tiempos de llenado Peña 1 .....	13
IV.	Libreta topográfica .....	17
V.	Tramos de la línea de conducción .....	26
VI.	Cálculo de flecha mayor .....	36



VII.	Cálculo de tirantes.....	39
VIII.	Tipos de cloradores.....	52
IX.	Momentos y peso de muro.....	57
X.	Correcciones a coeficientes de momento .....	68
XI.	Presupuesto integrado con tanque de mampostería.....	84
XII.	Presupuesto integrado con tanque de concreto.....	85
XIII.	Cronograma de ejecución física y financiera.....	86
XIV.	Clasificación de los suelos según su índice plástico (IP) .....	94
XV.	Sistema de clasificación de suelos AASHTO .....	96
XVI.	Comparación de métodos de clasificación de suelos.....	97
XVII.	Valores de carga unitaria .....	100
XVIII.	Criterios de diseño de caminos rurales .....	103
XIX.	Libreta topográfica.....	105
XX.	Peralte y longitud de espiral .....	116
XXI.	Sobreechanco recomendado .....	117
XXII.	Diseño horizontal de la curva número 2 del camino.....	122
XXIII.	Diseño de curvas horizontales .....	123
XXIV.	Longitudes mínimas de curvas verticales.....	125
XXV.	Diseño de curvas verticales .....	130
XXVI.	Resumen de diseño de la curva vertical número 3 .....	134
XXVII.	Cálculo de áreas por el método analítico .....	136
XXVIII.	Coordenadas relativas de la sección 0+220 .....	138
XXIX.	Áreas de corte y relleno .....	139
XXX.	Áreas y volúmenes de corte y relleno .....	143
XXXI.	CBR para clasificar subrasante .....	145
XXXII.	Categorías de carga por eje.....	149
XXXIII.	Tipos de suelo de subrasante y valores aproximados de “k” .....	149
XXXIV.	Efectos de la subbase no tratada sobre los valores de “k” .....	150
XXXV.	TPDC permisible, categoría 1 de carga por eje. Pavimentos simples	151

XXXVI.	Coeficiente de escorrentía .....	154
XXXVII.	Presupuesto integrado .....	162
XXXVIII.	Cronograma de inversión y ejecución.....	163

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>C</b>	Coeficiente de escorrentía
<b>Dist</b>	Distancia
<b>Dn</b>	Diferencia de niveles entre dos puntos
<b>Est</b>	Estación
<b>FDM</b>	Factor Día Máximo
<b>FHM</b>	Factor de Hora Máximo
<b>GC</b>	Grado de Curvatura
<b>Hf</b>	Pérdidas por fricción en la tubería
<b>HG</b>	Hierro galvanizado
<b>I</b>	Intensidad de lluvia
<b>L/Hab./día</b>	Litros por habitante al día
<b>L/s</b>	Litros por segundo
<b>K</b>	Módulo de reacción de la subrasante
<b>Ks</b>	Módulo de reacción corregido de la subrasante
<b>Ka</b>	Coeficiente de presión activa
<b>Kp</b>	Coeficiente de presión pasiva
<b>Km</b>	Kilómetros
<b>Kg/m<sup>2</sup></b>	Kilogramo por metro cuadrado
<b>Kg/m<sup>3</sup></b>	Kilogramo por metro cúbico
<b>m</b>	Metros
<b>m<sup>2</sup></b>	Metros cuadrados
<b>m<sup>3</sup></b>	Metros cúbicos

<b>m<sup>3</sup>/seg</b>	Metros cúbicos por segundo
<b>m/s</b>	Metros por segundo
<b>mm/h</b>	Milímetros por hora
<b>m.c.a.</b>	Metro columna de agua
<b>n</b>	Coeficiente de rugosidad
<b>PC</b>	Principio de curva
<b>Pf</b>	Población futura en un tiempo (tn)
<b>PT</b>	Principio de tangente
<b>psi</b>	Libras por pulgada cuadrada
<b>pci</b>	Libras por pulgada cúbica
<b>PVC</b>	Cloruro de polivinilo
<b>Q</b>	Caudal en litros por segundo
<b>Qd</b>	Caudal de diseño
<b>Qm</b>	Caudal medio
<b>QMD</b>	Caudal máximo diario
<b>QMH</b>	Caudal máximo horario
<b>Qv</b>	Caudal de vivienda
<b>R</b>	Radio
<b>S%</b>	Pendiente de terreno
<b>W</b>	Peso en kilogramos por metro cuadrado
<b>Φ</b>	Diámetro en pulgadas

## GLOSARIO

<b>Aforo</b>	Operación que consiste en medir un caudal de agua. Es la producción de una fuente.
<b>Agua potable</b>	Agua sanitariamente segura, que debe ser inodora, insípida, incolora y agradable a los sentidos.
<b>Altimetría</b>	Parte de la topografía que mide las diferencias de nivel en el plano vertical.
<b>ASTM</b>	American Society for Testing and Materials.
<b>AASHTO</b>	American Association of State Highway and Transportation Officials.
<b>Azimut</b>	Ángulo formado por la dirección horizontal y la del norte verdadero, determinado astronómicamente. Se mide en el plano horizontal en sentido de las agujas de reloj.
<b>Bacteria</b>	Organismo microscópico sin clorofila de varias especies y patógenas.
<b>Bombeo</b>	Pendiente dada a la corona de las tangentes del alineamiento horizontal, hacia uno y otro lado del eje

para evitar la acumulación del agua sobre la superficie de rodamiento.

**Carril** Superficie de rodamiento que tiene el ancho suficiente para permitir la circulación de una línea de vehículos.

**Case** Caso de aplicación de la tabla de cortante y momentos para el diseño de tanques rectangulares de concreto armado.

**Caserío** Pueblo pequeño de escaso vecindario.

**CBR** California Bearing Ratio. Ensayo de suelos para conocer la capacidad portante de un suelo.

**Compactación** Procedimiento que consiste en aplicar energía al suelo suelto para consolidarlo, eliminando espacios vacíos y aumentando así la densidad y, en consecuencia, la capacidad de soporte de cargas.

**Cota piezométrica** Máxima presión dinámica en cualquier punto de la línea de conducción y distribución.

**COVIAL** Unidad Ejecutora de Conservación Vial.

**Cuneta** Zanja en cada uno de los lados del camino o carretera, en la cual el agua circula debido a la acción de la gravedad.

<b><i>Deflection</i></b>	Deflexión generada por cargas sobre los muros de tanques rectangulares de concreto armado.
<b>Densidad de vivienda</b>	Relación entre número el de viviendas por área.
<b>Dotación</b>	Estimación de la cantidad de agua que se consume en promedio por habitante diariamente.
<b><i>Fixed Base</i></b>	Tipo de apoyo estructural consistente en empotramiento, es decir, posee restricción vertical, horizontal y de momento.
<b><i>Free Top</i></b>	Tipo de apoyo estructural consistente en voladizo, es decir que no tiene restricción alguna.
<b>INFOM</b>	Instituto de Fomento Municipal.
<b>Peralte</b>	Inclinación transversal de la calzada en las curvas horizontales que sirve para contrarrestar la fuerza centrífuga.
<b>Proctor</b>	Ensayo de suelos para conocer la humedad óptima con la cual se alcanza la densidad máxima.
<b><i>Shear</i></b>	Esfuerzo de corte.
<b>SUCS</b>	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

**Tirante**

Altura de nivel de agua dentro de un canal.



## RESUMEN

El desarrollo del conocimiento científico ha dado a la ingeniería las herramientas suficientes para desarrollar y perfeccionar tanto teoremas como técnicas que, al ser utilizadas en conjunto, permiten y facilitan el diseño y construcción de proyectos que benefician a la humanidad.

Con el objetivo de brindar apoyo a los caseríos de Santo Domingo II y El Naranjal, del Municipio de San Pablo, San Marcos, se atiende el problema que representa la insuficiente cantidad y poca potabilidad de agua para los 2 082 pobladores. Igualmente, el camino hacia el caserío Nuevo San Carlos no ha recibido el mantenimiento apropiado y por consiguiente se ha deteriorado.

Con el fin de elevar la calidad de vida y desarrollo económico de los pobladores, haciendo uso de los recursos disponibles en la región, se propone entonces el diseño de dos proyectos: el “Sistema de abastecimiento de agua potable para los caseríos Santo Domingo II y El Naranjal”, y el “Pavimento rígido para el caserío Nuevo San Carlos”.

Los proyectos serán diseñados con base en los teoremas y técnicas de la ingeniería, y cumpliendo con las normas establecidas en el país y por organizaciones internacionales (INFOM, MSPAS y OMS para el sistema de agua; y DGC y AASHTO para el pavimento).



## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar los proyectos de sistema de agua potable para los caseríos Santo Domingo II y El Naranjal, y el proyecto de pavimentación para el caserío Nuevo San Carlos.

### **Específicos**

1. Recopilar información de carácter monográfico y diagnóstico de las necesidades de servicios básicos e infraestructura vial de los caseríos Santo Domingo II, El Naranjal y Nuevo San Carlos.
2. Diseñar el sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad con base en los teoremas hidráulicos y estructurales de la ingeniería, y siguiendo los lineamientos propuestos por el Instituto Nacional de Fomento (INFOM).
3. Diseñar el pavimento rígido tomando en consideración las características mecánicas de los suelos y del concreto, así como los lineamientos dictados por la Dirección General de Caminos (DGC) y la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).
4. Promover programas de capacitación dentro de los caseríos para lograr un adecuado uso y mantenimiento del agua y de la vía a pavimentar.



## INTRODUCCIÓN

Al día de hoy, en los caseríos Santo Domingo II y El Naranjal, la carencia de agua apta para consumo humano afecta a 2 082 pobladores de todas las edades. Los efectos de la escasez de agua potable son negativos y se ven reflejados en el incremento del número de enfermedades de origen gastrointestinal atendidos por el centro de salud del municipio. Debido a que el municipio se encuentra ubicado en una región montañosa, dentro de la cual los afloramientos de agua son la principal fuente de este recurso vital, se presenta el diseño de un sistema de agua potable para abastecer a las dos comunidades haciendo uso de la energía potencial proporcionada por la altitud a la que se ubica la fuente.

Tres kilómetros al suroeste de Santo Domingo II se encuentra el caserío Nuevo San Carlos. El acceso a dicho caserío se ha convertido en un problema para los vehículos que circulan desde y hacia el centro del poblado. Esto se debe a que la superficie del camino, de 800 metros de longitud, de terracería, se encuentra deteriorada y desgastada. Con el aumento de los vehículos que transitan se determinó que la infraestructura vial de dicho camino juega un papel primordial en la conectividad de las comunidades, pues es mediante este camino que se hace posible acortar distancias, disminuir tiempos de desplazamiento y reducir costos operativos en el transporte de habitantes y alimentos.

Con el fin de brindar apoyo a los vecinos del municipio, y a través del programa Ejercicio Profesional Supervisado, se busca promover la utilización

racional y eficiente de los recursos disponibles del sector, para lograr la implementación de las soluciones óptimas a los problemas mencionados.

# **1. FASE INVESTIGATIVA**

## **1.1. Monografía**

### **1.1.1. Aspectos generales**

El municipio de San Pablo se encuentra ubicado en el suroccidente del Departamento de San Marcos, en la región denominada Boca Costa, a 48 kilómetros de la cabecera departamental de San Marcos y 286 kilómetros de la Ciudad Capital de Guatemala, por la Carretera Internacional del Pacífico. La distancia entre la cabecera municipal de San Pablo y los poblados de mayor importancia son las siguientes:

- Con la Ciudad Capital, 297 kilómetros
- Con la cabecera departamental, San Marcos, 48 kilómetros
- Con el Municipio de Malacatán, San Marcos, 9 kilómetros
- Con San José El Rodeo, San Marcos, 10 kilómetros
- Con Municipio El Carmen, frontera con México, 21 kilómetros

El extremo sur de las tierras altas de occidente está marcado por la Sierra Madre, que se extiende al sureste desde la frontera mexicana y continúa hasta El Salvador. La cadena montañosa da lugar a volcanes tales como el Tajumulco (4 220 m) y Tacaná (4 020 m), ubicados ambos en San Marcos. El municipio de San Pablo, a una altura de 694 msnm, se encuentra dividido en aldeas, comunidades, caseríos y poblados, los cuales se sitúan a diferentes alturas, dotándolo así con terrenos de tipo montañoso.

Figura 1. **Ubicación del municipio de San Pablo, San Marcos**



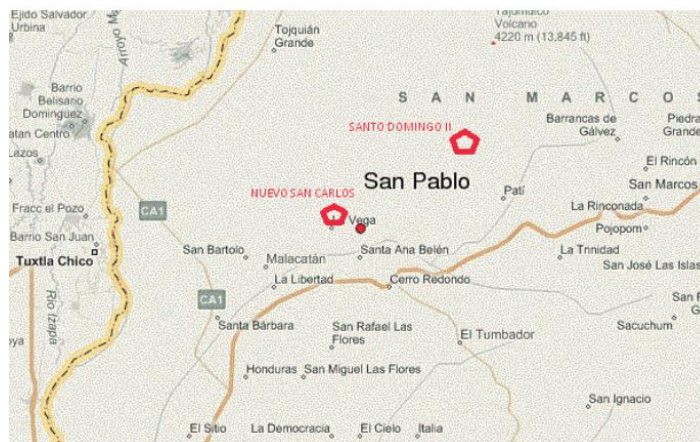
Fuente: *Pronóstico del clima. Mapa de localización de San Pablo.*

<http://www.weather-forecast.com/locations/San-Pablo-5>. Consultado: mayo de 2017.

### 1.1.2. **Localización de los caseríos**

Los caseríos Santo Domingo II, El Naranjal y Nuevo San Carlos, forman parte del Municipio de San Pablo, Departamento de San Marcos. Estos se encuentran ubicados a la altura del kilómetro 303 de la ruta CA-02-OCC y del kilómetro 315 de la ruta CA-04-OCC, respectivamente.

Figura 2. **Mapa de ubicación de los caseríos**



Fuente: COVIAL. *Mapas de la red vial.* <http://www.covial.gob.gt>. Consultado: mayo de 2017.



### **1.1.3. Ubicación geográfica**

Los caseríos Santo Domingo II y El Naranjal se encuentran ubicados a menos de 1 kilómetro de la cabecera municipal, sobre la carretera que conduce hacia la aldea Tocache. Las coordenadas exactas son:

- Latitud 14° 56' 15,44" Norte
- Longitud 91° 59' 51,74" Oeste

En cuanto al caserío Nuevo San Carlos, la distancia que lo separa de la cabecera municipal es de aproximadamente 8 kilómetros, siendo las coordenadas:

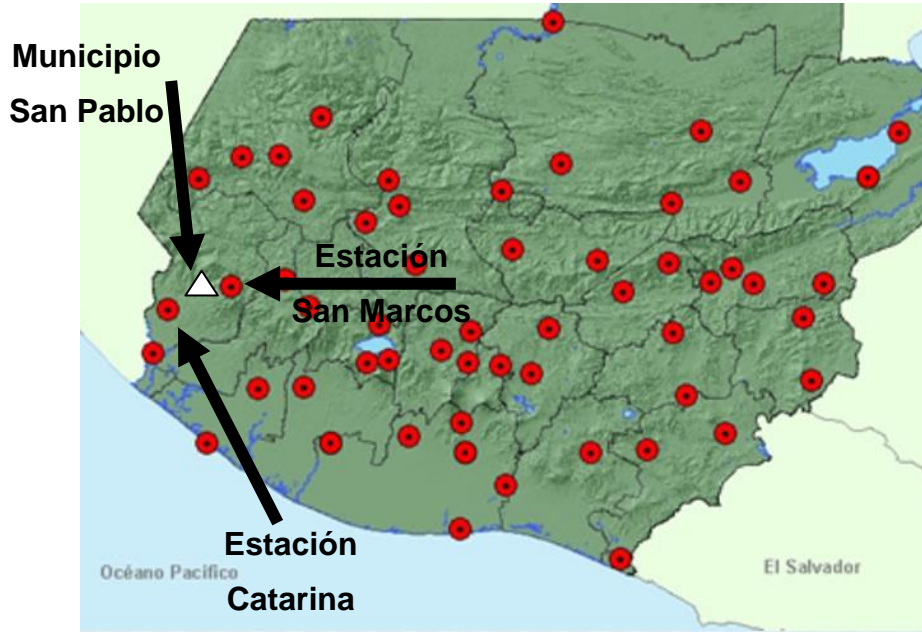
- Latitud 14° 57' 37,40" Norte
- Longitud 92° 00' 37,11" Oeste

### **1.1.4. Clima**

El clima del municipio es variable, de acuerdo a la estación del año, distinguiéndose de la siguiente forma: en invierno o época lluviosa, de mayo a octubre, se tiene un clima un poco más frío; en verano o época seca, de noviembre hasta abril, se tiene un clima templado. Las estaciones meteorológicas del INSIVUMEH más cercanas al municipio de San Pablo son:

- Estación San Marcos
- Estación Catarina

Figura 3. Estaciones meteorológicas cercanas al municipio



Fuente: INSIVUMEH. *Estaciones meteorológicas en Guatemala*.

<http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia>. Consultado en: agosto de 2017.

La estación Catarina es la más cercana al municipio de San Pablo y, por lo tanto, brinda datos más parecidos a la realidad del poblado. Sin embargo, para determinar los valores exactos del municipio, se hace uso de los datos de ambas estaciones con el fin de elaborar predicciones meteorológicas a partir de modelos numéricos. A continuación se presentan los valores de los últimos años de los que se tiene registro en dicha estación meteorológica (2009 y 2010):

Tabla I. Parámetros meteorológicos de la estación Catarina

DATOS MENSUALES Y ANUALES DE TEMPERATURA PROMEDIO EN °C													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2009	26.5	27	27.1	28.4	---	---	---	27.4	27.8	28.4	26.4	---	27.4
2010	---	27.3	33.3	29.9	29.7	28.8	28	27.7	26.5	28.1	27.8	26.3	28.5

Continuación tabla I.

<b>PROMEDIOS MENSUALES Y ANUALES DE TEMPERATURA MÁXIMA EN °C</b>													
<b>2009</b>	33.4	34.2	34.1	35.4	---	---	---	34.4	34	32.8	32.2	---	<b>33.8</b>
<b>2010</b>	---	34.2	35	35.6	35.4	33.4	34.5	34.2	32.9	34.6	34.3	32.1	<b>34.2</b>
<b>PROMEDIOS MENSUALES Y ANUALES DE TEMPERATURA MÍNIMA EN GRADOS CENTIGRADOS °C</b>													
<b>2009</b>	20.2	20.6	20.6	23.1	---	---	---	24.2	25.1	25.6	23.6	---	<b>22.9</b>
<b>2010</b>	---	26.4	23	23.9	24.4	23.7	20.9	22.6	22.9	23.4	22.7	20.9	<b>23.2</b>
<b>LLUVIA EN mm</b>													
<b>2009</b>	40.6	5.8	86.7	51.2	---	---	---	---	376.2	1043. 5	149.1	---	<b>1753.1</b>
<b>2010</b>	---	1.6	4.1	324.4	786.1	395	732.8	604.8	---	---	---	---	<b>1116.2</b>
<b>TOTALES MENSUALES Y ANUALES DE DIAS DE LLUVIA</b>													
<b>2009</b>	1	1	5	4	---	---	---	---	28	30	15	---	<b>84</b>
<b>2010</b>	---	3	4	14	24	16	30	30	25	20	10	4	<b>180</b>
<b>PROMEDIOS MENSUALES Y ANUALES DE NUBOSIDAD EN OCTAS</b>													
<b>2009</b>	3	2	3	4	---	---	---	5	5	5	4	---	<b>4</b>
<b>2010</b>	---	3	3	3	5	7	6	6	7	4	4	3	<b>5</b>
<b>PROMEDIOS MENSUALES Y ANUALES DE HUMEDAD RELATIVA EN PORCENTAJE EN (%)</b>													
<b>2009</b>	69	65	66	66	---	---	---	80	81	85	82	---	<b>74</b>
<b>2010</b>	---	79	67	72	70	81	81	82	86	77	74	76	<b>77</b>
<b>PROMEDIOS MENSUALES Y ANUALES DE VELOCIDAD DEL VIENTO EN KILÓMETROS POR HORA</b>													
<b>2009</b>	4.5	3.9	4	---	---	---	---	---	9.5	1.6	1.4	---	<b>4.2</b>
<b>2010</b>	---	2	2.5	2	3	1	1.8	2	2	2	2	1.5	<b>2</b>
<b>PROMEDIOS MENSUALES Y ANUALES DE DIRECCION DEL VIENTO</b>													
<b>2009</b>	C	C	---	---	---	---	---	---	VAR	C	C	---	<b>CALM A</b>
<b>2010</b>	---	S	S	SE	S	SE	C	C	SE	C	SE	C	<b>VAR</b>

Fuente: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. *Parámetros meteorológicos de estación Catarina*. Disponible en: <http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia>.

Consultado: agosto de 2017.

### **1.1.5. Turismo**

La principal atracción turística del municipio se encuentra ubicada en la Aldea La Igualdad, siendo esta una catarata de agua dulce nombrada con el mismo nombre de su ubicación. Específicamente para los caseríos, las actividades de turismo van orientadas a caminatas en bosques densos.

### **1.1.6. Demografía**

La población beneficiaria directa en los caseríos Santo Domingo II y El Naranjal es de 327 familias, de las cuales el censo llevado a cabo por la municipalidad indicó un total de 2 082 pobladores. En el caso del Caserío Nuevo San Carlos, este cuenta con un total 1 231 habitantes. Las familias están integradas por un promedio de 6 personas por núcleo familiar, de las cuales el sexo femenino representa el 56 % y el masculino el 44 %.

### **1.1.7. Idioma**

En el Municipio de San Pablo se hablan los idiomas español y mam, los cuales son los idiomas más hablados en el Departamento de San Marcos, excepto en cuatro municipios de la costa sur: Ocós, Ayutla, Catarina y Malacatán.

### **1.1.8. Religión**

El 55 % de habitantes son católicos, el 40 % son evangélicos y el 5 % no pertenecen a ninguna de las doctrinas anteriores. Existe una Iglesia Católica en el centro del municipio y se cuenta también con 2 templos evangélicos.

### **1.1.9. Costumbres y tradiciones**

La tradicional fiesta titular del municipio en honor al apóstol San Pablo, patrono del lugar, se celebra durante los días comprendidos del 21 al 26 de enero, con actividades culturales como la elección de las reinas de las fiestas patronales. Aparte de ello se realizan actividades deportivas, encuentros de fútbol y otras actividades programadas para esas fechas, sin faltar las actividades de tipo religioso. Los lugares de recreación en el territorio, básicamente, son los ríos, pero debido a la alta contaminación de estos cada vez son menos utilizados con ese propósito, sin embargo, en la comunidad La Igualdad se encuentran las cataratas y fuentes de agua termales que son visitadas principalmente por los habitantes del territorio (UICN, 2008). Para la población que se ubica en la parte alta del territorio, el cráter del volcán Tajumulco es considerado un sitio sagrado.

### **1.1.10. Aspectos económicos y productividad**

Para el año 2002 la población económicamente activa constituía el 32,61 % de la población, y la económicamente inactiva el 67,39 %. El 78,22 % de la PEA eran hombres y el 21,78 % mujeres; los trabajadores no calificados constituyeron el 64,97 % y el 35,03 % se consideraban agricultores y trabajadores calificados. Como se puede apreciar en la tabla No. 5, la mayor parte de la PEA se ocupa en el sector primario de la economía, representando un 72,91 %, y con un sector incipiente en el comercio, restaurantes y hoteles, que representa el 6,89 %.

Población económicamente activa por área de actividad económica en San Pablo, San Marcos:

Tabla II. **Actividad y porcentaje de trabajo**

Rama de actividad	No.	%
Agricultura, caza, silvicultura y pesca	6.84	72.91
Explotación mineras y canteras	5	0.05
Industria manufacturera, textil y alimentaria	462	4.92
Electricidad, gas y agua	43	0.46
Construcción	530	5.95
Comercio por mayor y menor, restaurantes y hoteles	647	6.89
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	203	2.16
Establecimientos financieros, seguros, bienes inmuebles y servicios prestados a empresas.	98	1.04
Administración pública y defensa	115	1.22
Enseñanza	140	1.49
Servicios sociales, comunales y personales	254	2.71
Rama de actividad no especificada	46	0.49

Fuente: Municipalidad de San Pablo, San Marcos. Oficina de Planificación Municipal. Programa de desarrollo comunitario.

### 1.1.11. Servicios existentes

- Para el 2002, el censo registró un total de 7 770 viviendas, de las cuales el 86,91 % son viviendas formales y el 9,73 % son ranchos. Los materiales predominantes de construcción son: paredes de madera (47,55 %) y *block* (44,45 %), para techo, lámina metálica (80,09 %) y teja de barro (15,06 %), y para el piso, torta de cemento (50,97 %), tierra (39,99 %) y ladrillo de cemento (5,56 %). El 90,03 % de las viviendas estaban en condición de ocupación en propiedad, mientras que el 7,85 % estaban en condición cedida o prestada.
- El servicio de energía eléctrica llega en un 100 % a los tres caseríos.
- De acuerdo con información reportada en el Índice de Avance Educativo Municipal 2002-2006, publicado en el 2008 (proyecto diálogo USAID), el municipio de San Pablo se ubica en la categoría media, en la posición 82 de 117 municipios considerados a nivel nacional como los de mayor marginación.

- El caserío Nuevo San Carlos cuenta con un sistema de agua potable. Sin embargo, los caseríos Santo Domingo II y El Naranjal se abastecen a través de agua de lluvia y ríos cercanos.
- En la actualidad, el saneamiento ambiental es a base de letrinas y pozos de absorción.

## **1.2. Investigación diagnóstica**

### **1.2.1. Descripción de las necesidades**

Según los resultados obtenidos de las visitas de campo a los caseríos Santo Domingo II y El Naranjal, la cantidad de agua recolectada a través de mangueras de polietileno no solo es insuficiente para cubrir la demanda de los más de 2 082 vecinos (aun cuando se han buscado y desarrollado alternativas para incrementar la cantidad de agua en los hogares a través de sistemas de recolección de agua pluvial), sino también inadecuada para consumo humano.

En el caso del caserío Nuevo San Carlos, las investigaciones mostraron una problemática de diferente índole. Se ha comprobado que la vía de acceso actual está conformada por capas de material granular. Entre dichas capas se encuentra la superficie de rodadura compuesta por material balasto. Sin embargo, el clima lluvioso de la región y el incremento del tránsito vehicular sobre el camino, han causado el deterioro del trayecto que conduce hacia el caserío Nuevo San Carlos. Al día de hoy, el tramo de terracería se encuentra en condiciones poco favorables para los vehículos que transitan por el mismo, ya que se hacen visibles, a lo largo y ancho, baches de tamaño considerable y en pequeños trayectos la capa ha sido lavada y mezclada con suelo de limo arenoso.

### **1.2.2. Descripción de la propuesta**

- Realizar el diseño de un sistema de agua potable por gravedad para los caseríos de Santo Domingo II y El Naranjal, para beneficiar a 2 082 pobladores distribuidos en 327 casas.
- Diseñar el pavimento rígido para el tramo que conduce hacia el Caserío Nuevo San Carlos, el cual consta de 5 a 6 metros de ancho, drenajes longitudinales y transversales, planteando y estudiando los posibles riesgos para dicha solución.
- Proponer y concretar planes estratégicos para lograr la ejecución de los proyectos en tiempo, cumpliendo con la calidad y optimizando los recursos tanto económicos como naturales.
- Analizar la viabilidad de dichos proyectos para que puedan ser sustentables.



## **2. DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL CASERÍO SANTO DOMINGO II Y EL NARANJAL, MUNICIPIO DE SAN PABLO, SAN MARCOS**

### **2.1. Descripción del proyecto**

La propuesta para suministrar agua a los 2 082 habitantes actuales consiste en el diseño de un sistema de agua potable por gravedad para los caseríos de Santo Domingo II y El Naranjal. El proyecto consta de 10 000 metros lineales de línea de conducción con tubería PVC, que varía de 1 1/2 a 3 pulgadas de diámetro, un tanque de distribución de concreto armado de 150 m<sup>3</sup> y 2 000 metros lineales de línea de distribución con tubería PVC de 3/4 a 4 pulgadas de diámetro.

### **2.2. Tipo de fuente**

Solo existen dos tipos de fuentes de agua apta para consumo humano; fuentes superficiales, tales como: lagos, ríos y captación pluvial, y fuentes subterráneas, las cuales incluyen pozos, manantiales y galerías horizontales.

Para dotar a las dos comunidades de agua potable, se realizaron estudios en cuanto a cantidad, calidad y ubicación de los nacimientos propuestos. Las fuentes de agua son afloramientos de tipo brote definido de ladera (más conocido como nacimiento), conocidos con el nombre "Peña 1" y "Peña 2", que se encuentran a 10 km. del tanque de distribución.

### **2.3. Aforo**

Es necesario obtener la cantidad de agua de las fuentes con el fin de comprobar si puede o no satisfacer la demanda de agua de la población. Esto se hace a través del aforo, que es la operación de medición de volumen de agua en un tiempo determinado. Lo ideal es que los aforos se efectúen en las temporadas críticas de los meses de estiaje (meses secos) y de lluvia, esto para conocer caudales mínimos y máximos. Además, es considerado como buena práctica preguntar a los pobladores de mayor edad acerca del comportamiento y las variaciones del caudal que pueden existir en la fuente, ya que ellos conocen con mayor certeza si la fuente de agua se seca o no y la variación de los niveles.

Existen varios métodos para determinar el caudal de agua pero el más utilizado en los proyectos de zonas rurales (con nacimientos como fuente de agua) es el método volumétrico. Se recomienda utilizar este método hasta un caudal máximo de 10 lts/seg. El método consiste en tomar el tiempo que demora en llenarse un recipiente de volumen conocido. Posteriormente, se divide el volumen en litros entre el tiempo promedio en segundos, obteniendo así el caudal en lts/seg. Para verificar la manera adecuada de realizar el aforo de las fuentes, el lector deberá referirse a lo que al respecto disponga el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, según acuerdo gubernativo 113-2009 y su guía técnica. Para la aplicación del método de aforo, el INFOM recomienda utilizar un recipiente de 20 lts (normalmente se usa las cubetas de pintura) y repetir el proceso de llenado un mínimo de 5 veces.

Para el presente diseño se utilizó el método volumétrico por su efectividad y facilidad de utilización. Es importante resaltar que el aforo se realizó en el mes de marzo (época seca o estiaje). Se presenta el aforo de la "Peña 1", aplicando

el método volumétrico para determinar el caudal que produce. Se utilizó una cubeta de 5 galones (18,9 litros).

Tabla III. **Tiempos de llenado Peña 1**

No.	Tiempo de llenado [seg]
1	3,43
2	3,40
3	3,40
4	3,44
5	3,42

Fuente: elaboración propia.

Para determinar el tiempo promedio de llenado del recipiente, se tiene:

$$t = \frac{\sum \text{tiempos de llenado}}{\text{Número de repeticiones}}$$

$$t = \frac{3,43 + 3,40 + 3,40 + 4,44 + 3,42}{5}$$

$$t = 3,42 \text{ [seg]}$$

Para obtener el caudal de aforo se utiliza la fórmula siguiente:

$$Q = \frac{\text{Volumen de recipiente}}{\text{tiempo de llenado}}$$

$$Q = \frac{18,9}{3,42}$$

$$Q = 5,52 \text{ [lts/seg]}$$

El caudal que brota del nacimiento de agua (Peña 1) es de 5,52 lts/seg. El caudal del nacimiento (Peña 2) fue obtenido de la misma forma, obteniendo de este un caudal de 2,03 lts/seg.

## **2.4. Calidad del agua**

El agua de la fuente debe ser sanitariamente segura, es decir, apta para consumo humano. Esto se garantiza cumpliendo los límites sobre calidad establecidos por la Norma COGUANOR NGO 29001.

### **2.4.1. Examen bacteriológico**

Es fundamental determinar las condiciones bacteriológicas del agua desde el punto de vista sanitario, ya que los gérmenes patógenos de origen entérico y parásito intestinal son los que pueden transmitir enfermedades gastrointestinales, por lo tanto, el agua debe estar exenta de ellos. Los exámenes bacteriológicos permiten obtener información sobre dos indicadores de presencia de microbios patógenos: la cuenta bacteriana y el índice coliforme.

- La cuenta bacteriana es el número de bacterias que se desarrollan en agar nutritivo por 24 horas a una temperatura de 37°C (o un medio de temperatura y tiempo de incubación determinados).
- El índice coliforme consiste en la determinación del número de bacterias de origen animal.

El análisis de calidad del agua realizado en el laboratorio de EMPAGUA - USAC, revela agua sin sabor, sin sustancias en suspensión, con aspecto claro, sin presencia de cloro residual e inodora, con presencia de innumerables colonias de gérmenes desarrolladas, un NMP de Coliformes Totales igual a 48/100 cm<sup>3</sup> y E. Coli igual a 1,8/100 cm<sup>3</sup>, cuando lo recomendado según la norma COGUANOR 29001-99 es 0/100 cm<sup>3</sup> (ver anexo 2). En la investigación de coliformes se presentan las pruebas presuntiva y confirmativa, de formación

de gas a 35°C, que comprueba la existencia de microorganismos patógenos por medio del signo positivo (ver anexo 2).

Se concluye entonces que la muestra de agua tomada no cumple con los parámetros establecidos en la norma COGUANOR 29001-99. Sin embargo, al aplicar el tratamiento sencillo de cloro al agua, se puede eliminar las bacterias E. Coli y Fecal, es decir que el resultado del ensayo bacteriológico determinó que el agua de la fuente estudiada requiere de tratamiento previo para el consumo.

#### **2.4.2. Examen físicoquímico**

Los análisis físicos son los que se efectúan para determinar las características físicas del agua: color, turbiedad, olor, sabor y temperatura, las cuales son de menor importancia desde el punto de vista sanitario. Los análisis químicos son los que definen los límites mínimos de potabilidad para consumo humano. Las sustancias minerales contenidas en el agua deben quedar comprendidas entre los límites que la experiencia ha encontrado necesarios o tolerables para el consumo humano, los cuales, en su mayor parte, han sido fijados por la norma COGUANOR 29001 para Guatemala.

En términos generales, los análisis químicos determinan características del agua tales como: la alcalinidad, dureza, cloruros, nitratos, nitratos de oxígeno disuelto, amoníaco libre, amoníaco albuminoideo, contenido de hierro, de manganeso, cloro residual y acidez definida en términos de potencial hidrógeno.

Desde el punto de vista físicoquímico sanitario, el análisis físico-químico del agua (ver anexo 2) cumple con las normas de calidad para fuentes de agua

potable de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y de la norma COGUANOR 29001, por lo que el agua de la fuente puede ser utilizada para consumo humano.

## **2.5. Topografía**

Una de las herramientas básicas en todo proyecto es la topografía. Se podría decir que todo proyecto parte de acá. Los elementos necesarios para realizar el levantamiento topográfico son:

### **2.5.1. Planimetría**

La planimetría solo toma en cuenta la proyección del terreno sobre un plano horizontal imaginario (vista en planta), que se supone es la superficie de la tierra. La ubicación de los diferentes puntos sobre la superficie de la tierra se hace mediante la medición de ángulos y distancias, a partir de puntos y líneas de referencia proyectadas sobre un plano horizontal. El levantamiento planimétrico (superficial) de este proyecto se realizó por medio de una poligonal abierta, utilizando el método de conservación del azimut, el equipo utilizado fue teodolito y estadal.

### **2.5.2. Altimetría**

La altimetría se encarga de la medición de las diferencias de nivel o elevación entre los puntos del terreno, las cuales representan las distancias verticales medidas a partir de un plano horizontal de referencia. Para el presente proyecto se aplicó el método taquimétrico (obtención de ángulos verticales y lecturas verticales en el estadal). El equipo utilizado fue teodolito y estadal. Los resultados de la altimetría se presentan en el plano topográfico.

Tabla IV. Libreta topográfica

EST	D.H [m]	AZIMUT	COTA
Nac	56,19	196° 0' 11"	1.631,94
E-0	30,60	156° 21' 59"	1.625,56
E-1	41,89	176° 5' 8"	1.618,43
E-2	17,41	198° 11' 39"	1.610,32
E-3	8,58	228° 26' 34"	1.608,10
E-4	23,65	237° 21' 54"	1.607,60
E-5	25,79	237° 22' 53"	1.604,43
E-6	22,35	222° 25' 26"	1.593,41
E-7	17,61	236° 21' 11"	1.587,72
E-7.1	44,83	236° 4' 2"	1.585,78
E-8	38,34	230° 13' 35"	1.580,84
E-9	48,07	223° 53' 5"	1.573,34
E-10	11,72	190° 6' 54"	1.545,84
E-11	28,15	200° 33' 7"	1.547,62
E-12	18,96	180° 48' 26"	1.541,45
E-13	22,50	194° 47' 54"	1.537,02
E-14	15,00	192° 32' 59"	1.531,66
E-15	24,53	194° 46' 56"	1.538,76
E-15.1	47,25	194° 20' 12"	1.534,19
E-16	60,25	184° 4' 40"	1.525,30
E-17	20,91	205° 43' 30"	1.504,99
E-18	40,50	185° 1' 32"	1.506,36
E-19	55,67	199° 40' 29"	1.495,72
E-20	48,90	181° 13' 37"	1.505,20
E-21	37,40	198° 20' 59"	1.505,47
E-22	90,70	174° 15' 52"	1.505,27
E-23	47,39	161° 10' 28"	1.504,79
E-24	102,98	126° 31' 44"	1.504,40
E-25	60,33	153° 39' 7"	1.503,44
E-26	51,83	183° 44' 53"	1.487,21

E-27	9,96	163° 21' 47"	1.485,60
E-28	28,06	160° 39' 26"	1.480,19
E-29	36,93	176° 26' 38"	1.453,90
E-30	26,70	208° 8' 34"	1.426,00
E-31	65,27	244° 13' 12"	1.426,36
E-32	21,75	240° 17' 19"	1.438,15
E-33	7,90	228° 49' 27"	1.441,90
E-33.1	12,00	230° 38' 55"	1.442,04
E-34	41,38	232° 46' 2"	1.442,24
E-35	28,86	231° 58' 21"	1.443,00
E-36	60,00	221° 27' 22"	1.441,92
E-37	73,20	223° 50' 12"	1.442,24
E-38	63,68	228° 36' 29"	1.428,42
E-39	47,91	228° 28' 12"	1.419,27
E-40	30,55	239° 17' 49"	1.412,74
E-41	33,53	235° 31' 23"	1.407,96
E-42	24,92	222° 16' 48"	1.403,58
E-42.1	14,26	222° 16' 42"	1.399,18
E-43	29,84	231° 10' 36"	1.396,66
E-44	53,98	216° 28' 35"	1.391,89
E-45	40,20	210° 8' 36"	1.384,48
E-46	57,64	213° 34' 58"	1.376,22
E-47	38,04	209° 5' 33"	1.364,55
E-48	43,05	209° 23' 40"	1.359,56
E-49	35,30	209° 52' 56"	1.352,22
E-50	30,52	209° 13' 13"	1.345,97
E-51	32,35	207° 50' 15"	1.339,74
E-52	23,00	208° 37' 58"	1.333,62
E-53	24,13	215° 17' 15"	1.329,34
E-54	33,40	229° 33' 13"	1.323,39
E-55	55,33	227° 52' 49"	1.317,89

EST	D.H [m]	AZIMUT	COTA
E-56	26,16	230° 59' 59"	1.310,22
E-59	30,02	279° 40' 11"	1.298,86
E-60	54,62	236° 0' 23"	1.293,16
E-61	26,66	224° 18' 15"	1.285,47
E-62	19,73	230° 51' 30"	1.282,97
E-63	26,55	215° 52' 13"	1.279,33
E-64	23,96	206° 13' 52"	1.276,30
E-65	22,68	218° 5' 11"	1.273,02
E-66	14,29	224° 17' 11"	1.270,37
E-67	30,12	263° 37' 52"	1.268,26
E-68	38,57	244° 53' 53"	1.263,11
E-69	21,76	242° 20' 35"	1.259,01
E-70	92,46	239° 27' 29"	1.256,29
E-71	21,08	209° 31' 18"	1.234,28
E-71.1	31,50	207° 22' 16"	1.235,92
E-72	48,51	219° 30' 45"	1.238,36
E-73	22,88	223° 41' 21"	1.236,32
E-74	62,50	218° 14' 31"	1.234,66
E-75	84,18	192° 47' 18"	1.225,64
E-76	35,99	202° 53' 6"	1.211,96
E-77	83,51	229° 46' 10"	1.207,29
E-78	81,94	179° 41' 14"	1.202,33
E-79	26,78	205° 8' 28"	1.193,95
E-80	23,90	219° 13' 39"	1.192,19
E-81	89,66	216° 57' 54"	1.191,98
E-82	115,04	225° 46' 43"	1.183,68
E-83	37,28	207° 26' 53"	1.177,22
E-83.1	45,51	208° 45' 36"	1.172,36
E-84	62,77	210° 26' 25"	1.166,43
E-85	48,53	215° 45' 19"	1.158,77

E-86	96,04	220° 20' 40"	1.154,76
E-87	53,77	223° 26' 17"	1.142,64
E-88	25,87	204° 12' 32"	1.142,84
E-90	133,82	217° 41' 44"	1.132,34
E-91	158,95	213° 13' 7"	1.119,80
E-92	94,44	98° 10' 21"	1.103,10
E-93	75,67	93° 32' 45"	1.092,65
E-93.1	30,13	94° 39' 12"	1.086,10
E-94	54,40	201° 56' 41"	1.083,30
E-95	66,84	202° 9' 5"	1.077,32
E-96	28,10	203° 17' 48"	1.075,50
E-97	127,90	224° 48' 12"	1.067,64
E-98	99,79	225° 14' 41"	1.050,53
E-99	53,94	215° 59' 20"	1.042,69
E-100	54,77	208° 18' 55"	1.040,31
E-101	66,57	215° 9' 37"	1.039,10
E-101.1	30,49	215° 37' 55"	1.035,79
E-102	83,80	216° 6' 31"	1.034,28
E-103	54,81	170° 57' 21"	1.023,42
E-104	109,20	166° 5' 7"	1.015,36
E-105	91,08	160° 9' 24"	1.010,77
E-106	45,95	170° 49' 57"	1.002,69
E-107	52,12	175° 19' 25"	1.001,06
E-108	82,97	182° 31' 9"	998,02
E-109	53,51	171° 48' 5"	995,71
E-110	99,69	165° 9' 37"	985,93
E-111	19,27	219° 8' 5"	976,40
E-112	30,76	219° 34' 20"	975,62
E-113	30,00	265° 45' 22"	976,67
E-114	40,03	266° 56' 29"	973,22
E-115	39,79	257° 39' 22"	969,91

EST	D.H [m]	AZIMUT	COTA
E-116	36,46	239° 29' 20"	966,41
E-119	56,11	208° 47' 14"	956,59
E-120	57,37	222° 14' 37"	951,33
E-121	46,35	219° 23' 36"	943,63
E-122	71,18	235° 40' 26"	936,99
E-123	35,46	234° 8' 36"	930,95
E-124	43,28	242° 20' 42"	928,69
E-125	40,03	234° 40' 18"	926,43
E-126	39,13	221° 43' 30"	924,78
E-127	39,25	222° 47' 15"	922,16
E-128	47,87	206° 58' 1"	919,71
E-129	69,36	202° 0' 5"	915,94
E-130	51,63	187° 30' 33"	908,03
E-131	45,69	217° 28' 19"	903,67
E-132	56,79	197° 18' 59"	899,90
E-133	29,82	213° 52' 31"	896,46
E-134	43,28	218° 12' 33"	893,56
E-135	39,51	180° 43' 40"	890,47
E-136	35,29	176° 17' 35"	888,58
E-137	59,74	191° 5' 35"	886,64
E-138	43,44	177° 58' 24"	882,71
E-139	31,94	204° 42' 40"	880,04
E-140	12,71	231° 14' 36"	878,61
E-141	16,72	252° 1' 14"	875,26
E-141.1	59,81	252° 20' 20"	873,96
E-142	65,63	258° 34' 11"	869,29
E-143	76,56	262° 7' 54"	864,35
E-144	70,54	260° 28' 32"	858,50
E-145	184,05	241° 37' 41"	852,79
E-146	69,80	261° 49' 34"	839,58

E-147	46,87	263° 10' 44"	832,07
E-148	71,65	267° 21' 45"	828,85
E-149	55,97	266° 28' 2"	825,55
E-150	46,97	259° 37' 18"	820,63
E-150.1	91,46	259° 50' 10"	817,09
E-151	46,40	243° 29' 0"	810,19
E-152	100,64	231° 23' 6"	802,15
E-153	34,88	233° 46' 13"	799,96
E-154	50,04	252° 10' 41"	797,93
E-155	154,46	276° 42' 27"	790,99
E-156	84,09	271° 22' 16"	777,70
E-157	71,59	288° 15' 14"	771,24
E-158	18,90	260° 17' 13"	767,34
E-159	150,70	260° 47' 2"	766,58
E-160	142,70	260° 27' 59"	759,92
E-161	51,96	271° 47' 41"	753,38
E-162	62,96	282° 7' 31"	751,91
E-163	48,18	293° 46' 51"	750,33
E-164	157,29	285° 16' 21"	747,96
E-165	115,17	285° 59' 26"	743,07
E-166	163,24	289° 8' 22"	747,05
E-167	168,32	284° 30' 49"	739,47
E-168	56,93	269° 10' 31"	728,74
E-169	85,26	259° 42' 3"	726,68
E-169.1	41,38	259° 18' 5"	722,17
E-170	153,36	259° 42' 53"	719,99
E-171	40,33	263° 17' 43"	710,09
E-172	163,82	264° 34' 23"	706,75
E-173	123,13	263° 42' 44"	697,88
E-174	18,99	177° 55' 28"	694,52

Fuente: elaboración propia.

## **2.6. Diseño del sistema**

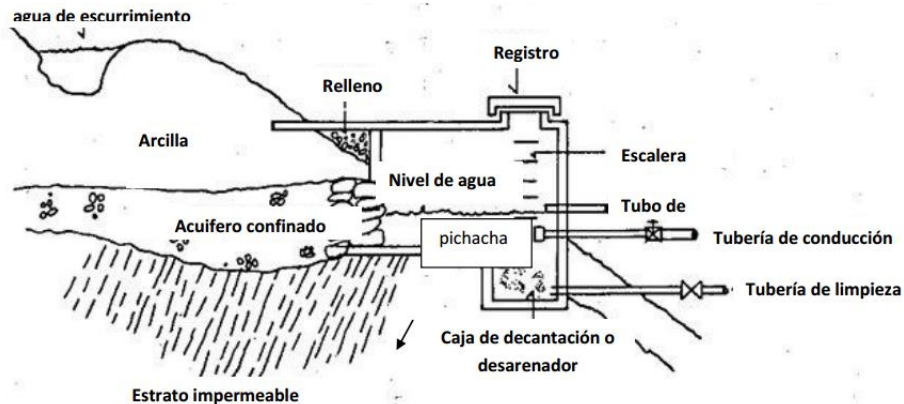
Debido a las condiciones favorables de la topografía del lugar, se ha optado por un sistema de agua por gravedad, tomando en cuenta una línea de conducción de aproximadamente 10 kilómetros y la red de distribución será por medio de conexiones prediales a lo largo de 2 kilómetros. Se beneficiará a 2 082 personas, en la actualidad distribuidas en 327 viviendas. Ya que el sistema servirá para beneficiar a dos comunidades, del tanque de distribución saldrán dos redes de distribución, una hacia cada uno de los caseríos (están relativamente juntos) para brindar un mejor servicio.

### **2.6.1. Captación**

Consiste en una estructura colocada directamente en la fuente, a fin de captar el caudal deseado y conducirlo por la línea de conducción hasta el tanque de almacenamiento. Para el presente proyecto se determinó el uso de dos captaciones típicas de agua de manantial (ver figura 4), con un lecho de filtro de piedra, sello sanitario, caja de captación y válvulas de salida, los muros de concreto ciclópeo, el piso y la tapadera de concreto reforzado, dispositivos de desagüe y rebalse con tuberías y accesorios de PVC (ver apéndice 2 para detalles de planos constructivos).



Figura 4. **Esquema de captación de agua de manantial**



Fuente: INFOM. *Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano*. P. 34.

### 2.6.2. Período de diseño

Es el tiempo para el cual se considera que el diseño del sistema de agua potable será funcional y cumplirá con su cometido (abastecer de agua a la comunidad) con eficiencia. Pasado este período es necesario rehabilitarlo. Para el presente proyecto se adoptó un período de 23 años. Se consideran 3 años adicionales para realizar los trámites administrativos necesarios para llevar a cabo el proyecto.

### 2.6.3. Población futura

El diseño del sistema de agua se hace con base en la población al final del período de diseño. Para calcular la población futura se hace uso de la tasa de crecimiento para el municipio de San Pablo, San Marcos, de 2,98 %, según el Instituto Nacional de Estadística (INE). La fórmula es la siguiente:

$$P_{futura} = P_{inicial} * (1 + i)^n$$

*Donde:*

$P_{futura}$  = Población al final del periodo de diseño

$P_{inicial}$  = Población al momento del diseño

$i$  = Tasa de crecimiento poblacional

$n$  = periodo de diseño

A continuación se presenta el cálculo de la población futura para el diseño del proyecto de agua:

$$P_{futura} = 2,082 * (1 + 0,0298)^{23}$$

$$P_{futura} = 4\ 091$$

#### **2.6.4. Dotación**

Es la cantidad de agua asignada a un habitante en un día en una población. Comúnmente se expresa en litros por habitante por día: l/hab./día. Tomando en consideración el ambiente cálido de la región, la cantidad de agua disponible de ambas fuentes, las actividades de cultivo y la administración del sistema, para el presente diseño se estableció una dotación de 120 lt/hab/día, según recomendaciones del INFOM-UNEPAR.

#### **2.6.5. Parámetros de diseño**

Los parámetros de diseño son los caudales que serán utilizados para el diseño de cada componente del sistema (línea de conducción, tanque de distribución y línea de distribución). Los parámetros a considerar son los siguientes:

### 2.6.5.1. Caudal medio diario

El caudal de consumo diario (promedio) es la cantidad de agua necesaria para satisfacer la demanda de una población. Se calcula como el producto de la dotación adoptada por el número de habitantes que se estimen al final del período de diseño.

$$Q_m = \frac{\text{Dotación} * P_{final}}{86\ 400}$$

*Donde:*

$Q_m =$  Caudal medio diario

$P_{final} =$  Población al final del periodo de diseño

Dotación = Cantidad de agua asignada a cada poblador

$$Q_m = \frac{120 * 4\ 091}{86\ 400}$$

$$Q_m = 5,72 \text{ [lts/seg]}$$

### 2.6.5.2. Caudal máximo diario

Debido a que el consumo medio diario no es igual todos los días, se propone el caudal máximo diario (QMD) para cubrir cualquier incremento posible en la demanda. El factor significa un incremento del 20 % al 50 % en el caudal necesario para un día normal, esto se hace con base en que el consumo no será el mismo en un día de verano que en un día de invierno.

Debido a que no existe un registro de este parámetro para la población específica, se considera el QMD como el producto del caudal medio diario por

un factor que de 1,2 para poblaciones mayores a 1 000 habitantes (según Normas de Diseño INFOM-UNEPAR).

$$QMD = factor * Q_m$$

*Donde:*

$Q_m$  = Caudal medio diario

$QMD$  = Caudal Máximo Diario

Factor = 1,20

$$QMD = 1,20 * 5,72$$

$$QMD = 6,86 [lts/seg]$$

La línea de conducción se diseñará con el QMD de 6,86 [lts/seg].

### **2.6.5.3. Caudal de vivienda**

También es conocido como caudal unitario y se utiliza para establecer el consumo de agua en los distintos puntos de la red de distribución, es decir, la cantidad de agua que corresponde a cada vivienda del QMD. El caudal asignado a cada vivienda es:

$$Q_v = \frac{QMD}{No. viendas futuras}$$

*Donde:*

$Q_v$  = Caudal de Vivienda

$QMD$  = Caudal Máximo Diario

*Datos:*

$$QMD = 6,86 \text{ lts/seg}$$

$$\text{Viviendas futuras} = 646 \text{ casas}$$

$$Q_v = \frac{6,86}{646}$$

$$Q_v = 0,0106 \text{ lts/seg/vivienda}$$

#### **2.6.5.4. Caudal instantáneo**

Es un valor con base a la probabilidad de que todas las viviendas de un ramal hagan uso simultáneamente del sistema. Se determina según la siguiente ecuación:

$$q = k\sqrt{n - 1}$$

*Donde:*

$$q = \text{Caudal Instantáneo}$$

$$k = \text{coeficiente de probabilidad; } 0,20 \text{ para conexiones prediales}$$

$$n = \text{número de viviendas futuras}$$

Para el diseño de los ramales de distribución deberá hacerse una comparación entre los cálculos del caudal obtenidos con el FMH y el criterio de uso simultáneo. Deberá utilizarse el resultado que sea mayor entre ambos.

*Datos:*

$$k = 0,20$$

$$\text{Viviendas} = 646 \text{ casas}$$

$$q = 0,20 * \sqrt{646 - 1}$$

$$q = 5,07 \text{ lts/seg}$$

El caudal ( $q$ ) fue calculado para el total de viviendas de la red. Es recomendado realizar el cálculo del mismo para cada uno de los ramales de la I y compararlo con el  $Q_v$  para dicho ramal.

### **2.6.5.5. Caudal máximo horario**

El consumo máximo horario se determina multiplicando el consumo medio diario por el factor de hora máxima, el cual debe estar en el rango de 1,8 a 2,5 para poblaciones rurales (según Normas de Diseño INFOM-UNEPAR). El factor utilizado para este proyecto es de 2,0. Esto significa un incremento del 100 % en el caudal medio calculado. El objetivo es poder cubrir la demanda de agua en horas pico del día.

$$QMH = factor * Q_m$$

*Donde:*

$$QMH = \text{Caudal Máximo Horario}$$

$$Q_m = \text{Caudal Medio}$$

$$factor = 2,00$$

$$QMH = 2,0 * 5,72$$

$$QMH = 11,43 \text{ [lts/seg]}$$

La red de distribución se diseñará con el  $QMH = 11,43 \text{ [lts/seg]}$ .

### **2.6.6. Diseño de la línea de conducción**

Se le llama línea de conducción a la combinación de tubos de distintos diámetros y material que conducen agua a presión (también llamado sistema forzado). Inicia desde las obras de captación al tanque de almacenamiento. De acuerdo a la naturaleza y características de las dos fuentes de abastecimiento de agua, el sistema será por gravedad. El diseño de la línea de conducción por gravedad deberá tener en cuenta lo siguiente:

- Presión disponible o diferencia de altura entre la captación y el tanque de distribución.
- La capacidad de los tubos deberá ser suficiente para transportar el caudal máximo diario de diseño.
- La selección de la clase y diámetro de la tubería a emplear deberá ajustarse a la máxima economía.
- La línea de conducción deberá dotarse de los accesorios y obras de arte necesarios para su correcto funcionamiento, conforme a las presiones de trabajo específicas para la tubería, para su protección y mantenimiento.
- Tipo de tubería capaz de soportar las presiones hidrostáticas.

La línea de conducción se dividió en tramos de forma que se cumplan los distintos requerimientos para un óptimo funcionamiento y con base en los recursos disponibles del sector, quedando distribuida de la siguiente manera:

Tabla V. **Tramos de la línea de conducción**

TRAMO		LONGITUD		COTA		Dif. Altura [m]	OBSERVACIÓN
EST	P.O.	TERRENO	TUBERÍA	INICIAL	FINAL		
E-1	E-9	240,45	247,66	1 618,43	1 573,34	45,09	CRP en E-9
E-9	E-25	720,88	742,51	1 573,34	1 503,44	69,90	CRP en E-25
E-25	E-37	450,97	464,50	1 503,44	1 442,24	61,20	CRP en E-37
E-37	E-47	469,71	483,80	1 442,24	1 364,55	77,69	CRP en E-47
E-47	E-61	477,15	491,46	1 364,55	1 285,47	79,08	CRP en E-61
E-61	E-74	440,75	453,97	1 285,47	1 234,66	50,81	CRP en E-74
E-74	E-86	797,59	821,52	1 234,66	1 154,76	79,90	CRP en E-86
E-86	E-96	844,57	869,91	1 154,76	1 075,50	79,26	CRP en E-96
E-96	E-109	981,49	1 010,93	1 075,50	995,71	79,79	CRP en E-109
E-109	E-129	887,89	914,53	995,71	915,94	79,77	CRP en E-129
E-129	E-146	992,51	1 022,29	915,94	839,58	76,36	CRP en E-146
E-146	E-157	853,23	878,83	839,58	771,24	68,34	CRP en E-157
E-157	E-175	1 834,21	1 889,24	771,24	691,32	79,92	TANQUE EN E-175

Fuente: elaboración propia.

El diseño hidráulico se hace con base en las siguientes definiciones:

### 2.6.6.1. Pérdida de energía

Al entrar en contacto con las paredes de la tubería, se genera una fuerza de fricción que se opone al movimiento y produce pérdidas de energía en el flujo (figura 5). Para calcular dichas pérdidas, la fórmula de Hazen-Williams es una de las más populares para sistemas hidráulicos. Se recomienda limitar su uso al flujo de agua en tuberías con diámetros mayores de 2,0 pulg y menores de 6,0 pies, pues se ha demostrado que para diámetros menores se presenta una pequeña diferencia en la pérdida real. Sin embargo, los resultados obtenidos no están alejados de la realidad y la utilización de diámetros menores es también aceptada. La fórmula de Hazen-Williams es específica en cuanto a las unidades. En el sistema de unidades tradicional de Guatemala adopta la forma siguiente:

$$h_f = \frac{1743,811 \times L \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times \phi^{4,87}}$$



Donde:

$h_f$  = Pérdida de energía [m]

$L$  = longitud de tubería [m]

$Q$  = Caudal de diseño [Lts/seg]

$C$  = Coeficiente de Hazen-Williams para el tipo de material de tubería

$\Phi$  = Diámetro de la tubería [pulg]

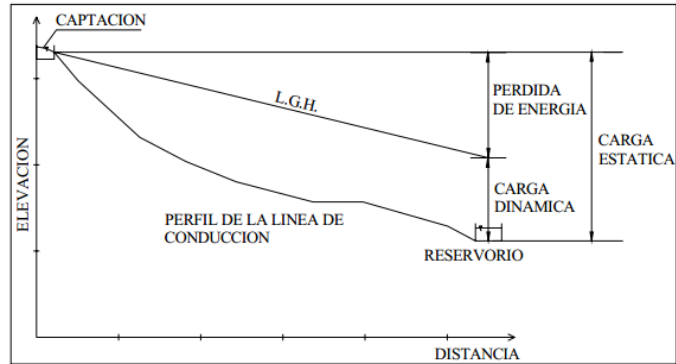
### **2.6.6.2. Presión dinámica**

En cualquier punto de la línea, representa la diferencia de la carga estática y la pérdida de carga por fricción en la tubería. Esto significa que es la presión que ejerce un flujo cuando existen consumos en la red.

### **2.6.6.3. Presión estática**

Representa la carga máxima a la que puede estar sometida una tubería en el agua cuando se interrumpe bruscamente el flujo. Es decir, es la presión que ejerce un fluido cuando no existen consumos en la red, generalmente en horas de la noche.

Figura 5. Tipos de carga y energía

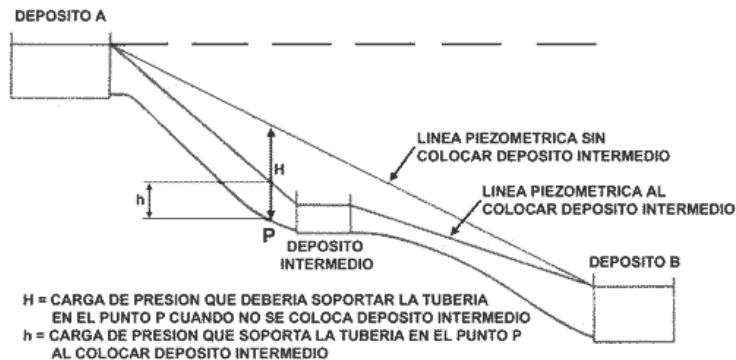


Fuente: Organización Panamericana de la Salud. *Guía de diseño para líneas de conducción e impulsión*. P. 10.

#### 2.6.6.4. Carga piezométrica

Es la presión resultante del fluido en un punto al restar la pérdida de energía total en ese punto de la presión estática. Se puede decir que la altura piezométrica es la altura a la que se elevaría el agua en el sistema hidráulico cuando se instala en este un tubo abierto.

Figura 6. Líneas de energía



Fuente: MOTT, Robert. *Ecuación general de la energía*. P. 203.

El procedimiento de diseño de la estación E-129 a E-146 (tramo 11°) se presenta a continuación:

Datos		
C =	150	
Caudal =	6,86	[ Lts/seg ]
hf =	76,36	[ m ]
Longitud =	992,51	[ m ]

- Cálculo de diámetros:

$$\phi = \left( \frac{1743,811 * (992,51 * 1,03) * 6,86^{1,85}}{150^{1,85} * 66,36} \right)^{4,87}$$

$$\phi = 2,4435 \text{ pulgadas}$$

Debido a que en la realidad no existe tubería con diámetro igual a 2,4435 pulgadas, se proponen dos diámetros comerciales (uno mayor y el otro menor al calculado):

\* Diámetros Comerciales:

$$\phi 1 = 2 \frac{1}{2} \quad \text{[ pulg ]}$$

\* El diámetro 1 es el de **mayor** tamaño

$$\phi 2 = 2 \quad \text{[ pulg ]}$$

\* El diámetro 2 es el de **menor** tamaño.

- Calcular pérdida para cada diámetro

$$Hf_{2,5} = \frac{1743,811 * (992,51 * 1,03) * 6,86^{1,85}}{150^{1,85} * 2,5^{4,87}}$$

$$Hf_{2,5} = 68,3179 \text{ metros}$$

$$Hf_{2,0} = \frac{1743,811 * (992,51 * 1,03) * 6,86^{1,85}}{150^{1,85} * 2,0^{4,87}}$$

$$Hf_{2,0} = 202,5285 \text{ metros}$$

- Cálculo de longitud de tubería para cada diámetro propuesto:

$$L_{2,0} = \text{Longitud del tramo} * \frac{Hf - Hf_{2,5}}{Hf_{2,0} - Hf_{2,5}}$$

$$L_{2,5} = \text{Longitud del Tramo} - L_{2,0}$$

$$L_{2,0} = 1\,022,29 * \frac{76,36 - 68,32}{202,53 - 68,32}$$

$$L_{2,0} = 61,25 \text{ metros}$$

$$L_{2,5} = 1\,022,29 - 61,25$$

$$L_{2,5} = 961,02 \text{ metros}$$

- Calcular las pérdidas para cada diámetro propuesto:

$$Hf_{2,5} = \frac{1743,811 * (961,02) * 6,86^{1,85}}{150^{1,85} * 2,5^{4,87}}$$

$$Hf_{2,5} = 64,2242 \text{ metros}$$

$$Hf_{2,0} = \frac{1743,811 * (61,25) * 6,86^{1,85}}{150^{1,85} * 2,0^{4,87}}$$

$$Hf_{2,0} = 12,1358 \text{ metros}$$

Debido a que la longitud obtenida para la tubería de diámetro de 2" es pequeña comparada con la longitud del diámetro de 2½", se decide el diseño del tramo con el diámetro mayor.

- Velocidades

$$V = \frac{1,974 * CMD}{D^2}$$

Donde:

$V = \text{velocidad [m/seg]}$

$CMD = \text{Caudal Máximo Diario [lts/seg]}$

$D = \text{Diámetro de tubería [pulgadas]}$

$$V_{2,5} = \frac{1,974 * 6,86}{2,5^2}$$

$$V_{2,5} = 2,17 \text{ [m/seg]}$$

- Cota piezométrica:

$\text{Piezométrica inicial} = 914,94 \text{ mca}$

$\text{Piezométrica final} = \text{Piezométrica inicial} - H_f$

$\text{Piezométrica final} = 914,94 - 68,32$

$\text{Piezométrica final} = 846,62 \text{ mca}$

- Presión esttica:

$\text{Piezométrica} = 914,94 \text{ mca}$

$\text{PS final} = \text{Piezométrica} - \text{Cota final}$

$\text{PS final} = 914,94 - 839,58$

$\text{PS final} = 75,36 \text{ mca}$

Se comprueba de esta forma que la presión de 76,36 mca no excede la presión de trabajo recomendada por INFOM ni la presión de las tuberías de PVC de 160 psi.

- Presión dinámica:

$$Piezométrica\ final = 846,62\ mca$$

$$Cota\ final = 839,58\ mca$$

$$PD\ final = Piezométrica - Cota\ final$$

$$P_{final} = 846,62 - 839,58$$

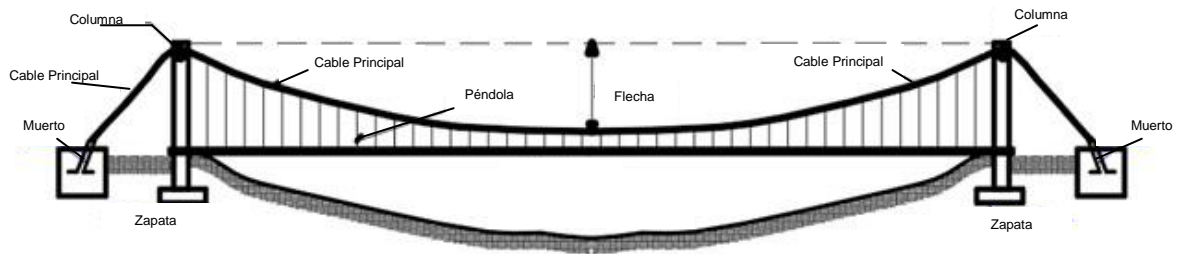
$$P_{final} = 7,042\ mca$$

Los pasos seguidos para el diseño de los demás tramos fueron los mismos. La tabla con en diseño hidráulico se presenta en el apéndice 1.

### **2.6.7. Diseño de paso aéreo**

Los pasos aéreos son estructuras utilizadas para sobrepasar obstáculos naturales tales como ríos y barrancos. Estas estructuras están compuestas por torres ubicadas en cada uno de los lados del obstáculo, cable longitudinal o colgante, tirantes, tubería de conducción y anclajes o muertos (ver figura 7).

Figura 7. Componentes de paso aéreo



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Para el diseño de los pasos aéreos de tubería se utiliza el mismo método de diseño de puentes colgantes (los principios son los mismos en teoría). A continuación se presenta el diseño del paso aéreo de 15 metros que se localizó en dos puntos de la línea de conducción.

### 2.6.7.1. Cables

#### 2.6.7.1.1. Datos

El diseño de un paso aéreo de 15 metros de luz se realizará con base en los datos siguientes:

*Diámetro de tubería= 2 ½"*

*Longitud= 15 metros = 50 pies*

*Cargas verticales: Carga muerta (CM´):*

*CM´= Peso de tubería + peso de agua*

*W tubería 2 ½" + accesorios = 4,95 lb/pie*

*Peso del agua: 2,13 lb/pie*

*C.M.= 2,13 lb./pie + 4,95 lb./pie = 7,08 lb/pie.*

### 2.6.7.1.2. Integración de cargas

Es recomendado proteger la tubería con alambre espigado, pero por la cultura en el país se asumirá que este podría ser utilizado por alguna persona para pasar de un extremo a otro, por lo que se distribuirá el peso promedio de una persona a lo largo de cada tubo:

$$CV = 150 \text{ Lb} / (20 \text{ pies}) = 7,5 \text{ Lb/pie}$$

Para este tipo de estructuras la carga crítica es la provocada por el viento. Para el cálculo se asume una velocidad de viento crítico de 70 Km/hora, la cual desarrolla una presión de 20 Lb/pie<sup>2</sup>:

$$W_{\text{viento}} = \phi \text{ tubería} * \text{Presión Viento}$$

$$W_{\text{viento}} = 4,17 \text{ lb/pie}$$

Según el reglamento de la ACI 318-83, al existir cargas de viento, la carga última está dada por:

$$U' = 0,75 * (1,4CM' + 1,7CV + 1,7W_{\text{viento}})$$

$$U' = 0,75 * (1,4*7,08 + 1,7*7,5 + 1,7*4,17) = 22,31 \text{ lb/pie}$$

Sin embargo, la U' no debe ser menor de U'' = 1,4CM' + 1,7CV

$$U'' = (1,4 * C.M. + 1,7 * C.V.) = 1,4*7,08 + 1,7*7,50 = 22,66 \text{ lb./pie}$$

$$U'' = 23 \text{ lb/pie}$$

Debido a que no cumple, se contemplará la carga más crítica para U', entonces:



$$U' = 23 \text{ lb/pie}$$

### 2.6.7.1.3. Cálculo de flecha

La flecha es la deflexión del cable principal en cada uno de sus puntos. Para su diseño se utilizarán las fórmulas del Wire Rope Hand Book, capítulo 3, 1 963:

$$TH = \frac{U' * L^2}{8d}; \quad T = TH * \sqrt{1 + \frac{16d^2}{L^2}}; \quad TV = \sqrt{T^2 - TH^2}$$

Donde:

*TH = Tensión Horizontal*

*T = Tensión Máxima*

*TV = Tensión Vertical*

*U' = Carga Última*

*L = Luz*

*d = flecha*

Para determinar la flecha “d” en pasos aéreos (puentes colgantes), es recomendada una relación económica entre flecha y luz, de L/9 a L/12 (Dr. D.B. Steinman). Sin embargo, estas relaciones regularmente dan como resultado columnas (torres de soporte) muy esbeltas en pasos aéreos, por lo que la flecha se determinará cumpliendo con las condiciones de esbeltez  $2Lu/r < 22$  (para columnas), según lo establecido en el reglamento del A.C.I 398-83.

Partiendo de “d”= L/12 = 15/12 = 0,50 mts, se obtienen las relaciones para calcular la flecha en paso aéreo de 15 metros.

Tabla VI. **Cálculo de flecha mayor**

L/#	W	S	D	D	H	T	V
	[Lb/pie]	[Pies]	[M]	[Pies]	Lbs	[Lbs]	[Lbs]
12	23.000	49.200	0.500	1.640	4,243.500	4,281.054	565.800
13	23.000	49.200	0.600	1.968	3,536.250	3,581.228	565.800
14	23.000	49.200	0.750	2.460	2,829.000	2,885.025	565.800
15	23.000	49.200	0.800	2.624	2,652.188	2,711.868	565.800
16	23.000	49.200	0.900	2.952	2,357.500	2,424.445	565.800
17	23.000	49.200	1.000	3.280	2,121.750	2,195.895	565.800
18	23.000	49.200	1.100	3.608	1,928.864	2,010.135	565.800
19	23.000	49.200	1.250	4.100	1,697.400	1,789.217	565.800
20	23.000	49.200	1.400	4.592	1,515.536	1,617.708	565.800
21	23.000	49.200	1.500	4.920	1,414.500	1,523.463	565.800
22	23.000	49.200	1.750	5.740	1,212.429	1,337.951	565.800
23	23.000	49.200	2.000	6.560	1,060.875	1,202.325	565.800

Fuente: elaboración propia.

De la tabla VI se seleccionó la flecha “d” = 1,00 m, con lo cual se obtiene una tensión máxima de 2 195,90 libras.

Los diámetros de cable más usados en pasos aéreos de agua potable son los siguientes:

Diámetro	Esf. Ruptura	Peso
3/8”	12 620 lbs	0,22lbs/pie
1/2”	27 200 lbs	0,42 lbs/pie

Con base en la resistencia del cable y la carga última de trabajo se selecciona el cable de diámetro 3/8. Integrando el peso propio del cable a la carga muerta se tiene:

$$U' = 23 + 1,4 * 0,22 = 23,31 \text{ lbs/pie}$$

Los valores corregidos son:

$$T = 2\ 225,50 \text{ lbs} \quad ; \quad TH = 2\ 150,35 \text{ lbs} \quad ; \quad TV = 573,43 \text{ lbs}$$

#### 2.6.7.1.4. Cable principal

Es el cable que soportará el peso de la tubería de agua y está conectado a las torres de soporte. Según el Wire Hand Book, cuando la flecha “d” es el 5 % de S, la longitud suspendida entre soportes viene dada por:

$$L = S + \frac{8 * d^2}{3 * S}$$

Donde:

$L$  = Longitud del cable

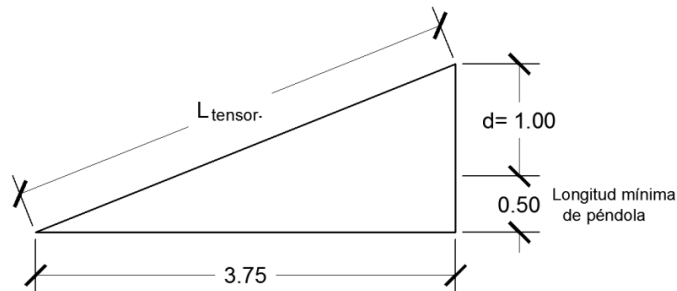
$d$  = Flecha

$S$  = luz

$$L = 15 + \frac{8 * 1^2}{3 * 15} = 15.20 \rightarrow 16 \text{ metros}$$

Para la longitud del tensor se recomienda una relación s/4 como longitud de tensor (Dr. D.B.Steinman).

Figura 8. Longitud de tensor



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

$$L_{horizontal} = 15 \text{ mts} / 4 = 3,75 \text{ metros.}$$

Se resuelve el triángulo de la figura 8 y se tiene que:

$$L_{tensor} = (3,75^2 + (1 + 0,5)^2)^{\frac{1}{2}} = 4,038 \text{ mts.}$$

La longitud del cable se incrementará un 10 % por empalmes y dobleces en el anclaje:

$$L_{total} = (16 + (2 * 4)) * 1,10 = 26,40 \text{ metros}$$

$$L_{total} = 27 \text{ metros}$$

#### **2.6.7.1.5. Péndolas o tirantes**

Son los cables anclados entre la tubería de agua y el cable principal. La separación óptima de péndola a péndola es de 2 mts (D.r. D.B. Steinman). Por conveniencia, se seleccionó para este caso una separación de 1,50 mts. Tomando en cuenta que el tirante central debe tener como mínimo 50 cms., para determinar la carga de trabajo de cada péndola se utiliza la fórmula siguiente:

$$Q = U' * L$$

*Donde:*

*Q = Carga soportada por cada péndola*

*L = separación entre péndolas*

*U' = carga última*

$$Q = 23,30 \text{ [lbs/pie]} * 4,92 \text{ [pies]}$$

$$Q = 114,70 \text{ lbs}$$

Se utilizará cable galvanizado de  $\frac{3}{8}$ " con una resistencia de 12 620 lbs. Para las péndolas. Para el cálculo de la longitud de cada una de las péndolas se utiliza la fórmula de variación de flecha:

$$Y = \frac{W * X * (S - X)}{2 * H}$$

Donde:

$Y =$  Variación de flecha

$W =$  carga última  $U'$

$S =$  luz del tramo

$X =$  separación entre péndolas

$H =$  Tensión Máxima

Al utilizar la fórmula anterior, se obtiene la siguiente tabla:

Tabla VII. **Cálculo de tirantes**

# TIRANTE	X [m]	S - X [M]	W / 2H	Y [m]	LONG. TIRANTE [m]	# TIRANTE	L x #TIRANTE [m]
1	1,50	13,50	0,0171333	0,3469492	1,153	2	2,306101549
2	3,00	12,00	0,0171333	0,6167986	0,883	2	1,766402754
3	4,50	10,50	0,0171333	0,8095482	0,690	2	1,380903615
4	6,00	9,00	0,0171333	0,9251979	0,575	2	1,149604131
5	7,50	7,50	0,0171333	0,9637478	0,536	2	1,072504303
$\Sigma =$							7,675516352

Fuente: elaboración propia.

Debido a que las péndolas van sujetas por medio de accesorios como guardacables y abrazaderas, la longitud del cable para las péndolas debe incrementarse en un 15 %.

$$L_{péndola} = 7,68 * 1,15 = 8,83 \text{ metros}$$

$$L_{péndola} = 9 \text{ metros}$$

### **2.6.7.2. Torres de soporte**

Las columnas servirán básicamente para cambiar el sentido a la tensión del cable principal, en dirección del momento o anclaje. Se construirán de concreto reforzado. En cuanto a sus dimensiones, tendrá una altura de 1,80 mts, con una sección de 0,20 x 0,20 mts. Estos elementos tendrán una zapata de 0,25 mts de espesor y 0,80 metros por lado.

#### **2.6.7.2.1. Datos**

Módulo de elasticidad del concreto (E):  $15,100 * \sqrt{f'c}$

Resistencia a compresión del concreto  $f'c$ : 210kg/cm<sup>2</sup>

Esfuerzo de fluencia del acero grado 40  $F_y$ : 2 810 kg/cm<sup>2</sup>

Peso específico del concreto  $\gamma_c$ : 2,40 T/m<sup>3</sup>

Peso específico del suelo  $\gamma_s$ : 1,60 T/m<sup>3</sup>

Peso específico del concreto ciclópeo  $\gamma_{cc}$ : 2,00 T/m<sup>3</sup>

Valor soporte del suelo  $V_s$ : 10 T/m<sup>2</sup>

#### **2.6.7.2.2. Esbeltez**

En una columna la esbeltez está en función de la luz libre (Lu) y su dimensión transversal, que se llama radio de giro ( r ), el cual está en función de la raíz cuadrada del cociente entre la inercia y el área de la sección. Por ende, un parámetro que determina en una columna la esbeltez es L/r. Solamente que esta relación es válida solo si L es igual a la distancia entre dos puntos de inflexión. El caso general no será igual a la luz libre, por lo que se considera una

longitud efectiva,  $L_e = K L_u$ , que es proporcional a la luz libre, donde el factor  $k$  depende del tipo de apoyo que tiene la columna en cada uno de sus lados, que para el caso general no será simplemente apoyada ni un empotramiento perfecto. Así, se clasifica como columna esbelta cuando la relación de esbeltez se mantiene entre el intervalo siguiente:

$$22 \leq \frac{K * L_u}{r} < 100$$

*Donde:*

$k$  = factor obtenido de nomogramas de Jackson y Moreland

$L_u$  = Longitud de columna

$r$  = Radio de giro

A continuación se presenta el cálculo de le esbeltez de la columna:

$$I = \frac{B * h^3}{12} = \frac{0,20 * 0,20^3}{12} = 1,33 * 10^{-4} m^4$$

$$r = \sqrt{\frac{1,33 * 10^{-4}}{0,20 * 0,20}} = 0,057735 \text{ [metros]}$$

$$Esbeltez = \frac{2 * 1,80}{0,057735} = 62,35$$

Con el valor de *Esbeltez* obtenido se comprueba que la columna se encuentra entre el intervalo y, por consiguiente, se puede considerar como una columna intermedia.

### 2.6.7.2.3. Carga última

Ya que se ha comprobado que la columna es intermedia, se hace uso de la siguiente fórmula para calcular la carga crítica que la columna puede resistir:

$$P_c = \frac{2 * \pi^2 * E * I}{(k * L_u)^2}$$

Donde:

*k* = factor obtenido de nomogramas de Jackson y Moreland

*L<sub>u</sub>* = Longitud de columna [cm]

*I* = Inercia de la sección [cm<sup>4</sup>]

*E* = Módulo de Elasticidad del Concreto [kg/cm<sup>2</sup>]

$$P_c = \frac{2 * \pi^2 * 15\ 100 * \sqrt{210} * 13\ 300}{(2 * 180)^2} = 443\ 264,53\ kg = 443,26\ ton$$

En la columna actúa una carga axial  $V = 573,42\ lbs \approx 0,30$  toneladas, muy pequeña en comparación con la resistencia de la columna. Debido a lo anterior, se usará el criterio de la sección 10.9.1 del reglamento ACI 318S-2005, que indica que el área mínima de refuerzo longitudinal para una columna será el 1 % de su área gruesa, por lo que se calcula así:

$$A_s = 0,01 * A_g$$

$$A_s = 0,01 * 20 * 20 = 4\ cm^2$$

Por lo que se propone utilizar varillas No.4 = 5 cm<sup>2</sup>. Con la sección y el área de acero, la carga axial que soporta la columna será:



$$P_u = \phi * (0,85 * f'c * A_g + A_s * F_y)$$

Donde:

$\phi$  = Factor de reducción propuesto por el ACI

$f'c$  = resistencia del concreto

$A_g$  = área de la sección

$A_s$  = área de acero

$F_y$  = resistencia del acero

$$P_u = 0,70(0,85 * 210 * 20 * 20 + 5 * 2 810)$$

$$P_u = 59 913,35 \text{ kg} = 59,90 \text{ toneladas}$$

### 2.6.7.3. Zapata

#### 2.6.7.3.1. Datos

- Peralte mínimo arriba del refuerzo inferior: 15 cm.
- Recubrimiento mínimo del refuerzo: 7,5 cm.
- Al sumar lo anterior: 22,50 cm, se adoptará 25,00 cm de peralte.

Antes de seguir con el diseño, se debe calcular un factor de carga última (Fcu):

$$F_{cu} = \frac{U}{CM + CV} = \frac{23,30}{7,08 + 7,50} = 1,60$$

### 2.6.7.3.2. Capacidad de soporte

Con este chequeo se comprueba que el suelo de cimiento tenga la capacidad de soportar el peso de la zapata, la columna y la fuerza vertical del cable principal.

$$Fuerzaverticaldelcable = 0,30 \text{ ton}$$

$$Wpropiocolumna = 0,20 \times 0,20 \times 1,80 \times 2,4 = 0,20 \text{ ton}$$

$$Wpropiosuelo = 0,8 * 0,8 * 0,30 * 1,6 = 0,31 \text{ ton}$$

$$Wpropiozapata = 0,8 * 0,8 * 0,25 * 2,4 = 0,40 \text{ ton}$$

$$Pz = \text{Carga Axial}$$

$$Az = \text{Área de la zapata}$$

$$Pz = 0,30 + 0,20 + 0,31 + 0,40 = 1,21 \text{ ton}$$

$$Az = 0,8 * 0,8 = 0,64 \text{ m}^2$$

$$\frac{Pz}{Az} = \frac{1,21}{0,64} = 1,89$$

$$\frac{Pz}{Az} < \text{Valorsoportededelsuelo}$$

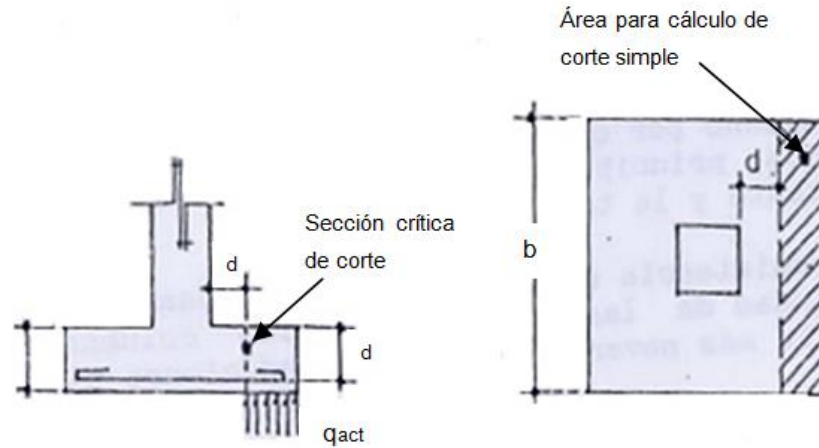
Se cumple que la relación  $Pz/Az$  es menor al valor soporte del suelo. La carga última sobre el suelo es:

$$Wultima = \frac{Pz}{Az} * Fcu = 1,89 * 1,60 = 3,10 \text{ ton/m}^2$$

### 2.6.7.3.3. Corte simple

Se debe cumplir que el corte flexionante actuante sea menor al cortante que resiste el concreto.

Figura 9. **Área para corte simple**



Fuente: CABRERA, Jadenón Vinicio. *Guía teórica y práctica para el curso de cimentaciones 1*. P. 60.

$$V_a < V_c$$

$$d = \text{Peralte} - \text{recubrimiento} = 0,25\text{m} - 0,08\text{m} = 0,17 \text{ m}$$

$$V_a = W_u * b * t = 3,10 * 0,8 * 0,13 = 0,35 \text{ ton}$$

$$V_c = \frac{0,85 * 0,53 * \sqrt{f'c} * b * d}{1\ 000} = \frac{0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 80 * 17}{1\ 000}$$

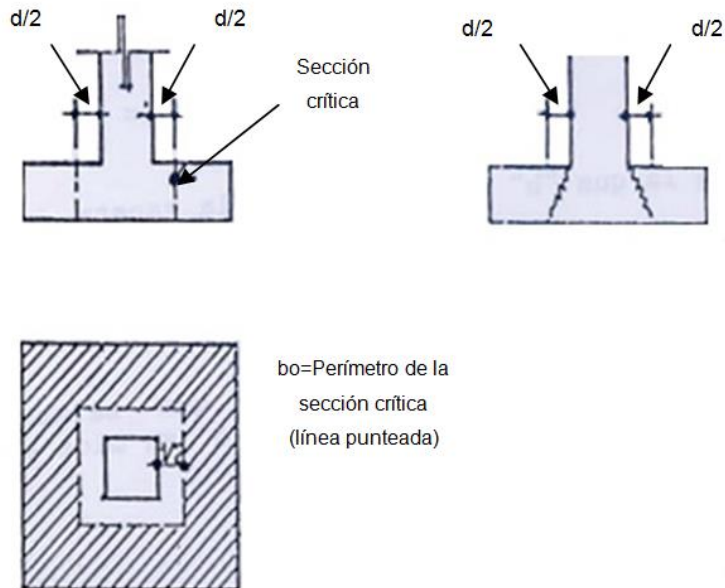
$$V_c = 8,80 \text{ ton}$$

Como  $V_a = 0,35 \text{ [Ton]} < V_c = 8,80 \text{ [Ton]}$ , la zapata resiste el corte simple.

#### 2.6.7.3.4. Corte punzonante

De la misma forma que el corte simple, el corte punzonante debe ser menor al corte soportado por el concreto.

Figura 10. **Área para corte punzonante**



Fuente: CABRERA, Jadenón Vinicio. *Guía teórica y práctica para el curso de cimentaciones 1.*

P. 60.

$$V_a < V_c$$

$$V_a = W_u * (A_{zapata} - A_{punzonante})$$

$$V_a = 3,10 * (0,64 - 0,1369)$$

$$V_a = 1,56 \text{ ton}$$

$$V_c = 1,06 * \phi * \sqrt{f'c} * b_o * d$$

$$V_c = \frac{1,06 * \phi * \sqrt{f'c} * b_o * d}{1\ 000}$$

$$V_c = \frac{1,06 * 0,85 * \sqrt{210} * 148 * 17}{1\ 000}$$

$$V_c = 32,85 \text{ ton}$$

Como  $V_a = 1,56$  [Ton] <  $V_c = 32,85$  [Ton], la zapata resiste el corte punzonante.

#### 2.6.7.3.5. Flexión

El momento flector en la zapata se calcula a rostro de columna. El análisis se hace a través de la suposición de una viga en voladizo:

$$Mu = \frac{wl^2}{2} \quad (\text{momento máximo para voladizo})$$
$$Mu = \frac{3,10 * 0,3^2}{2} = 0,14 \text{ ton} - m$$

Datos:

Mu = Momento último = 140 kg-m

Fy= Esfuerzo de fluencia del acero = 2 810 kg/cm<sup>2</sup>

f'c= Esfuerzo máximo del concreto = 210 kg/cm<sup>2</sup>

d = Peralte = 17 cm

b = Base = 100 cm

$$As_{Multimo} = 0,33 \text{ cm}^2$$

$$As \text{ min} = 0,002 * b * d \quad (\text{para zapatas según A. C. I.})$$

$$As \text{ min} = 0,002 * 100 * 17 = 3,40 \text{ cm}^2$$

Como  $As \text{ min} > As$ , se toma  $As \text{ min} = 3,40$ . Se colocará hierro No.4 a cada 13 cms. hacia ambos lados.

#### 2.6.7.4. Anclaje o muerto

Para el diseño del anclaje del cable principal al suelo (también se le conoce como muerto) se utilizará concreto ciclópeo, enterrado con la superficie superior a nivel del terreno. Se utilizará la teoría de Rankine para el empuje de tierras, es decir, su diseño es parecido al de un muro de contención.

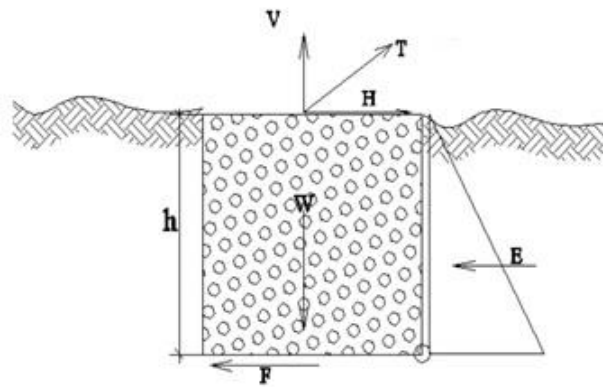
#### 2.6.7.4.1. Datos

$$T = 2\,225,50 \text{ lb} = 1\,011,60 \text{ kg} = 1,10 \text{ Ton}$$

$$H = 2\,150,35 \text{ lb} = 977,43 \text{ kg} = 1,00 \text{ Ton}$$

$$V = 573,43 \text{ lb} = 260,65 \text{ kg} = 0,30 \text{ Ton}$$

Figura 11. Fuerzas actuantes en anclaje



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

#### 2.6.7.4.2. Volteo

Se hace un diseño para encontrar la medida del lado del cubo de concreto ciclópeo ( $h$ ), tal que este pueda soportar la acción de volteo ejercida tanto por el suelo como por la tensión del cable principal.

$$\frac{\sum M_{resistente}}{\sum M_{actuantes}} > 1.50$$

- Momentos resistentes
  - Peso propio

$$W_{propio} = \gamma_{ciclopeo} * h^3 = 2h^3$$

$$M_{Wpropio} = W_{propio} * h/2$$

$$M_{Wpropio} = 2h^3 * h/2$$

$$M_{Wpropio} = h^4$$

- Fuerza de empuje pasiva

$$P_{pasiva} = 1/2 * \gamma_{suelo} * h^3 * K_{pasivo}$$

$$P_{pasiva} = 1/2 * 1.60 * h^3 * 3$$

$$P_{pasiva} = 2,40h^3$$

$$M_{Ppasiva} = P_{pasiva} * h/3$$

$$M_{Ppasiva} = 2,40h^3 * h/3$$

$$M_{Ppasiva} = 0,80h^4$$

- Momentos actuantes:

- Componente vertical de la tensión

$$V = 0,30 \text{ ton}$$

$$M_V = V * h/2$$

$$M_V = 0,15 h$$

- Componente horizontal de la tensión

$$H = 1,00 \text{ ton}$$

$$M_H = H * h$$

$$M_H = 1 h$$

- Fuerza de empuje activa

$$P_{activa} = 1/2 * \gamma_{suelo} * h^3 * K_{activo}$$

$$P_{activa} = 1/2 * 1,60 * h^3 * 0,32$$

$$P_{activa} = 0,26h^3$$

$$M_{Pactiva} = P_{activa} * h/3$$

$$M_{Pactiva} = 0,26h^3 * h/3$$

$$M_{Pactiva} = 0,09h^4$$

- Igualar momentos

$$\sum M_{resistente} = 1,5 \sum M_{actuante}$$

$$h^4 + 0,80h^4 = 1,5 * (0,15h + 1,00h + 0,09h^4)$$

$$1,80h^4 = 1,73h + 0,14h^4$$

$$1,66h^4 = 1,73h$$

$$1,66h^3 = 1,73$$

$$h = 1,00 \text{ metro}$$

- Comprobación

$$\frac{(1)^4 + 0,80(1)^4}{(0,15(1) + 1,00(1) + 0,09(1)^4)} = 1,5$$

#### 2.6.7.4.3. Deslizamiento

Al igual que en un muro de contención, la relación entre la fuerza resistente y la actuante debe ser mayor o igual a 1,50.



$$\frac{F_{friccion} + P_{pasivo}}{H + P_{activo}} > 1,50$$

$$F_{friccion} = \mu * W_{propio} = 0,6 * (2,00 * 1^3) = 1,20 \text{ ton}$$

$$P_{pasivo} = 0,80h^4 = 0,80(1,00)^4 = 0,80 \text{ ton}$$

$$P_{activa} = 0,09h^4 = 0,09(1,00)^4 = 0,09 \text{ ton}$$

$$H = 1,10 \text{ ton}$$

$$\frac{1,20 + 0,80}{1,10 + 0,09} = 1,68$$

$$1,68 > 1,50$$

#### 2.6.7.5. Fuerza de viento

Es necesario considerar la fuerza que el viento ejerce sobre estas estructuras colgantes. La distribución de la misma debe hacerse en por lo menos 4 cables (dos en cada extremo). La fuerza de viento se calcula de la siguiente manera:

$$P_{viento} = 20 \text{ lb/pie}^2$$

$$\text{Área de contacto} = \Phi_{tubería} * L_{tubería}$$

$$A_{contacto} = 2,5/12 * (15 * 3,28) = 10,25 \text{ pie}^2$$

$$F_{viento} = \text{Presión de Viento} * \text{Área de contacto}$$

$$F_{viento} = 20 * 10,25 = 205 \text{ lbs}$$

$$\text{Factor de seguridad} = 1,5$$

$$F_{viento\ final} = 1,50 * 205 = 310\ lbs$$

Se propone utilizar cable galvanizado con alma de acero de ¼" de diámetro, el cual soporta un esfuerzo de ruptura de 3 600 lb. Y para anclaje se utilizará tubería HG Ø = 2" tipo liviano.

### 2.6.8. Diseño del sistema de desinfección

La desinfección será a base de cloro, el cual es un proceso que tiene como objetivo garantizar la potabilidad del agua asegurando la ausencia de microorganismos patógenos. Para la desinfección se propone la sustancia química Hipoclorito de Calcio, con un 65 % de cloro disponible, utilizando un hipoclorador automático. Este dispositivo disuelve las pastillas de hipoclorito de calcio por el flujo de agua que entra al hipoclorador, siendo la cloración del agua controlada por este flujo. Para su diseño se siguen los pasos siguientes:

Tabla VIII. Tipos de cloradores

CLORADORES.	
Flujo de cloro	Capacidad
Gramos/hora	Tabletas
20-200	22
90-900	113
450-5400	227
1400-11000	833

Fuente: Provin International. *Sistema de cloración para agua*. P. 4.

#### 2.6.8.1. Determinar flujo de cloro

Para determinar la cantidad de cloro por hora necesario para el sistema se emplea la siguiente fórmula:

$$F_{\text{cloro}} = Q * D_c * 0,06$$

Donde:

$F_{\text{cloro}}$  = Flujo de Cloro [gramos/hora]

$Q$  = Caudal de agua conducido [lt/min]

$D_c$  = Demanda de cloro [mg/lt] o Partes por Millón

$$F_{\text{cloro}} = 411 \text{ [lt/min]} * 2 \text{ [PPM]} * 0,06$$

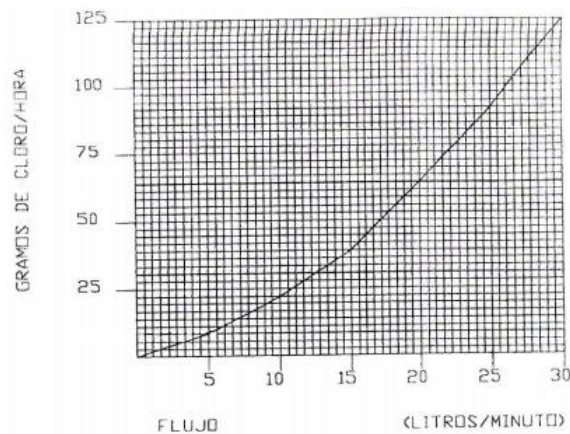
$$F_{\text{cloro}} = 49,32 \text{ [gramos/hora]}$$

Con este resultado se determina el modelo del clorador que se debe utilizar según la tabla VIII, complementando con las tabletas necesarias.

### 2.6.8.2. Flujo de agua en el clorador

Teniendo el flujo de cloro en gr/hora, se interpola en la gráfica de cloradores para obtener el flujo de agua que debe entrar en el clorador.

Figura 12. **Relación flujo de cloro vs flujo de agua**



Fuente: Provin International. *Sistema de cloración para agua*. P. 4.

Interpolando el flujo de cloro ( $F_{cloro}$ ) en la figura 12, se obtiene el flujo de agua que debe entrar al clorador, siendo este de 17,5 litros/minuto.

### **2.6.8.3. Dosificación del clorador**

El flujo de cloro del clorador es de 49,32 gr/hora, entonces la cantidad de tabletas a usar en un mes son:

$$49,32[gr/hr] = 35\,510,4 [gr/mes]$$

Las tabletas normalmente contienen 300 gr, por lo tanto:

$$35\,510,4 [gr/mes] * 1 \text{ tableta}/300 \text{ gramos}] \cong 119 \text{ tabletas}$$

Por lo anterior se utilizará un clorador con capacidad para 119 tabletas.

Comercialmente las tabletas de hipoclorito de calcio se adquieren en tambos plásticos de 150 tabletas, por lo tanto el rendimiento de estos será de:

$$\frac{150 \text{ tabletas}}{119 \text{ tabletas}} = 5 \text{ semanas.}$$

### **2.6.9. Diseño de tanque de distribución**

El tanque tiene como propósito cubrir la demanda de agua en las horas de mayor consumo. Este tipo de obra es de suma importancia para el sistema de distribución de agua, tanto desde el punto de vista económico como para funcionamiento hidráulico y de almacenamiento.

El primer paso para diseñar un tanque de distribución es conocer el volumen que este almacenará. El procedimiento es el siguiente:

$$Vol = \frac{30 \% * Q_m * 86\ 400}{1\ 000 [lts/m^3]}$$

*Donde:*

*Vol = Volumen del tanque*

*Q<sub>m</sub> = Caudal Medio*

*30 % = Porcentaje recomendado por INFOM*

*86 400 = cantidad de segundos en un día*

*1 000 = valor para convertir el volumen a m<sup>3</sup>*

$$Vol = \frac{30 \% * 5,72 * 86\ 400}{1\ 000 [lts/m^3]}$$

$$Vol = 148,18 \cong 150\ m^3$$

Los componentes del tanque variarán dependiendo del tipo de tanque que se elija. Con el objetivo de tomar la decisión más acertada, para el presente proyecto se diseñarán dos tipos de tanques:

- Tanque de mampostería
- Tanque de concreto armado

#### **2.6.9.1. Tanque de mampostería**

El más común es el fabricado a base de concreto ciclópeo (piedra bola más sabieta). Su diseño es parecido al de un muro de contención, teniendo

estos como mínimo 4 muros para formar el cajón. A continuación se presenta el cálculo de los componentes del tanque:

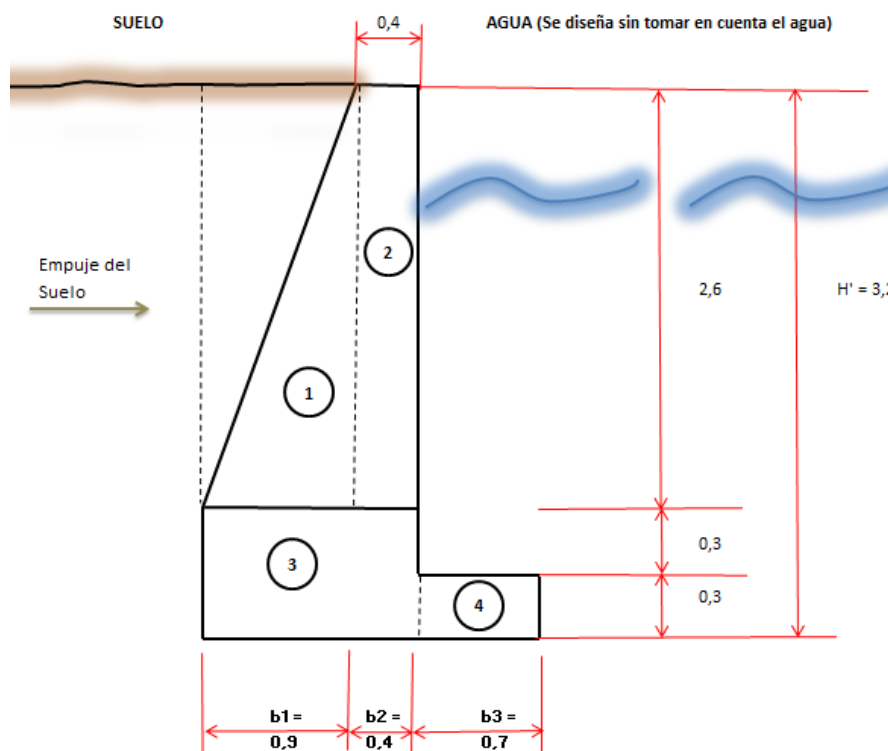
Datos Suelo de Cimiento	
$\phi_1$	30 °
Cap Soporte	10 ton/m <sup>2</sup>
W específico1	1600 kg/m <sup>3</sup>

Datos Suelo Talud	
$\phi_2$	30 °
$\beta$	0 °
W específico2	1600 kg/m <sup>3</sup>

Datos Muro de Concreto Ciclópeo	
W específico	2200 kg/m <sup>3</sup>
f'c	210 kg/cm <sup>2</sup>
fy	2800 kg/cm <sup>2</sup>

Se propone la geometría (forma) del tanque siguiente:

Figura 13. Tanque de mampostería



Fuente: elaboración propia.

Con la geometría ya definida, se procede a calcular los momentos y el centro de gravedad (CG) del muro:

Tabla IX. **Momentos y peso de muro**

TABLA MOMENTOS Y C.G. DEL MURO DE CONTENCIÓN					
Figura	No.	Peso [Kg]		Brazo [m]	Momento [kg-m]
Triángulo	1,00	0.5 x 0.9 x 2.6 x 1 x 2200 =	2 574,00	1,40	3 603,60
	base =	0,90	m	h =	2,60
Rectángulo	2,00	0.4 x 2.6 x 1 x 2200 =	2 288,00	0,90	2 059,20
	base =	0,40	m	h =	2,60
Rectángulo	3,00	1.3 x 0.6 x 1 x 2200 =	858,00	1,35	1 158,30
	base =	1,30	m	h =	0,60
Rectángulo	4,00	0.7 x 0.3 x 1 x 2200 =	294,00	0,35	102,90
	base =	0,70	m	h =	0,30
Peso Losa-Viga			462,00	0,90	415,80

Fuente: elaboración propia.

De la tabla IX se obtienen los resultados siguientes:

$$\begin{aligned}
 W_{total} &= 6\,476,00 \text{ Kg} \\
 M_r &= 7\,339,80 \text{ Kg-m}
 \end{aligned}$$

Donde:

$W_{total}$  = Peso Total del muro

$M_r$  = Momento que resiste el muro

Con los datos del muro ya calculados, es necesario conocer las fuerzas que el suelo ejercerá sobre el muro. De la teoría de empuje de tierras de Coulomb se tiene que:

$$P_{activa} = \frac{\gamma * H^2 *}{2} * K_a$$

Donde:

$P_{activa}$  = Carga que ejerce el suelo sobre el muro

$\gamma$  = peso específico del suelo

$H$  = altura del suelo desde la base del muro

$K_a$  = coeficiente de presión activa

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}$$

Donde:

$\phi$  = Ángulo de fricción interna

$K_a$  = coeficiente de presión activa

Haciendo uso de las fórmulas anteriormente presentadas, se tiene entonces que:

$$K_a = \frac{1 - \sin 30^\circ}{1 + \sin 30^\circ} = 0,321$$

$$P_{activa} = \frac{1600 * (3,20 - 0,30)^2 *}{2} * 0,321$$

$$P_{activa} = 2\,159,69 \frac{kg}{m}$$

Al multiplicar la  $P_{activa}$  por la franja unitaria igual a 1 m, se tiene:

$$P_{activa} = 2\,159,69 \text{ kg}$$

Se procede a realizar los 3 chequeos básicos para comprobar la estabilidad y funcionalidad del muro:

- Volteo

Todo muro debido al empuje activo (empuje del suelo) tiende a volcar por la arista de la base del intradós (esquina inferior del lado opuesto de la cara en contacto con el suelo), tal como se muestra en la figura 12. Este empuje provoca un momento de volteo ( $M_v$ ), el cual se calcula de la siguiente forma:



$$M_v = P_{activa} * H/3$$

$$M_v = 2\,159,69 * \frac{(3,20 - 0,30)}{3}$$

$$M_v = 2\,087,70 \text{ Kg} - m$$

En la práctica se dice que el muro es seguro contra el volteo cuando el cociente entre los momentos estabilizadores (Mr) y el momento de volteo (Mv) da como resultado 1,50.

$$\text{FactordeSeguridad} = \frac{\text{MomentoResistente}}{\text{MomentodeVolteo}} \geq 1,50$$

Así, se tiene que para el muro del tanque el factor de seguridad es:

$$\text{FactordeSeguridad} = \frac{7\,339,80}{2\,087,70} = 3,52$$

$$3,52 > 1,50$$

Por lo que se ha comprobado que el muro del tanque no presentará problemas de volteo.

- Deslizamiento

El muro regularmente tiende a deslizarse por efecto del empuje del suelo. Lo que hace que el muro no se deslice es el rozamiento que se produce entre la base del muro y la tierra (suelo). De ahí se ve conveniente que la superficie de cimentación del muro sea lo más rugosa posible para lograr adherencia. Dicho

deslizamiento está representado por una relación de seguridad (igual que en el chequeo por volteo), la cual viene definida por la expresión entre empujes horizontales y verticales:

$$\text{Factor de Seguridad} = \frac{\text{Fuerzas Estabilizadoras}}{\text{Fuerzas Actuantes}} \geq 1,50$$

Donde:

*Fuerzas estabilizadoras = Fuerza de Fricción*

*Fuerzas actuantes = Empuje horizontal del suelo*

$$\text{Factor de Seguridad} = \frac{0,52 * 6\ 476}{2\ 159,69} = 1,56$$

$$1,56 > 1,50$$

Por lo que se ha comprobado que el muro del tanque no presentará problemas de deslizamiento.

- Capacidad soporte

Este chequeo se relaciona con la capacidad que tendrá el suelo de cimiento para soportar el peso del muro. De esta manera se evalúa si en el suelo existirán presiones positivas y negativas; considerando las negativas como tensiones, no es conveniente tenerlas. Se asume que el suelo soporta 10 Ton/m<sup>2</sup>. Para evaluar la capacidad de soporte se hace uso de la siguiente fórmula:

$$q = \frac{W}{B * L} * \left(1 \pm \frac{6 * e}{L}\right)$$

Donde:

$q$  = presión en el terreno

$W$  = peso total del muro

$L$  = ancho de la base del muro

$B$  = franja unitaria de 1 m

$e$  = excentricidad

De la fórmula anterior se obtienen las presiones máxima y mínima:

$$q_{max} = \frac{6\,476}{1 * 2} * \left(1 + \frac{6 * 0,19}{2}\right) = 5\,073,85 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{min} = \frac{6,476}{1 * 2} * \left(1 - \frac{6 * 0,19}{2}\right) = 1\,402,15 \text{ kg/m}^2$$

Se ha comprobado entonces que la capacidad de soporte del suelo es suficiente y que no existen presiones negativas (tensiones):

$$q_{max} < 10 \text{ ton/m}^2$$

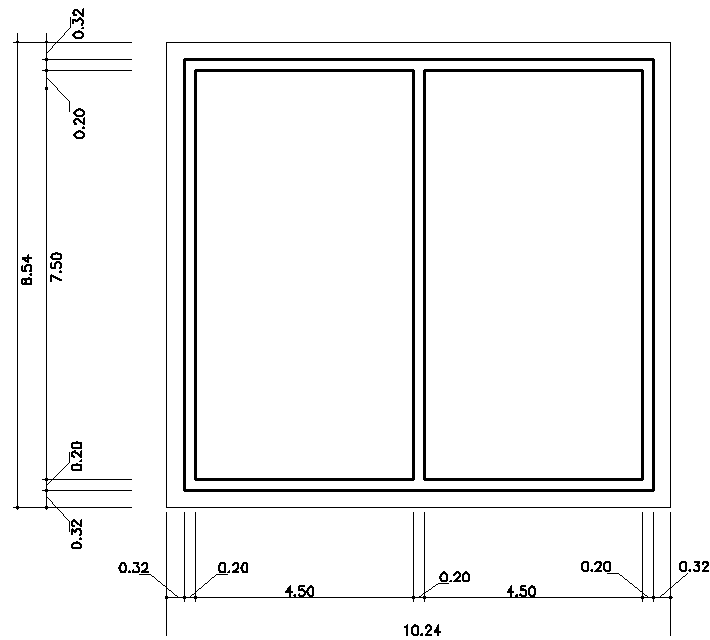
$$q_{min} > 0$$

### 2.6.9.2. Tanque de concreto armado

Este tipo de tanques resisten las presiones del suelo y del agua a través de la combinación del concreto y el acero, compresión y flexión, respectivamente. Para este proyecto, el diseño se hizo con base en el *Manual de tanques rectangulares* de la Portland Cement Association (PCA).

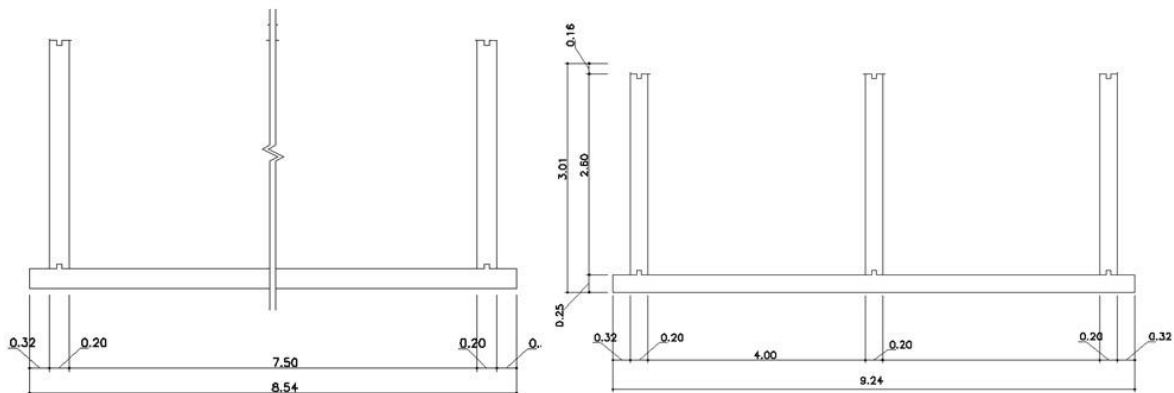
A continuación se presentan los cálculos del tanque de concreto:

Figura 14. **Vista de planta del tanque de concreto**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Figura 15. **Elevaciones del tanque de concreto**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

### 2.6.9.2.1. Datos

Se presentan las propiedades de los materiales que intervienen en el diseño del tanque:

$$\text{PesoEspecíficoAguaw}_a = 1\,000\text{ kg/m}^3$$

$$\text{PesoEspecíficoSuelow}_s = 1\,600\text{ kg/m}^3$$

$$\text{CoeficientedePresiónActivaSuelok}_a = 0,32$$

$$\text{CoeficientedePresiónActivaAguak}_{ag} = 1,00$$

$$f'_c = 210\text{ kg/cm}^2$$

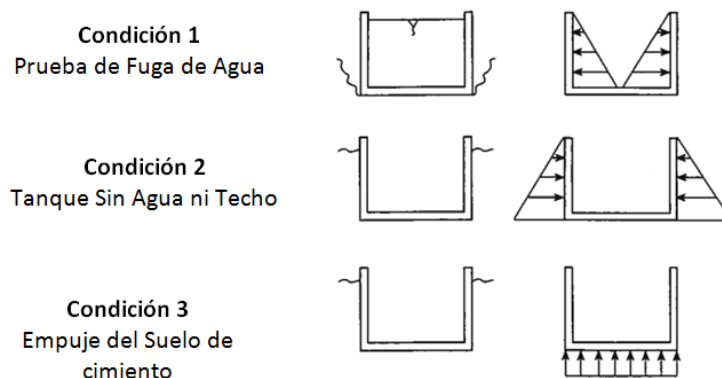
$$f_y = 2\,810\text{ kg/cm}^2$$

BaseEmpotradayParteSuperiorLibre

### 2.6.9.2.2. Condiciones

El manual de tanques rectangulares de la PCA evalúa el diseño para las siguientes 3 condiciones:

Figura 16. Condiciones de carga



Fuente: Portland Cement Association. *Rectangular concrete tanks*. P. 173.

- Condición 1

- Presión del agua:

$$q = k_{ag} * w_a * a$$

$$q = 1,00 * 1\,000 * 2,60$$

$$q = 2\,600 \text{ kg} / \text{m}^2$$

- Relación de lados:

$$\frac{b}{a} = \frac{8,50}{3,00} = 3,00$$

$$\frac{c}{a} = \frac{4,50}{3,00} = 1,50$$

- Coeficientes de corte:

Se emplea la tabla de coeficientes proporcionada por la Portland Cement Association.

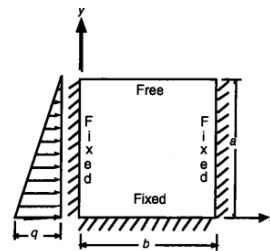
Figura 17. Coeficientes de corte

**CASE 3**

$$\text{Shear} = C_s \times q \times a$$

$$\text{Deflection} = \frac{C_d q a^4}{1000 D}$$

$$D = \frac{Et^3}{12(1-\mu^2)}$$



**Shear Coefficients,  $C_s$**

LOCATION \ b/a	4.0	3.0	2.5	2.0	1.75	1.5	1.25	1.0	0.75	0.5
Bottom edge — midpoint	0.50	0.50	0.48	0.45	0.43	0.40	0.36	0.32	0.26	0.19
Side edge — maximum	0.38	0.37	0.33	0.27	0.26	0.26	0.25	0.24	0.22	0.17
Side edge — midpoint	0.23	0.24	0.25	0.26	0.26	0.26	0.25	0.23	0.19	0.13

Fuente: Asociación de Cemento Portland. *Tanques Rectangulares de Concreto*. P. 37.

- Chequeo del cortante en el fondo del muro largo:

- Cortante actuante

$$V = C_s * q * a$$

$$V = 0,50 * 2\ 600 * 2,60$$

$$V = 3\ 900\ kg$$

El cortante en el fondo del muro corto será menor por el coeficiente (0,40), por lo que se trabaja y diseña con el “V” del muro largo.

- Cortante último

$$V_u = 1,7 * V$$

$$V_u = 1,7 * 3\ 900$$

$$V_u = 6\ 630\ kg$$

- Distancia “d” al refuerzo

$$d = \text{espesorpared} - \text{recubrimiento} - 0,5D_{\text{varilla}}$$

$$d = 20 - 5 - 0,63$$

$$d = 14,36\ cm$$

- Cortante del concreto

$$V_c = \varphi * 0,53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$V_c = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 100 * 14,36$$

$$V_c = 9\ 374,73\ kg$$

$$V_u < V_c$$

- Chequeo del cortante en el borde lateral del muro largo:

- Cortante actuante

$$V = C_s * q * a$$

$$V = 0,37 * 2\ 600 * 3,00$$

$$V = 2\ 886\ kg$$

- Cortante último

$$V_u = 1,7 * V$$

$$V_u = 1,7 * 2\ 886$$

$$V_u = 4\ 907\ kg$$

- Distancia “d” al refuerzo

$$d = \text{espesorpared} - \text{recubrimiento} - 0,5D_{\text{varilla}}$$

$$d = 20 - 5 - 0,63$$

$$d = 14,36\ cm$$

- Cortante del concreto

Debido a que en el borde lateral se une el muro largo con el muro corto, la fuerza cortante “V” del muro corto provoca una tensión en el muro largo. Para determinar la fuerza cortante del concreto se hace uso de la ecuación 11.8 del ACI 318-95:

$$V_c = 0.53 \left( 1 + \frac{N_u}{35A_g} \right) \sqrt{f_c} bd$$

$$N_u = 0.26 * 2600 * 3.00$$

$$N_u = 2,028\ kg$$

$$V_c = 0,53 * \left[ 1 + \frac{-2\ 028}{35(100 * 20)} \right] * \sqrt{210} * 100 * 14,36$$



$$V_c = 10\,709\text{ kg}$$

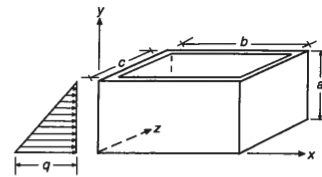
$$\varphi V_c = 0,85V_c = 9\,103\text{ kg}$$

- Coeficientes de momento del método PCA:

Se hace uso de las tablas de coeficientes de momentos para tanques rectangulares de una celda.

Figura 18. Coeficientes de momento

**Free Top**  
**Fixed Base**  
Moment = Coef.  $\times qa^2/1000$



$$\frac{b}{a} = 3.0, \frac{c}{a} = 1.5$$

	<b>M<sub>x</sub> Coefficient</b>					<b>M<sub>y</sub> Coefficient</b>					<b>M<sub>xy</sub> Coefficient</b>								
	CORNER	0.1b	0.2b	0.3b	0.4b	0.5b	CORNER	0.1b	0.2b	0.3b	0.4b	0.5b	CORNER	0.1b	0.2b	0.3b	0.4b	0.5b	
		0.9b	0.8b	0.7b	0.6b			0.9b	0.8b	0.7b	0.6b			0.9b	0.8b	0.7b	0.6b		
<b>Long Side</b>	TOP	-9	0	0	0	0	-44	-15	11	20	23	23	6	17	17	13	7	0	
	0.9a	-13	-2	2	4	4	5	-66	-13	11	19	21	21	8	15	17	13	7	0
	0.8a	-12	-2	4	7	8	8	-61	-11	11	18	19	19	8	15	17	13	7	0
	0.7a	-11	0	6	9	10	10	-57	-9	10	16	17	16	8	16	17	13	7	0
	0.6a	-11	1	7	9	9	8	-53	-6	10	13	14	13	8	17	18	14	7	0
	0.5a	-10	1	6	5	4	3	-48	-4	8	10	10	9	7	18	18	13	7	0
	0.4a	-8	0	1	-3	-7	-8	-41	-2	6	6	5	4	7	19	18	13	6	0
	0.3a	-6	-3	-9	-17	-23	-26	-31	-1	2	1	-1	-1	6	18	17	11	5	0
	0.2a	-4	-9	-25	-39	-48	-51	-18	-2	-3	-6	-8	-8	4	16	13	9	4	0
	0.1a	-1	-21	-49	-70	-82	-86	-6	-4	-9	-13	-16	-17	3	11	8	5	2	0
	BOT.	0	-41	-84	-112	-126	-131	0	-8	-17	-22	-25	-26	0	0	0	0	0	0

	<b>M<sub>z</sub> Coefficient</b>					<b>M<sub>y</sub> Coefficient</b>					<b>M<sub>yz</sub> Coefficient</b>								
	CORNER	0.1c	0.2c	0.3c	0.4c	0.5c	CORNER	0.1c	0.2c	0.3c	0.4c	0.5c	CORNER	0.1c	0.2c	0.3c	0.4c	0.5c	
		0.9c	0.8c	0.7c	0.6c			0.9c	0.8c	0.7c	0.6c			0.9c	0.8c	0.7c	0.6c		
<b>Short Side</b>	TOP	-9	0	0	0	0	-44	-35	-11	5	14	17	6	3	0	1	1	1	0
	0.9a	-13	-5	-1	1	2	2	-66	-32	-10	6	14	17	8	4	1	1	1	0
	0.8a	-12	-6	-1	3	5	6	-61	-30	-8	7	15	17	8	4	1	1	1	0
	0.7a	-11	-4	2	6	9	10	-57	-26	-5	8	15	17	8	4	0	1	1	0
	0.6a	-11	-3	4	10	13	14	-53	-22	-3	9	15	17	8	2	1	2	2	0
	0.5a	-10	-1	7	12	15	16	-48	-18	-1	9	14	15	7	1	3	4	3	0
	0.4a	-8	1	8	13	15	16	-41	-13	1	8	12	13	7	2	5	5	3	0
	0.3a	-6	2	7	10	11	11	-31	-8	2	6	8	9	6	4	7	7	4	0
	0.2a	-4	1	3	2	1	0	-18	-4	1	3	4	4	4	6	8	7	4	0
	0.1a	-1	-2	-7	-14	-18	-20	-6	-2	-1	-2	-3	-3	3	5	6	5	3	0
	BOT.	0	-8	-25	-39	-48	-51	0	-2	-5	-8	-10	-10	0	0	0	0	0	0

Fuente: Asociación de Cemento Portland. Tanques Rectangulares de Concreto. P. 114.

Por requerimientos prácticos se decide dividir el tanque en dos cámaras de llenado, formando así un tanque multiceldas, razón por la cual los

coeficientes de momento requieren ciertas modificaciones y se presentan en la siguiente tabla:

Tabla X. Correcciones a coeficientes de momento

Coeficientes $M_x$ Muro Largo (Tanques)				
	Esquina Izquierda	0.2b	0.5b	Esquina Derecha
		0.8b		
0.9a	-13	-2	5	-13
0.8a	-12	-2	8	-12
0.5a	-10	1	3	-10
0.2a	-4	-9	-51	-4
Bottom	0	-41	-131	0

Coeficientes $M_y$ Muro Largo (Tanques)				
	Esquina Izquierda	0.2b	0.5b	Esquina Derecha
		0.8b		
0.9a	-66	11	21	-66
0.8a	-61	11	19	-61
0.5a	-48	8	9	-48
0.2a	-18	-3	-8	-18
Bottom	0	-17	-26	0

Coeficientes $M_z$ Muro Corto (Tanques)				
	Esquina L	0.2b	0.5b	Esquina T
		0.8b		
0.9a	-13	-1	2	-12
0.8a	-12	-1	6	-11
0.5a	-10	7	16	-10
0.2a	-4	3	-20	-4
Bottom	0	-25	-51	0

Coeficientes $M_y$ Muro Corto (Tanques)				
	Esquina L	0.2b	0.5b	Esquina T
		0.8b		
0.9a	-66	-10	17	-59
0.8a	-61	-8	17	-56
0.5a	-48	-1	15	-47
0.2a	-18	1	4	-19
Bottom	0	-5	-10	0

Coeficientes $M_x$ Muro Central (Tanques)				
	Esquina T Izquierda	0.2b	0.5b	Esquina T Derecha
		0.8b		
0.9a	-14	-2	5	-14
0.8a	-13	-2	8	-13
0.5a	-11	1	3	-11
0.2a	-4	-9	-51	-4
Bottom	0	-41	-131	0

Coeficientes $M_y$ Muro Central (Tanques)				
	Esquina T Izquierda	0.2b	0.5b	Esquina T Derecha
		0.8b		
0.9a	-72	11	21	-72
0.8a	-66	11	19	-66
0.5a	-50	8	9	-50
0.2a	-18	-3	-8	-18
Bottom	0	-17	-26	0

Fuente: elaboración propia.

- Momentos verticales máximos actuantes (positivo y negativo)

$$M_x = \frac{M_x Coef * q * a^2}{1000}$$

$$M_x = \frac{M_x Coef * 534 * 8,55^2}{1000}$$

$$M_x = -131 * 0,47 [in - kip] = 61,37 in - kip$$

$$M_{ux} = 1,3 * 1,7 * 61,37 = 137 in - kip$$

$$M_{ux} = 1582 kg - m$$

El momento máximo positivo en la dirección vertical que causa tensión es pequeño en comparación con el negativo y la cantidad de refuerzo requerida para disiparlo será controlado por los otros casos de carga.

- Distancia “d” al refuerzo

$$d = \text{espesorpared} - \text{recubrimiento} - 0,5D_{\text{varilla}}$$

$$d = 20 - 5 - 0,63$$

$$d = 14,36 \text{ cm}$$

- Acero mínimo

$$A_{S_{min}} = \frac{14,1}{F_y} * b * d$$

$$A_{S_{min}} = \frac{14,1}{F_y} * 100 * 14,36$$

$$A_{S_{min}} = 7,21 \text{ cm}^2$$

$$M_u = \phi \left[ A_s * F_y * \left( d - \frac{A_s * F_y}{1,7 * f_c * b} \right) \right]$$

$$M_u = 0,9 \left[ 7,21 * 2810 * \left( 14,36 - \frac{7,21 * 2810}{1,7 * 210 * 100} \right) \right]$$

$$M_u = 2\,514,94 \text{ kg} - m$$

- Acero para momento actuante

$$\left. \begin{array}{l} 7,21 \text{ cm}^2 \longrightarrow 2\,514,94 \text{ kg} - m \\ A_s = ? \longrightarrow 1\,582 \text{ kg} - m \end{array} \right\} A_s = 4,53 \text{ cm}^2$$

De conformidad con la sección 10.5.3 de ACI 318-95, no es necesario aplicar las disposiciones anteriores relativas al refuerzo mínimo, si en cada una de las secciones del elemento estructural el área suministrada del refuerzo para tensión es cuando menos una tercera parte mayor a la que el análisis haya requerido:

$$A_{s_{final}} = \left(\frac{4}{3}\right)A_s = 6,05 \text{ cm}^2$$

$$\#Varillas = \frac{A_s}{A_{varilla}} = \frac{6,05}{1,29} = 4,68 = 5 \text{ No. 4 @ } 0,20 \text{ m}$$

Para los muros corto y central se sigue el mismo procedimiento. Sin embargo, dominará el refuerzo mínimo ( $A_s$  mínimo), por lo que se utilizará la misma designación que en el muro largo.

- Condición 2

El procedimiento es el mismo que para la condición 1. La diferencia radica en que la presión actuante será la ejercida por el suelo de relleno (con el tanque vacío) sobre los muros.

- Resumen del refuerzo en muro:

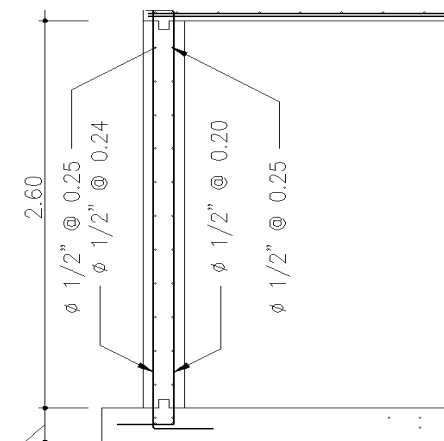
Cara interior – vertical No.4 @ 0,20 m

Cara exterior – vertical No.4 @ 0,24 m

Cara interior – horizontal No.4 @ 0,25 m

Cara exterior – horizontal No.4 @ 0,25 m

Figura 19. **Armado de muro de concreto**



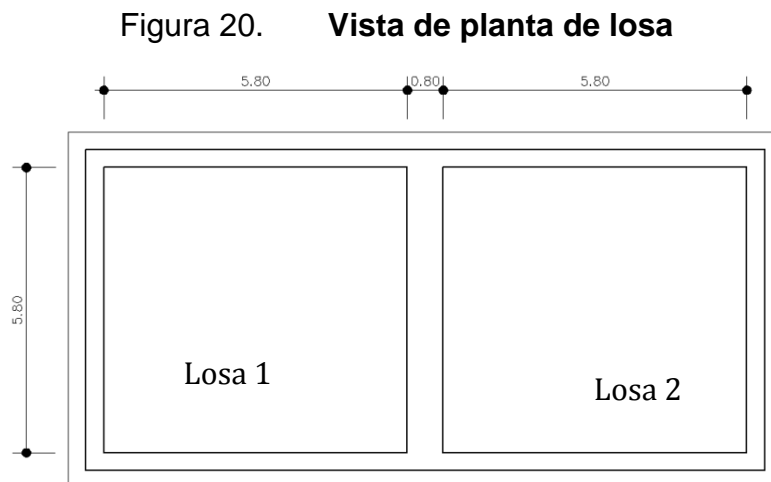
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

- Condición 3

La tercera condición está relacionada a la presión ejercida sobre el tanque por el agua y el suelo debajo del mismo. Esta presión está relacionada al nivel del agua en el manto freático. Para este caso se asume que el manto freático está muy por debajo del tanque y no ocasionará fuerzas que lo puedan hacer “flotar”. Para conocer con exactitud la profundidad a la que se encuentra el nivel freático se pueden utilizar estudios geotécnicos, tales como sondeos o perforaciones.

### 2.6.9.3. Losa de tanque de distribución

La losa es la cubierta que será apoyada sobre los muros del tanque. Su diseño dependerá de las medidas del cajón del tanque. A continuación se presenta el diseño de la losa para el tanque de mampostería (los pasos serían los mismos para el tanque de concreto armado).



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

- Determinar la relación de lados

Si  $\frac{a}{b} < 0,5$  , losa en 1 sentido

Si  $\frac{a}{b} \geq 0,5$  , losa en 2 sentidos

Lado a = lado menor  
Lado b = lado mayor

$$\frac{5,80}{5,80} = 1,00 \geq 0,5 \text{ , por lo tanto losa en 2 sentidos}$$

- Determinar espesor

Para losas en dos sentidos, el espesor se calcula de la forma siguiente:

$$t = \frac{\text{Perímetro de losa}}{180} = \frac{2(a) + 2(b)}{180}$$

$$t = \frac{2(5,80) + 2(5,80)}{180} = \frac{23,20}{180}$$

$$t = 0,128 \text{ metros} \cong 13 \text{ cms}$$

- Cargas

- Carga muerta

$$W_{\text{propiolosa}} = 0,13[m] * 2400 [kg/m^3] = 312 [kg/m^2]$$

$$W_{\text{sobre-carga}} = 100 [kg/m^2]$$

$$W_{cargamuertatotal} = 412 \text{ [kg/m}^2\text{]}$$

- Carga viva

$$W_{cargaviva} = 100 \text{ [kg/m}^2\text{]}$$

- Carga última

Se utilizan los factores descritos por el ACI para cada tipo de carga:

$$C_{ultima} = 1,4C_{muerta} + 1,7 C_{viva}$$

$$C_{ultima} = 1,4(412) + 1,7(100) = 746,80 \text{ [kg/m}^2\text{]}$$

$$C_{ultima} = 750 \text{ [kg/m}^2\text{]}$$

- Momentos

Debido a que el tipo de losa seleccionado es en 2 sentidos, se utiliza el método de coeficientes propuesto por el Código ACI.

$$M_{ladoA} = C_A * w * l_A^2 \quad ; \quad M_{ladoB} = C_B * w * l_B^2$$

$C_A$  = Coeficiente obtenido de las tablas del ACI para el lado menor

$C_B$  = Coeficiente obtenido de las tablas del ACI para el lado mayor

$l_A$  y  $l_B$  = lado menor y lado mayor respectivamente

$w$  = carga distribuida uniformemente

- Losa:

El caso del método es el mismo para ambas losas, por lo tanto, el diseño será exactamente el mismo y los resultados de acero no variarán.

Figura 21. **Relación de lados y caso del método de coeficientes**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

$$M(-)_A = 0,071 * 750 [kg/m^2] * 5,80^2[m^2] = 1\,792\ Kg - m$$

$$M(-)_B = 0,00 * 750[kg/m^2] * 5,80^2[m^2] = 0,00\ Kg - m$$

Los momentos negativos en bordes discontinuos se suponen iguales a un tercio de los momentos positivos para la misma dirección (ver figura 39).

$$M(+)_A = M(+)_carga\ viva + M(+)_carga\ muerta$$

$$M(+)_A = 0,035 * 170 \left[ \frac{Kg}{m^2} \right] * 5,8^2[m^2] + 0,033 * 577 \left[ \frac{Kg}{m^2} \right] * 5,8^2[m^2]$$

$$M(+)_A = 201\ Kg - m + 641\ Kg - m = 842\ Kg - m$$

$$M(+)_B = M(+)_carga\ viva + M(+)_carga\ muerta$$

$$M(+)_B = 0,032 * 170 \left[ \frac{Kg}{m^2} \right] * 5,8^2[m^2] + 0,027 * 577 \left[ \frac{Kg}{m^2} \right] * 5,8^2[m^2]$$

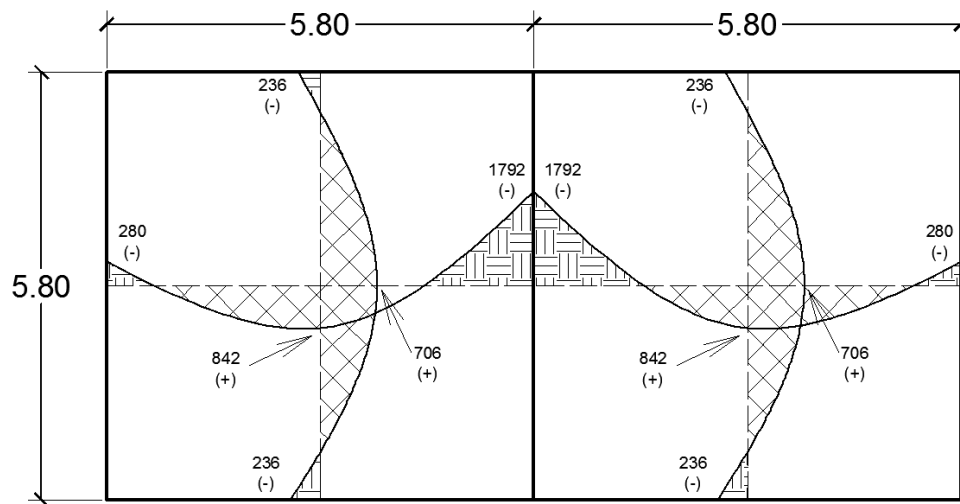


$$M(+)_B = 182 \text{ Kg} - m + 524 \text{ Kg} - m = 706 \text{ Kg} - m$$

- Diagrama de momentos:

En el diagrama de momentos se muestran los momentos críticos, los cuales se dan en las franjas centrales, tanto del lado "a" como del "b".

Figura 22. Diagrama de momentos



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

- Calcular "d"

$$t = 13 \text{ cm}$$

$$\phi_{propuesto} = 3/8" = 0,95 \text{ cms}$$

$$Rec_{minimo} = 2,5 \text{ cms}$$

$$d = 13 - 2,5 - \frac{0,95}{2} = 10,03 \text{ cms}$$

- Calcular “As mínimo”:

$$As_{min} = 40 \% \times \frac{14,1}{F_y} * base * d$$

$$As_{min} = 40 \% \times \frac{14,1}{2810} * 100 * 10,03$$

$$As_{min} = 2,01 \text{ cm}^2$$

- Separación:

$$2,01 \text{ (As mínimo)} \quad \rightarrow \quad 1 \text{ m}$$

$$0,71 \text{ (área delavarrilla)} \quad \rightarrow \quad x$$

$$x = 35 < 3t = 39 \text{ cms}$$

- Calcular “As mínimo” de nuevo:

$$As_{mínimo} \quad \rightarrow \quad 1 \text{ m}$$

$$0,71 \text{ (área delavarrilla)} \quad \rightarrow \quad 0,35$$

$$As_{mínimo} = 2,03 \text{ cms}^2$$

- Calcular momento que resiste el “As mínimo”:

$$M_{ultimo} = \Theta \left[ As * F_y * \left( d - \frac{As * F_y}{1,7 * f'_c * b} \right) \right]$$

$$M_{ultimo} = 0,90 \left[ 2,03 * 2810 * \left( 10,03 - \frac{2,03 * 2810}{1,7 * 210 * 100} \right) \right]$$

$$M_{ultimo} = 51\,463,53 \text{ Kg} - \text{cm}$$

$$M_{ultimo} = 514,64 \text{ Kg} - \text{m}$$

- Calcular  $A_s$  para momentos mayores a  $M_{ultimo}$

Para	$A_s$	Armado
$M = 1\,792 \text{ Kg-m}$	7,06 $\text{cm}^2$	#3 @ 0,12 mts
$M = 842 \text{ Kg-m}$	3,32 $\text{cm}^2$	#3 @ 0,25 mts
$M = 706 \text{ Kg-m}$	2,79 $\text{cm}^2$	#3 @ 0,25 mts

#### 2.6.9.4. Viga de tanque de distribución

Se presenta el diseño de la viga central situada sobre el muro divisorio.

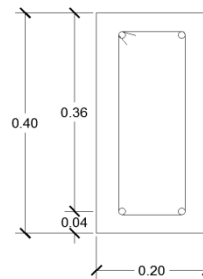
- Predimensionamiento

$$F_y = 2\,810 \text{ kg/cm}^2 \quad ; \quad f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2 \quad ; \quad Luz = 5,80 \text{ mts}$$

$$h = 6\% * 5,80 = 0,35 \rightarrow 0,40 \text{ mts}$$

$$b = 0,40/2 = 0,20 \text{ mts}$$

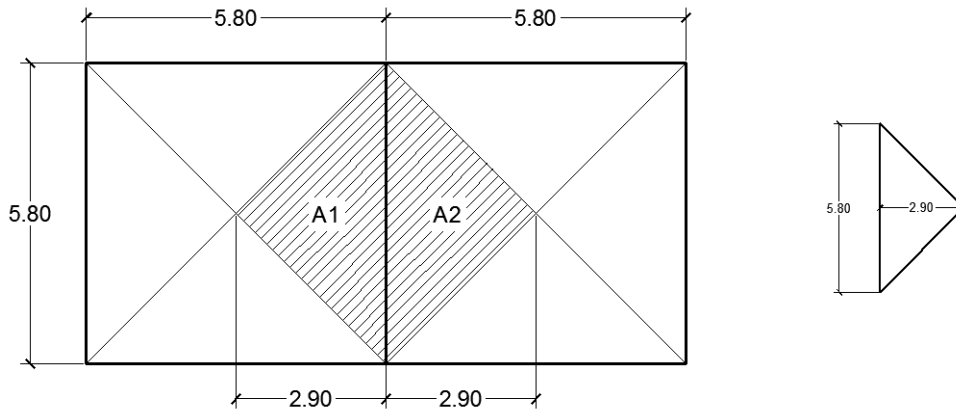
Figura 23. Sección de viga propuesta



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

- Área tributaria

Figura 24. Esquema de áreas tributarias



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

$$A = \frac{1}{2} * B * h = \frac{6 + 31}{2} * 5,8 * 2,9 = 8,41 \text{ m}^2$$

$$A_{total} = A * 2 = 16,82 \text{ m}^2$$

- Cargas

$$W_{losas} = \text{Espesor} * A_{total} * \text{PesoConcreto}$$

$$W_{losas} = 0,13 * 16,82 * 2\,400 = \frac{5\,247,84}{6} = 875 \text{ kg/m}$$

$$W_{sobre-carga} = \text{Sobrecarga} * A_{total}$$

$$W_{sobre-carga} = 100 * 16,82 = \frac{1\,682}{6} = 281 \text{ kg/m}$$

$$W_{viga} = \text{ÁreaSección} * \text{PesoConcreto}$$

$$W_{viga} = 0,20 * 0,40 * 2\,400 = 192 \text{ kg/m}$$

$$W_{viva} = Cargaviva * A_{total}$$

$$W_{viva} = 100 * 1\,682 = \frac{1\,682}{6} = 281\, \text{kg/m}$$

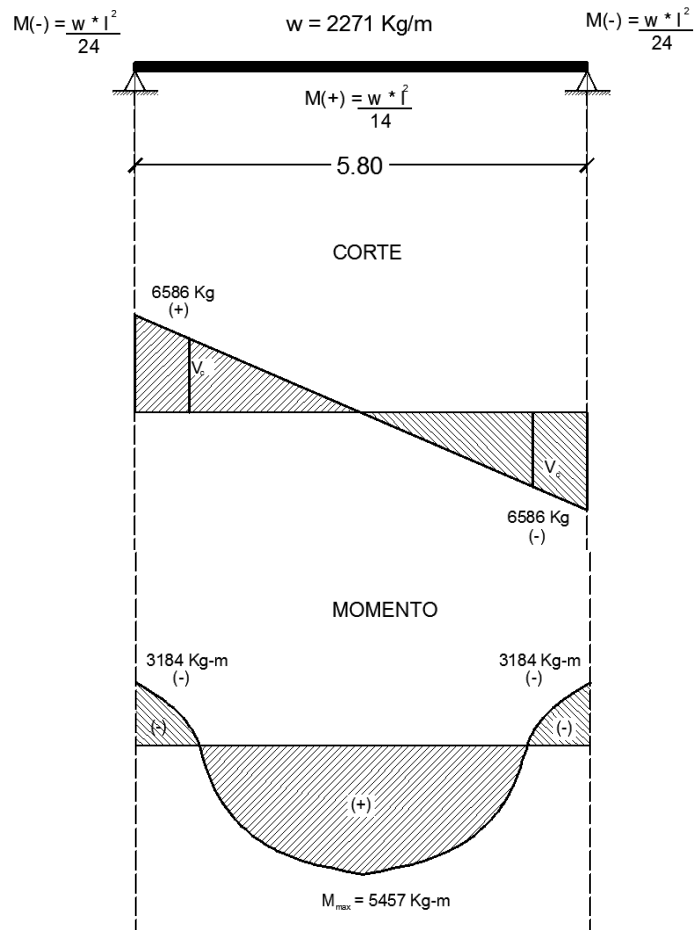
$$CM_{\acute{u}ltima} = (875 + 281 + 192) * 1,4 = 1\,888\, \text{kg/m}$$

$$CV_{\acute{u}ltima} = 225 * 1,7 = 383\, \text{kg/m}$$

$$C_{\acute{u}ltima} = 1\,888 + 383 = 2\,271\, \text{kg/m}$$

- Diagrama de corte y momento

Figura 25. Diagrama de corte y momento



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

En la figura 25 se muestra la viga simplemente apoyada y no deberían existir momentos. Sin embargo, la viga está construida monolíticamente con las vigas de borde (apoyo), por lo que existe cierto grado de oposición al movimiento (momento en bordes). El ACI (8.3.3) especifica que los momentos se pueden calcular a partir de las ecuaciones mostradas en el diagrama.

- Diseño a flexión

$$\begin{array}{l}
 A_{s_{min}} = \frac{14,1}{F_y} * b * d \\
 A_{s_{min}} = \frac{14,1}{2810} * 20 * 35,2 \\
 A_{s_{min}} = 3,53 \text{ cm}^2
 \end{array}
 \quad \rightarrow \quad
 \begin{array}{l}
 M_u = \theta \left[ A_s * F_y * \left( d - \frac{A_s * F_y}{1,7 * f'_c * b} \right) \right] \\
 M_u = 0,9 \left[ 3,53 * 2810 * \left( 36 - \frac{3,62 * 2810}{1,7 * 210 * 20} \right) \right] \\
 M_u = 3018 \text{ Kg} - m
 \end{array}$$

- Para M(+)

$$\begin{array}{l}
 3,53 \text{ cm}^2 \longrightarrow 3018 \text{ Kg} - m \\
 A_s = ? \longrightarrow 5457 \text{ Kg} - m
 \end{array}$$

$$A_s = 6,38 \text{ cm}^2$$

$$\#Varillas = \frac{A_s}{A_{varilla}} = \frac{6,38}{1,97} = 3,23 = 3 \text{ Varillas No.5}$$

Debido a que la viga estará puesta sobre el muro central divisorio, se ha decidido realizar el armado con 3 varillas No.5.

- Para M(-)

$$\begin{array}{l}
 3,53 \text{ cm}^2 \longrightarrow 3018 \text{ Kg} - m \\
 A_s = ? \longrightarrow 3184 \text{ Kg} - m
 \end{array}$$

$$A_s = 3,72 \text{ cm}^2$$

$$\#Varillas = \frac{A_s}{A_{varilla}} = \frac{3,72}{1,97} = 1,88 = 2 \text{ Varillas No. 5}$$

- Chequeo

$$\rho_{min} = \frac{14,1}{F_y} = 0,005$$

$$\rho_{max} = 0,5\rho_{balanceado} = 0,018$$

$$\rho_{Mpositivo} = \frac{A_s}{bd} = \frac{6,38}{20 * 35,2} = 0,009$$

$$\rho_{Mnegativo} = \frac{A_s}{bd} = \frac{3,72}{20 * 35,2} = 0,0053$$

Ambas cuantías se encuentran dentro de lo requerido por el ACI.

- Diseño a corte

- Corte que resiste el concreto:

$$V_c = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$V_c = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 20 * 35,2$$

$$V_c = 4\,595 \text{ Kg}$$

Teóricamente, no se requiere una armadura en el alma (sección central de la viga en la cual el cortante actuante es menor al cortante que resiste el concreto). Sin embargo, el ACI exige una armadura mínima en el alma igual a:

$$A_v = \frac{3,50 * b * S}{F_y}$$

Donde:

$A_v$  = área de la varilla

$s$  = espaciamiento entre estribos

$F_y$  = resistencia del acero

$b$  = base de la sección

Se selecciona una varilla No.2, con  $A_v = 0,32 \text{ cm}^2$ , y se procede a calcular la separación:

$$S = \frac{(2 * 0,32) * 2810}{3,50 * 20} = 25,69 \text{ cms}$$

Estribo No. 2 @0,25 metros

- Cortante máximo:

$$V_{\text{último}} = \frac{6\,586 \text{ kg}}{20 * 36} = 9,15 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_{\text{concreto}} = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} = 6,52 \text{ kg/cm}^2$$

Haciendo uso de la fórmula del Código ACI 318S-05 (sección 11.5.7.2), se tiene que el espaciamiento para estribos de una varilla propuesta es:



$$S = \frac{2(0,32) * 2810}{(9,15 - 6,52) * 20} = 34,20 \text{ cms}$$

Sin embargo, el resultado de la ecuación no cumple con la separación máxima de “d/2”, por lo tanto se utilizará como separación en la zona crítica (apoyos) una separación de:

$$s = \frac{36}{2} = 18 \text{ cms} \rightarrow 15 \text{ cms}$$

Por conveniencia y seguridad, todos los estribos de la viga estarán separados 15 cms. Debiéndose colocar el primer estribo a 7,5 cms de las caras de los apoyos.

#### **2.6.10. Diseño de la línea de distribución**

La red de distribución es un sistema de tuberías unidas entre sí que conducen el agua desde el tanque de distribución hasta el punto de consumo (conexión predial). La función principal es brindar agua de calidad sanitariamente aceptable. El proceso de diseño es el mismo que el de la línea de conducción, ya que se realizó a través de ramales abiertos, ambos. La tabla con el resumen del diseño se presenta en el apéndice A.

#### **2.7. Presupuesto**

Con el objetivo de seleccionar la mejor alternativa, se realizaron dos presupuestos, uno de ellos incluye un tanque de mampostería y el otro un tanque de concreto armado. Los renglones unitarios se adjuntan en el apéndice 3.

## 2.7.1. Presupuesto con tanque de mampostería

Tabla XI. Presupuesto integrado con tanque de mampostería

No.	REGLÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	RÓTULO	1,00	U	Q3 185,34	Q3 185,34
2	TOPOGRAFÍA	14,80	Km	Q2 094,50	Q30 998,60
3	CAPTACIÓN	2,00	U	Q14 633,22	Q29 266,44
4	CAJA REUNIDORA DE CAUDALES	1,00	U	6 716,82	6 716,82
5	<b>Línea de Conducción</b>	<b>9879,00</b>	<b>M</b>		<b>Q0,00</b>
5,1	Tubería PVC Ø 2" 160 PSI	286,00	M	Q33,99	Q9 721,14
5,2	Tubería PVC Ø 2½" 160 PSI	8160,00	M	Q49,53	Q404 164,80
5,3	Tubería PVC Ø 3" 160 PSI	1433,00	M	71,47	102 416,51
6	<b>Línea de distribución</b>	<b>9109,00</b>	<b>M</b>		<b>Q0,00</b>
6,1	Tubería PVC Ø 3/4" 250 PSI	1124,00	M	13,24	14 881,76
6,2	Tubería PVC Ø 1" 160 PSI	393,00	M	Q15,74	Q6 185,82
6,3	Tubería PVC Ø 1¼" 160 PSI	979,00	M	19,40	18 992,60
6,4	Tubería PVC Ø 1½" 160 PSI	1226,00	M	Q23,71	Q29 068,46
6,5	Tubería PVC Ø 2" 160 PSI	1529,00	M	Q33,99	Q51 970,71
6,6	Tubería PVC Ø 2½" 160 PSI	2038,00	M	Q49,53	Q100 942,14
6,7	Tubería PVC Ø 3" 160 PSI	1120,00	M	Q71,47	Q80 046,40
6,8	Tubería PVC Ø 4" 160 PSI	700,00	M	Q117,83	Q82 481,00
7	VÁLVULA DE AIRE	7,00	U	Q3 134,71	Q21 942,97
8	VÁLVULA DE LIMPIEZA Ø 2"	2,00	U	Q3 469,09	Q6 938,18
9	VÁLVULA DE LIMPIEZA Ø 2½"	6,00	U	3 180,32	19 081,95
10	CAJA ROMPEPRESIÓN 1 m <sup>2</sup> (Ø2"-Ø2½")	12,00	U	Q7 927,01	Q95 124,12
11	PASO AÉREO DE 15 m	2,00	U	17 144,87	34 289,75
12	PAZO DE ZANJON TIPO B	6,00	U	Q4 128,46	Q24 770,78
13	TANQUE DE 150 M <sup>3</sup> DE MAMPOSTERIA	1,00	U	322 692,97	322 692,97
14	EXCAVACIÓN DE ZANJA	3418,00	M3	Q57,37	Q196 090,66
15	RELLENO DE ZANJA	3378,00	M3	Q62,36	Q210 652,08
16	HIPOCLORADOR	1,00	U	Q8 241,44	Q8 241,44
17	CONEXIÓN PREDIAL	327,00	U	Q1 049,79	Q343 281,56
<b>TOTAL</b>					<b>Q 2 254 145,00</b>

**DOS MILLONES DOSCIENTOS CINCUENTA Y CUATRO CIENTO CUARENTA Y CINCO  
QUETZALES EXACTOS**

Fuente: elaboración propia.

## 2.7.2. Presupuesto con tanque de concreto

Tabla XII. Presupuesto integrado con tanque de concreto

No.	REGLON	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	RÓTULO	1,00	U	Q3 185,34	Q3 185,34
2	TOPOGRAFÍA	14,80	Km	Q2 094,50	Q30 998,60
3	CAPTACIÓN	2,00	U	Q14 633,22	Q29 266,44
4	CAJA REUNIDORA DE CAUDALES	1,00	U	6 716,82	6 716,82
5	<b>Línea de Conducción</b>	<b>9879,00</b>	<b>M</b>		<b>Q0,00</b>
5,1	Tubería PVC Ø 2" 160 PSI	286,00	M	Q33,99	Q9 721,14
5,2	Tubería PVC Ø 2½" 160 PSI	8160,00	M	Q49,53	Q404 164,80
5,3	Tubería PVC Ø 3" 160 PSI	1433,00	M	71,47	102 416,51
6	<b>Línea de distribución</b>	<b>9109,00</b>	<b>M</b>		<b>Q0,00</b>
6,1	Tubería PVC Ø 3/4" 250 PSI	1124,00	M	13,24	14 881,76
6,2	Tubería PVC Ø 1" 160 PSI	393,00	M	Q15,74	Q6 185,82
6,3	Tubería PVC Ø 1¼" 160 PSI	979,00	M	19,40	18 992,60
6,4	Tubería PVC Ø 1½" 160 PSI	1226,00	M	Q23,71	Q29 068,46
6,5	Tubería PVC Ø 2" 160 PSI	1529,00	M	Q33,99	Q51 970,71
6,6	Tubería PVC Ø 2½" 160 PSI	2038,00	M	Q49,53	Q100 942,14
6,7	Tubería PVC Ø 3" 160 PSI	1120,00	M	Q71,47	Q80 046,40
6,8	Tubería PVC Ø 4" 160 PSI	700,00	M	Q117,83	Q82 481,00
7	VÁLVULA DE AIRE	7,00	U	Q3 134,71	Q21 942,97
8	VÁLVULA DE LIMPIEZA Ø 2"	2,00	U	Q3 469,09	Q6 938,18
9	VÁLVULA DE LIMPIEZA Ø 2½"	6,00	U	3 180,32	19 081,95
10	CAJA ROMPEPRESIÓN 1 m³ (Ø2"-Ø2½")	12,00	U	Q7 927,01	Q95 124,12
11	PASO AÉREO DE 15 m	2,00	U	17 144,87	34 289,75
12	PAZO DE ZANJON TIPO B	6,00	U	Q4 128,46	Q24 770,78
13	TANQUE DE 150 M³ DE CONCRETO	1,00	U	306 407,93	306 407,93
14	EXCAVACIÓN DE ZANJA	3418,00	M3	Q57,37	Q196 090,66
15	RELLENO DE ZANJA	3378,00	M3	Q62,36	Q210 652,08
16	HIPOCLORADOR	1,00	U	Q8 241,48	Q8 241,48
17	CONEXIÓN PREDIAL	327,00	U	Q1 049,79	Q343 281,56
<b>TOTAL</b>					<b>Q 2 237 860,00</b>

DOS MILLONES DOSCIENTOS TREINTA SIETE MIL OCHOCIENTOS SESENTA  
QUETZALES EXACTOS

Fuente: elaboración propia.

## 2.8. Cronograma de ejecución física y financiera

El cronograma se hace con el objetivo de llevar un control detallado del trabajo que ha sido realizado hasta determinada fecha, o que se espera sea realizado; así mismo, se puede verificar cómo ha sido manejado el presupuesto de inversión.

Tabla XIII. Cronograma de ejecución física y financiera

No.	REGLÓN	CANTIDAD	UNIDAD	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10
1	ROTULO	1,00	U										
2	TOPOGRAFIA	14,80	Km										
3	CAPTACION	2,00	U										
4	CAJA REUNIDORA DE CAUDALES	1,00	U										
5	Línea de Coanducción	9879,00	M										
6	Línea de distribución	9109,00	M										
7	VALVULA DE AIRE	7,00	U										
8	VALVULA DE LIMPIEZA Ø 2"	2,00	U										
9	VALVULA DE LIMPIEZA Ø 2½"	6,00	U										
10	CAJA ROMPRESION 1 mt (Ø2"-Ø2½")	12,00	U										
11	PASO AEREO DE 15 m	2,00	U										
12	PAZO DE ZANJON TIPO B	6,00	U										
13	TANQUE DE 150 M³ DE MAMPOSTERIA	1,00	U										
14	EXCAVACION DE ZANJA	3418,00	M3										
15	RELLENO DE ZANJA	3378,00	M3										
16	HIPOCLORADOR	1,00	U										
17	CONEXION PREDIAL	327,00	U										

INVERSION MENSUAL EN (Q)	Q173 856,94	Q169 700,86	Q169 700,86	Q300 602,75	Q361 526,83	Q344 383,96	Q131 744,40	Q125 551,70	Q297 162,46	Q179 682,22
INVERSION MENSUAL ACUMULADA EN (Q)	Q173 856,94	Q343 557,79	Q513 258,65	Q813 861,41	Q1 175 390,24	Q1 519 774,19	Q1 651 518,69	Q1 777 070,30	Q2 074 262,78	Q2 254 145,00
INVERSION MENSUAL EN (%)	7,71 %	7,63 %	7,63 %	13,34 %	16,04 %	15,28 %	5,84 %	5,57 %	13,18 %	7,96 %
INVERSION MENSUAL ACUMULADA EN (%)	7,71 %	15,24 %	22,77 %	36,11 %	52,14 %	67,42 %	73,27 %	78,84 %	92,02 %	100 %

Fuente: elaboración propia.

### **3. DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA EL CASERÍO NUEVO SAN CARLOS, MUNICIPIO DE SAN PABLO, SAN MARCOS**

#### **3.1. Descripción del proyecto**

En apoyo a la Municipalidad de San Pablo, San Marcos, se presenta el diseño del camino rural que conduce hacia el Caserío Nuevo San Carlos. Dicho proyecto consiste en el diseño de la carpeta de rodadura de pavimento rígido con una longitud 800 metros.

Se entiende por camino rural la vía de comunicación por donde se transita en las áreas rurales y cuyo tráfico promedio no pasa de 100 vehículos al día. Entre este tipo de caminos se encuentran los que van de un poblado a otro y los que unen un pueblo con una carretera principal.

El proyecto consiste en el diseño de una carretera tipo “F”, adecuada para una región ondulada con velocidad de diseño de 30 kph. El tránsito promedio diario se encuentra en un rango de 10 a 100 vehículos, y el ancho de corona propuesto es de 6 metros (esto debido a que ya existe la ruta del camino).

La población beneficiada directamente es de 1 231 habitantes, la cual forma parte del caserío Nuevo San Carlos. A este número se le añaden los pobladores de aldeas ubicadas al norte del caserío y que circulan a través del camino en diseño.

### **3.2. Levantamiento topográfico**

Se llama así a la obtención de puntos de referencia para determinar la posición horizontal y vertical sobre la superficie terrestre de la carretera o camino. El método más utilizado para los levantamientos topográficos en carreteras es el de poligonal abierta (que incluye el trazo de curvas circulares), formada por ángulos y tangentes, donde se establece un punto de inicio, azimut o rumbo de salida, caminamiento (kilometraje) de salida y cota del terreno. Es recomendable dejar estaciones cada 20 metros, PC, PT, fondos y en cada cambio significativo del terreno.

El levantamiento topográfico que se realiza debe tener un grado razonable de precisión (según las especificaciones técnicas de la Dirección General de Caminos, el margen de error horizontal aceptable es de  $\pm 50$  mm y el vertical de  $\pm 10$  mm), de forma que sea una medición total que, además de marcar las características topográficas, muestre pormenores y accidentes que en alguna forma pudiesen afectar la localización final. El levantamiento topográfico consta de:

#### **3.2.1. Reconocimiento**

Es necesario hacer un reconocimiento del lugar donde se construirá la carretera para poder realizar el diseño de la misma. Esto es de gran ayuda para llevar a cabo la selección de ruta, ya que es en el campo en donde se observan los detalles de la topografía del lugar, los puntos obligatorios a considerar, y también se averigua si los terrenos son privados o del Estado, para así considerar el derecho de vía. Para el presente proyecto, debido a que la ruta a pavimentar ya existe, el reconocimiento se hizo al mismo tiempo que se obtuvieron rumbos y distancias del trayecto.

### **3.2.2. Selección de ruta**

Se entiende por selección de ruta la actividad en que se determina la localización de la línea central de la carretera. Cuando en la visita de campo no se puede seleccionar la ruta (por condiciones del terreno u otras circunstancias), se puede hacer uso de mapas cartográficos (normalmente en escala 1:50 000), en los cuales se encuentra información útil como: accidentes geográficos, topografía, ríos y poblados. En este proyecto ya está establecida la ruta a seguir, esto debido a que ya existe un camino y la propuesta se hace para mejorarlo; por lo anterior, las actividades de diseño empezaron con el levantamiento topográfico preliminar.

Durante la visita de campo se realizó el reconocimiento del camino existente y la determinación de los anchos a lo largo del tramo (6 metros), ya que en la mayor parte de la línea central existen casas y terrenos privados a los lados.

### **3.2.3. Planimetría**

Esta se define como el conjunto de trabajos necesarios para representar gráficamente la superficie de la tierra, tomando como referencia el norte para su mejor orientación. Es la proyección sobre un plano horizontal del eje central de la carretera.

En la medición de la planimetría para el proyecto se utilizó el método de deflexiones simples en una poligonal abierta, que consiste en tomar un Azimut inicial referido al norte y fijando este en cero. Se colocaron puntos intermedios, entre estación y estación (a cada veinte metros), así como puntos de referencia

en accidentes geográficos (cercos, orillas de calle, postes de luz, etc.). Los puntos obtenidos del trayecto se presentan en la tabla XIX.

#### **3.2.4. Altimetría**

La altimetría se encarga de la medición de las diferencias de nivel o de elevación entre los diferentes puntos del terreno, las cuales representan las distancias verticales medidas a partir de un plano horizontal de referencia. La determinación de las alturas o distancias verticales también se puede hacer a partir de las mediciones de las pendientes o grado de inclinación del terreno y de la distancia inclinada entre cada dos puntos. Como resultado se obtiene el esquema vertical. Al eje de la carretera en alineamiento vertical se le llama línea subrasante. Para el presente proyecto se trazó la línea central para obtener las elevaciones de los puntos obligados y los necesarios para trazar la ruta final.

#### **3.2.5. Secciones transversales**

Mediciones obtenidas conjuntamente con el levantamiento altimétrico obtenidas perpendicularmente en ambos lados del centro de la carretera, para poder generar la gráfica de curvas de nivel del tramo carretero y sus secciones.

Para la obtención de las elevaciones necesarias para las secciones transversales, se trazaron dos líneas paralelas a la línea central, estas separadas 3 metros de la misma hacia ambos lados.

### **3.3. Estudio de suelos**

Con el objeto de determinar las características físico-mecánicas de los materiales de la subrasante se llevan a cabo investigaciones mediante la



ejecución de pozos exploratorios o calicatas de 1,50 m de profundidad mínima respecto del nivel de subrasante del proyecto. La cantidad de calicatas por kilómetro depende de factores como: volumen de tránsito, observaciones del diseñador en el campo, importancia de la ruta, entre otras. Para un volumen menor a 200 vehículos al día se recomienda un mínimo de 1 calicata por kilómetro.

Con el objetivo de conocer el tipo de suelo con que se cuenta en el área de trabajo, y así optimizar tanto el costo como el trabajo del proyecto, para el diseño de este proyecto se obtuvo una muestra de 1 quintal de suelo del lugar del proyecto, para posteriormente ser trasladada al Laboratorio de Suelos del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en donde se le realizaron los diferentes tipos de estudios que se requieren para la ejecución de este tipo de proyectos.

### **3.3.1. Granulometría**

La granulometría es la propiedad que tienen los suelos naturales de mostrar diferentes tamaños en su composición. El análisis granulométrico se hace en dos etapas:

- La primera se realiza por medio de una serie de tamices convencionales para suelos de granos grandes, medianos o suelos granulares como: piedra triturada, grava y arenas.
- La segunda por un proceso de vía húmeda para suelos de granos finos como limos, limos-arenosos, limos-arcillosos y arcillas. Este análisis mecánico vía húmeda se basa en el comportamiento de material granular en suspensión dentro de un líquido al sedimentarse. Todo el análisis

granulométrico deberá ser hecho por vía húmeda según lo descrito en AASHTO T 27 y T-11.

Todos los sistemas de clasificación utilizan el tamiz No. 200 como punto divisorio. Las clasificaciones se basan, generalmente, en términos de la cantidad retenida o la cantidad que pasa a través del tamiz No. 200. Ocasionalmente es deseable conocer la escala aproximada de partículas de suelo menores que el tamiz No. 200. Para este caso, el método del hidrómetro es el más utilizado.

### 3.3.2. Límites de Atterberg

Los límites de Atterberg son propiedades de los suelos con que se definen la plasticidad y se utilizan en la identificación y clasificación de un suelo. Atterberg dividió y consideró tres límites o estados de consistencia: el límite de contracción, que es la frontera convencional entre el estado sólido y semisólido, el límite plástico, que es la frontera entre los estados semisólido y plástico, y el límite líquido, que se define como la frontera entre estado plástico y semilíquido. También se denomina al límite líquido como la frontera entre el estado plástico y líquido.

Figura 26. Límites de Atterberg

Sólido	Semisólido	Plástico	Semilíquido	Líquido
<b>LC</b>	<b>LP</b>	<b>LL</b>		

Fuente: HERNÁNDEZ, Carlos. *Características físicas y propiedades mecánicas de los suelos y sus métodos de medición*. P. 47.

Los límites de Atterberg y los índices asociados resultan muy útiles para la identificación y clasificación de suelos (AASHTO y SUCS). Frecuentemente los

límites se utilizan directamente en las especificaciones para controlar los suelos a utilizar en terraplenes y en métodos semiempíricos de proyecto.

### **3.3.2.1. Límite líquido**

El límite líquido está definido como el contenido de humedad en el cual una masa de suelo se encuentra entre el estado plástico para pasar al estado líquido o semilíquido, en donde el suelo toma las propiedades y apariencias de una suspensión. Puesto que no existe una separación muy clara entre los estados de consistencia semilíquido, plástico y semisólido, se ha ideado el procedimiento estándar para la determinación de este límite, el cual se denomina “método mecánico”, el que ideó Casagrande y también denominado “Copa de Casagrande”.

### **3.3.2.2. Límite plástico**

El límite plástico está definido como el contenido de humedad, en el cual una masa de suelo se encuentra entre el estado semisólido y el estado plástico. En el estado semisólido el suelo tiene la apariencia de un sólido, pero aún disminuye de volumen al estar sujeto a secado y en el estado plástico el suelo se comporta plásticamente. Arbitrariamente, también se define como el contenido de humedad del suelo al cual un cilindro se rompe o se agrieta, cuando se enrolla a un diámetro aproximado de tres milímetros (1/8 plg.), al rodarse con la palma de la mano sobre una superficie lisa.

### **3.3.2.3. Índice de plasticidad**

Numéricamente es la diferencia entre el límite líquido (LL) y el límite plástico (LP). Representa la variación de humedad que puede tener un suelo

que se conserva en estado plástico. Tanto el límite líquido como el límite plástico dependen de la calidad y tipo de arcilla presente en la muestra, sin embargo, el índice de plasticidad depende, generalmente, de la cantidad de arcilla en el suelo.

$$IP = LL - LP$$

Donde:

*IP = Índice de Plasticidad*

*LL = Límite Líquido*

*LP = Límite Plástico*

Atterberg clasificó el IP en diferentes secciones, que varían de cero hasta 17, en las cuales los suelos se comportan de acuerdo a la magnitud del índice de plasticidad, es decir, que se muestra un indicativo para razonar cómo trabaja el suelo en el terreno.

Tabla XIV. **Clasificación de los suelos según su índice plástico (IP)**

Si $IP = 0$	Si no es posible determinar uno de los dos límites (LL o LP), o si la diferencia es negativa (IP), el suelo se clasifica como No Plástico (NP).
Si $IP < 7$	El suelo tiene una baja plasticidad
Si $7 < IP < 17$	El suelo es medianamente plástico
Si $IP > 17$	Suelo altamente plástico

Fuente: BOWLES, Joseph E. *Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil*. P. 21.

De la tabla XIV se concluye que el suelo de subrasante del proyecto es medianamente plástico por tener un índice de plasticidad de 8,60 %.

### **3.3.3. Sistema de clasificación AASHTO**

Debido a la gran variedad de suelos que se presentan en la naturaleza, la mecánica de suelos ha desarrollado métodos de clasificación de los mismos.

Desde el punto de vista de las carreteras se utilizan los siguientes métodos: el sistema de clasificación de los suelos AASHTO (American Association of State High-way and Transportation Officials) y el Sistema Unificado de Clasificación de los Suelos SUCS o USCS (Unified Soil Classification System), también llamado sistema de clasificación ASTM.

Se presenta la metodología de clasificación de suelos AASHTO debido a que las especificaciones establecidas en el *Libro Azul de la Dirección General de Caminos de Guatemala* se basan en las normas ASSHTO.

Este sistema describe un procedimiento para clasificar suelos en siete grupos principales: desde A-1 hasta A-7, basado en el tamaño del grano (granulometría), en la plasticidad (límite líquido e índice de plasticidad). Para evaluación cualitativa de la conveniencia de un suelo como material para subrasante de un camino, se desarrolló también un número denominado índice de grupo (IG).

Tabla XV. Sistema de clasificación de suelos AASHTO

GRUPO SUB-GRUPO	Suelos Granulares: 35% o menos pasa malla # 200							Suelos Arcillosos y Limosos: Más de 35% pasa malla # 200			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5* A-7-6*
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Porcentaje de material que pasa el tamiz											
No. 10	50max										
No. 40	30max	50max	51min								
No. 200	15max	30max	10max	35max	35max	35max	35max	36min	36min	36min	36min
Plasticidad Pasa la malla # 40											
LL				40max	41min	40max	41min	40max	41min	40max	41min
IP	6max		NP	10max	10max	11min	11min	10max	10max	11min	11min
Índice de Grupo <sup>a</sup>	0		0	0		4max		8max	12max	16max	20max
Materiales Constructivos	Fragmentos de Piedra, grava y Arena		Arena Fina	Grava y/o Arena limosa		Grava y/o Arena arcillosa		Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
Calidad (Subrasante)	Excelente a Buena						Regular a Mala				

\* A-7-5: IP menor o igual a LL - 30      \* A-7-6: IP mayor que LL - 30  
<sup>a</sup> Índice de Grupo = IG = (F<sub>200</sub> - 35) [0.2 + 0.005 (LL - 40)] + 0.01 (F<sub>200</sub> - 15)\*(IP - 10)

Fuente: BOWLES, Joseph E. *Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil*. P. 70.

A continuación se hace uso del método AASHTO para clasificar la muestra de suelo obtenida del trayecto (los valores fueron obtenidos del ensayo de granulometría):

$$\% \text{ tamiz número } 200 = 51,04 \%$$

$$\% \text{ tamiz número } 40 = 83,89 \%$$

Debido a que el porcentaje que pasa el tamiz número 200 es mayor al 35 %, en la tabla XIII se observa que se trata de un suelo arcilloso y limoso.

Del ensayo de límites de Atterberg se tienen los siguientes resultados:

$$\text{Límite Líquido} = 46,40 \%$$

$$\text{Índice de Plasticidad} = 8,60 \%$$

Con los resultados anteriores, se ubica el suelo en la columna de suelos A5 (tabla II), la cual cumple con los requisitos:

$$\text{Límite Líquido} \geq 41 \%$$

$$\text{Índice de Plasticidad} < 10 \%$$

De esta manera, se ha clasificado el suelo de subrasante como tipo A5 en el sistema AASHTO.

A continuación se presenta una correlación de los dos sistemas de clasificación más difundidos, AASHTO y ASTM (SUCS):

Tabla XVI. **Comparación de métodos de clasificación de suelos**

Clasificación de suelos AASHTO	Clasificación de suelos ASTM (SUCS)
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A-2	GM, GC, SM, SC
A-3	SP
A-4	CL, ML
A-5	ML, MH, CH
A-6	CL, CH
A-7	OH, MH, CH

Fuente: Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos.

### 3.3.4. Proctor modificado

Para carreteras en Guatemala se utiliza generalmente el proctor modificado, según AASHTO T-180 (sección 301.03 *Libro Azul Dirección*

*General de Caminos*). Este sirve para obtener la humedad óptima con la cual el suelo alcanza su máxima compactación.

La masa de los suelos está formada por partículas sólidas y vacías. Estos pueden estar llenos de agua, de aire o de ambos a la vez. Si la masa de un suelo se encuentra suelta, tiene mayor número de vacíos, los que, conforme se sometan a compactación, van reduciéndose hasta llegar a un mínimo, que se establece cuando la masa del suelo alcanza su menor volumen y su mayor peso. Esto se conoce como densidad máxima. Para alcanzar la densidad máxima es necesario que la masa del suelo tenga una humedad determinada, la que se conoce como humedad óptima. Cuando el suelo alcanza su máxima densidad tendrá mejores características, tales como:

- Reducción del volumen de vacíos y de la capacidad de absorción.
- Aumento de la capacidad del suelo, para soportar mayores cargas.

El ensayo de compactación Proctor consiste en tomar una cantidad de suelo, pasarlo por el tamiz No. 4, añadirle agua y compactarlo en un molde cilíndrico en tres capas, con veinticinco golpes por capa, con un martillo de compactación. Luego de compactar la muestra, esta es removida del molde y demolida nuevamente para obtener pequeñas porciones de suelo, que servirán para determinar el contenido de su humedad en ese momento. Se añade más agua a la muestra, hasta obtener una muestra más húmeda y homogénea, y se hace nuevamente el proceso de compactación. Esto se repite sucesivamente para obtener datos para la curva de densidad seca, contra contenido de humedad.



### 3.3.5. CBR

Este ensayo conocido como Californian Bearing Ratio (CBR por sus siglas en inglés), sirve para determinar la capacidad de soporte que tiene un suelo compactado a su densidad máxima, en las peores condiciones de humedad que pueda tener en el futuro. Este se expresa en el porcentaje del esfuerzo requerido para hacer penetrar un pistón estándar en la muestra de suelo, comparado con el patrón de piedra triturada de propiedades conocidas.

Para este ensayo es necesario conocer la humedad óptima y la humedad actual del suelo (obtenida del ensayo Proctor), y así poder determinar la cantidad de agua que se añadirá a la muestra de suelo. Los cilindros se compactan en cinco capas, para 10, 30 y 65 golpes por cada capa. Para cada cilindro compactado se obtendrá el porcentaje de compactación (%C), el porcentaje de expansión y el porcentaje de CBR. El procedimiento analítico se rige por la norma AASHTO T 193.

El porcentaje CBR (o simplemente CBR), está definido como la fuerza requerida para que un pistón normalizado penetre a una profundidad determinada, en una muestra compactada de suelo a un contenido de humedad y densidad dadas, con la fuerza necesaria para que el pistón penetre a esa misma profundidad y con igual velocidad, y con una probeta con una muestra estándar de material triturado. La expresión que define al CBR es la siguiente:

$$\%CBR = \frac{\text{carga unitaria del ensayo}}{\text{carga unitaria patrón}} * 100$$

En la ecuación se observa que el número CBR es un porcentaje de la carga unitaria patrón. En la práctica el símbolo de porcentaje se quita y la

relación se presenta simplemente por el número entero, por ejemplo: 30, 45, 98, etc. Los valores de carga unitaria que se utilizan en la ecuación son:

Tabla XVII. **Valores de carga unitaria**

Penetración		Carga unitaria patrón		Carga estándar
mm	plg	MPa	lb/plg <sup>2</sup>	lb
2.5	0.10	6.9	1,000	3,000
5.0	0.20	10.3	1,500	4,500
7.5	0.30	13.0	1,900	5,700
10.0	0.40	16.0	2,300	6,100
12.7	0.50	18.0	2,600	7,800

Fuente: BOWLES, Joseph E. *Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil*. P. 190.

### 3.3.6. Análisis de resultados de laboratorio

#### 3.3.6.1. Clasificación

ASSHTO: A-5

SUCS: ML

De la clasificación de suelos se deduce que el suelo de la subrasante puede ser muy elástico (reflejado por su alto límite líquido). Su índice de grupo varía de 1 a 12, indicando los valores crecientes, el efecto combinado de la disminución del porcentaje de material grueso y el aumento de su límite líquido.

#### 3.3.6.2. Descripción del suelo

Limo arenoso de color café. Esto indica que la cantidad de finos de la muestra era grande y se hizo necesario el uso del método de lavado para

obtener la cantidad de los mismos presentes en la muestra. De esto se puede deducir que el límite líquido será un valor relativamente grande.

### **3.3.6.3. Límites**

Límite líquido: 46,40 %

Índice plástico: 8,60 %

El suelo de la subrasante es medianamente plástico, lo cual se ve reflejado en los ensayos de CBR y Proctor.

### **3.3.6.4. Proctor y CBR:**

Densidad seca máxima  $\gamma_d$ : 88,15 lb/pie<sup>3</sup>

Humedad óptima: 21,50 %

CBR al 99,8 %: 10,67 %

Se deduce entonces que para obtener una subrasante de calidad regular será necesario compactarla con un contenido de humedad de 21,50 % hasta alcanzar el 99 % de compactación respecto a la densidad máxima (esto también obedece a la sección 301 del *Libro Azul de la Dirección General de Caminos de Guatemala*). Las hojas de resultados de los ensayos de laboratorio se presentan en el anexo 1.

## **3.4. Diseño geométrico**

Una carretera diseñada de manera óptima es aquella que se adapta económicamente a la topografía del terreno y cumple a la vez con las características de seguridad y comodidad del vehículo. Sin embargo, la

selección de un trazado y su adaptabilidad al terreno dependen de los criterios del diseño geométrico adoptado. Estos criterios, a su vez, dependen del tipo e intensidad del tráfico futuro, así como de la velocidad del proyecto. El diseño se basó en la metodología propuesta por la Dirección General de Caminos de Guatemala para la construcción de caminos rurales (ver tabla XVII), de la cual se obtienen los datos siguientes:

- Período de diseño: 20 años
- Tránsito Promedio Diario (T.P.D): 10 – 100 vehículos
- Tránsito Promedio Diario Obtenido: 51 vehículos
- Tránsito Promedio Diario Futuro: 92 vehículos
- Tipo de carretera: “F” Ondulada
- Velocidad de diseño: 30 kph
- Ancho de calzada: 6,00 m
- Ancho de terracería:
  - En corte 9,50 m
  - En relleno 8,50
- Radio de curvatura mínimo: 30 metros
- Pendiente máxima: 8 %
- Distancia de visibilidad de parada: 30 m
- Distancia de visibilidad de paso: 110 m

Tabla XVIII. **Criterios de diseño de caminos rurales**

Aspecto de Diseño	Características
Velocidad de Diseño	
Terreno Plano	40 km/hr
Terreno Ondulado	30 km/hr
Terreno Montañoso	20 km/hr
Pendiente:	
Terreno Plano	6%
Terreno Ondulado	8%
Terreno Montañoso	12%
Curvatura	
Terreno Plano	radio mínimo 47 mts
Terreno Ondulado	radio mínimo 30 mts
Terreno Montañoso	radio mínimo 18 mts
Ancho de calzada	5.50 mts
Ancho de carril	2.75 mts
Hombros	no se construyen
Bombeo	2% a 4%
Tipos de Drenaje	ambos
Capa de Rodadura	grava o pavimento
Tránsito Promedio Diario	100 vehiculos
Ensanchamientos	Cada 300 mts en terrenos planos y dependiendo de la visibilidad

Fuente: Dirección General de Caminos de Guatemala. *Especificaciones técnicas para la construcción de caminos rurales en Guatemala*. P. 5.

### 3.4.1. Trazo preliminar

Este servirá para establecer la ruta final de la carretera, se observarán las deflexiones y cambios de altura entre estaciones, proporcionando la información necesaria para el diseño final. Ya que el tramo a pavimentar ya existe, y la vía ya ha sido trazada desde años anteriores, el trazo preliminar no fue necesario. Sin embargo, se hace mención como parte de los pasos para el diseño de una carretera óptima. De este trazo, cuando ya se tienen los puntos obligados, se procede a ligar estos mediante un procedimiento que requiere el trazo de una poligonal de apoyo lo más apegada posible a los puntos establecidos, con orientación astronómica si es posible, PI's referenciados y deflexiones marcadas con exactitud, ya que será la base del trazo definitivo.

### **3.4.2. Localización**

Consiste en diseñar la línea final o línea de localización, la cual será la definitiva para el proyecto. Se realiza con la información obtenida en campo por medio del levantamiento topográfico. Para el presente proyecto, la línea central ya se encontraba localizada y trazada, por lo que se comenzó con el levantamiento topográfico de la vía central y sus secciones.

### **3.4.3. Alineamiento horizontal**

Es la proyección sobre un plano horizontal del eje de una carretera. Debe ser capaz de ofrecer seguridad y permitir asimismo uniformidad de operación a velocidad aproximadamente uniforme. Los elementos que integran el alineamiento horizontal son la tangente, las curvas circulares y las curvas de transición.

#### **3.4.3.1. Tangentes**

Las tangentes son la proyección de las rectas que unen las curvas. Al punto de intersección de la prolongación de dos tangentes consecutivas se le representa como PI, y el ángulo de deflexión formado por la prolongación de una tangente y la siguiente se le representa como  $\Delta$ . Las tangentes horizontales están definidas por su longitud y su dirección. La longitud máxima de una tangente está condicionada por la seguridad y comodidad del conductor del vehículo. Por lo cual conviene limitar la longitud de las tangentes, proyectando en su lugar alineamientos ondulados con curvas de gran radio. La longitud mínima de tangente entre dos curvas consecutivas está definida por la longitud necesaria para la sobreelevación y ampliación a esas curvas.

En la tabla XIX se presenta la libreta topográfica final obtenida para el presente proyecto:

Tabla XIX. **Libreta topográfica**

ESTACION		DIST [m]	AZIMUT		
De	P.O.		GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
E-0	E-1	20,00	329	33	20
E-1	E-2	26,09	331	19	39
E-2	E-3	26,31	353	2	26
E-3	E-4	65,23	353	2	26
E-4	E-5	113,78	352	30	36
E-5	E-6	25,23	351	37	34
E-6	E-7	33,39	352	46	5
E-7	E-8	18,95	341	2	60
E-8	E-9	14,08	341	2	60
E-9	E-10	16,58	310	59	58
E-10	E-11	58,75	307	44	36
E-11	E-12	41,17	306	46	13
E-12	E-13	64,43	307	17	0
E-13	E-14	45,49	13	49	31
E-14	E-15	13,46	10	46	18
E-15	E-16	9,65	14	7	10
E-16	E-17	5,92	62	6	24

ESTACION		DIST [m]	AZIMUT		
De	P.O.		GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
E-17	E-18	8,71	62	6	24
E-18	E-19	10,04	0	41	3
E-19	E-20	23,31	0	41	3
E-20	E-21	20,93	50	36	44
E-21	E-22	6,38	47	17	28
E-22	E-23	2,56	60	27	27
E-23	E-24	4,21	60	27	27
E-24	E-25	9,22	23	57	33
E-25	E-26	7,88	28	42	8
E-26	E-27	27,73	26	34	35
E-27	E-28	30,39	276	33	2
E-28	E-29	12,53	276	33	2
E-29	E-30	19,45	285	49	46
E-30	E-31	20,86	286	17	24
E-31	E-32	13,97	330	30	11
E-32	E-33	16,12	340	45	4

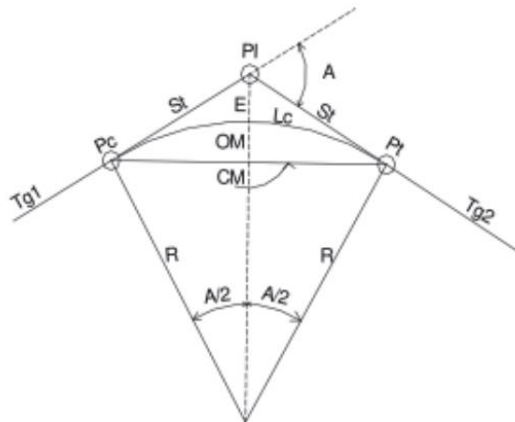
Fuente: elaboración propia.

### 3.4.3.2. **Curvas horizontales**

Las curvas circulares son los arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas. Pueden ser simples o compuestas, según se trate en un solo arco de círculo o de dos o más sucesivos, de diferente radio. Cuando dos tangentes están unidas entre sí por una curva circular, esta se denomina curva simple. En el sentido del caminamiento, las curvas pueden ser hacia la izquierda o hacia la derecha. Debido a la importancia de las curvas, es necesario estudiar el procedimiento para su cálculo y realización según las especificaciones del camino y requerimientos de la topografía.

La figura 27 muestra los elementos considerados en el diseño de las curvas horizontales:

Figura 27. **Elementos de la curva horizontal**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

*Donde:*

*Tg1 = Tangente de entrada*

*Tg2 = Tangente de salida*

*PC = Principio de curva*

*St = Subtangente*

*PI = Punto de intersección*

*PT = Principio de tangente*

*R = Radio de curvatura*

*CM = Cuerda máxima*

*OM = Ordenada media*

*LC = Longitud de curva*

*A =  $\Delta$  = Ángulo de deflexión de la tangente*



El cálculo de cada uno de los elementos se basa en fórmulas deducidas a partir de la geometría aplicada a la figura 26. Para el diseño de cada una de las curvas se hace necesario el uso de las siguientes fórmulas:

#### **3.4.3.2.1. Grado de curvatura**

Es el ángulo central que subtiende un arco de circunferencia de 20 metros de longitud. De esta definición se obtiene la siguiente fórmula que va relacionada con el radio.

$$GC = \frac{1,145,9156}{R}$$

*Donde:*

*R = Radio de curvatura*

#### **3.4.3.2.2. Longitud de curva**

La longitud de curva es la longitud de arco comprendida entre el principio de curva y el principio de tangente, cuyo ángulo central es la deflexión  $\Delta$  y está presentada por la siguiente fórmula:

$$Lc = \frac{\Delta * 20}{GC}$$

*Donde:*

*$\Delta$  = Deflexión angular entre tangentes*

*GC = Grado de curvatura*

#### **3.4.3.2.3. Subtangente**

Es la distancia medida entre el punto de intersección de la prolongación de tangentes y el principio de curvas o el principio de tangente. Está relacionada con el radio de la curva.

$$St = R * \tan(\Delta/2)$$

*Donde:*

*$\Delta$  = Deflexión angular entre tangentes*

*R = Radio de curvatura*

#### **3.4.3.2.4. Cuerda máxima**

Es la distancia medida en línea recta, desde el principio de curva al principio de tangente. Está relacionada con el radio de curva y el ángulo de deflexión entre tangentes:

$$CM = 2R * \text{sen}(\Delta/2)$$

*Donde:*

*$\Delta$  = Deflexión angular entre tangentes*

*R = Radio de curvatura*

#### **3.4.3.2.5. External**

Es la distancia medida desde el punto de intersección de la prolongación de tangentes hasta el punto medio de la curva. Está representada por la siguiente fórmula:

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

*Donde:*

$\Delta =$  Deflexión angular entre tangentes

$R =$  Radio de curvatura

#### **3.4.3.2.6. Ordenada media**

Es la distancia radial entre el punto medio de la cuerda principal y el punto medio de la curva. Su cálculo relaciona el radio de la curva y el ángulo de deflexión entre tangentes.

$$OM = R * [1 - \cos(\Delta/2)]$$

*Donde:*

$\Delta =$  Deflexión angular entre tangentes

$R =$  Radio de curvatura

Es necesario tener las distancias entre los puntos de intersección de localización, los deltas ( $\Delta$ ) y el grado de curva (G) o el radio de curvatura (que será colocado por el diseñador con base en los requerimientos de la topografía y condiciones de diseño) para poder calcular los elementos de las curvas horizontales. Con el Radio (R) y el delta ( $\Delta$ ) se calculan los elementos de la curva. Si se tienen varias alternativas de trazo, es conveniente elegir aquella que, sin elevar los costos de construcción, permite aplicar menores grados de curvatura. A continuación, se presenta el procedimiento de cálculo de los elementos de la curva horizontal número 2:

$$R = 100$$

$$\Delta = 11,72^\circ = 11^\circ 43' 12''$$

$$G = \frac{1145,9156}{R} = \frac{1145,9156}{100} = 11,46^\circ = 11^\circ 27' 36''$$

$$L_c = \frac{\Delta * 20}{G} = \frac{11,72 * 20}{11,46} = 20,45 [m]$$

$$S_t = R * \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right) = 100 * \tan\left(\frac{11,72}{2}\right) = 10,26 [m]$$

$$C_m = 2R * \text{sen}\left(\frac{\Delta}{2}\right) = 2(100) * \text{sen}\left(\frac{11,72}{2}\right) = 20,42 [m]$$

$$E = R * \frac{1 - \cos(\Delta/2)}{\cos(\Delta/2)} = 100 * \frac{1 - \cos(11,72/2)}{\cos(11,72/2)} = 0,53 [m]$$

$$OM = R * \left(1 - \cos\frac{\Delta}{2}\right) = 100 * \left(1 - \cos\frac{11,72}{2}\right) = 0,52 [m]$$

Los elementos de las 12 curvas fueron obtenidos haciendo uso de las mismas fórmulas y se presentan en la tabla XXIII.

### 3.4.3.3. Curvas de transición

Cuando un vehículo pasa de un tramo en tangente a otro en curva circular, requiere hacerlo de forma gradual. Para lograr este cambio se usan las curvas de transición. Se definirá entonces como curva de transición a la que liga una tangente con una curva circular. Su característica principal es que en su longitud se efectúa, de manera continua, el cambio en el valor del radio de curvatura, desde infinito para la tangente hasta el que corresponde para la curva circular.

Este tipo de curvas combina una curva circular con dos espirales; una al inicio y otra al final. En caminos no se utilizan en gran número por el incremento que representa en la construcción. Su empleo es más adecuado en vías de alta velocidad, ya que al pasar de un tramo recto a una curva circular simple se presenta bruscamente la tendencia a salir a la curva debido a la fuerza centrífuga. Este hecho representa, además de una incomodidad, un serio peligro que no se evita del todo con la sobreelevación, y el conductor se ve obligado a frenar y describir un arco mayor que el de la curva circular.

El procedimiento de cálculo se basa en las tablas proporcionadas por la Dirección General de Caminos de Guatemala y depende de la velocidad de diseño del proyecto y del grado de curvatura de la curva en análisis (ver tabla XIX). Además, se hará uso de las siguientes fórmulas:

$$E Ls 1 = PC - Ls/2$$

$$T Ls 1 = PC + Ls/2$$

$$E Ls 2 = PT + Ls/2$$

$$T Ls 2 = PC - Ls/2$$

*Donde:*

*Ls = Longitud de Espiral*

*E Ls 1 = Empieza Longitud de Espiral de Entrada*

*T Ls 1 = Termina Longitud de Espiral de Entrada*

*E Ls 2 = Empieza Longitud de Espiral de Salida*

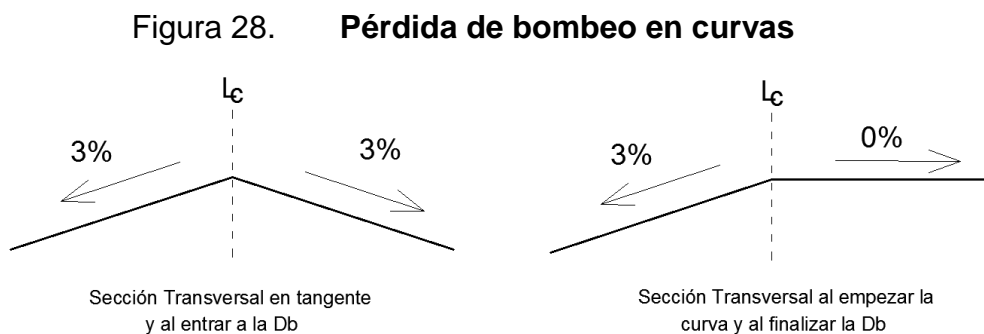
*T Ls 2 = Termina Longitud de Espiral de Salida*

### 3.4.3.4. Bombeo

Es la pendiente dada a la corona de las tangentes del alineamiento horizontal hacia ambos lados del eje, su función es evitar la acumulación del agua sobre la superficie de rodadura. El bombeo apropiado es aquel que permite un drenaje suficiente de la corona con la pendiente mínima. Para ello es necesaria una pendiente transversal de 2 % a 4 % hacia ambos lados del eje tangente para tramos rectos, y en un solo sentido en las curvas o la que resulte de la sobreelevación (peralte). El bombeo elegido dependerá del material de la carpeta de rodadura.

### 3.4.3.5. Distancia de bombeo

La distancia de bombeo o longitud de aplanamiento es la longitud necesaria para que el carril exterior pierda su bombeo o se aplane, es decir que la mitad exterior del pavimento deberá girarse en una sección de bombeo de 3 % (recomendado en Guatemala) hasta llegar a 0 % (ver figura 28).



Fuente: elaboración propia, empleando programa AutoCAD 2014.

Para su cálculo se hace uso de las siguientes fórmulas:

$$E Db 1 = E Ls 1 - Db$$

$$T Db 2 = T Ls 2 + Db$$

*Donde:*

*Db = Distancia de bombeo*

*E Ls 1 = Empieza Longitud de Espiral de Entrada*

*T Ls 2 = Termina Longitud de Espiral de Salida*

*E Db 1 = Empieza Distancia de Bombeo de Entrada*

*E Db2 = Termina Distancia de Bombeo de Salida*

Las distancias de bombeo se encuentran especificadas en las tablas proporcionadas por la Dirección General de Caminos de Guatemala y dependerán de la velocidad de diseño del proyecto y del grado de curvatura de la curva en análisis (ver tabla XIX).

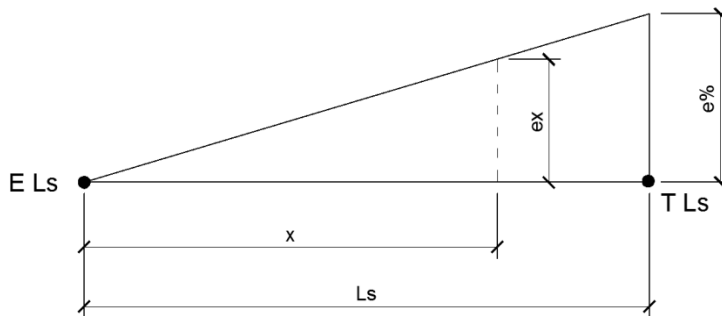
#### **3.4.3.6. Peralte**

El peralte es la sobreelevación que se le da a la sección transversal en la curva, para contrarrestar la fuerza centrífuga que se produce al trasladarse en un movimiento circular. Para el cálculo del peralte se necesitan las especificaciones de diseño geométrico, en que se verán los anchos máximos que dependen del tipo de carretera, velocidad de diseño y grado de curvatura.

En Guatemala se adopta el criterio de un peralte máximo de 10 % basado en las normas ASSHTO. Al igual que la longitud de espiral y la distancia de bombeo, el peralte para cada curva dependerá de la velocidad de diseño y el grado de curvatura de la curva en análisis. Los valores se encuentran en la tabla XIX proporcionada por la Dirección General de Caminos de Guatemala.

En la figura 29 se presenta la forma en que el peralte debe ser repartido. Este será incrementando proporcionalmente a lo largo de la longitud de espiral y será máximo al terminar la misma.

Figura 29. **Peralte en cualquier punto de la curva**



Fuente: elaboración propia, empleando programa AutoCAD 2014.

$$e_x = e\% * \frac{x}{L_s}$$

Donde:

$e_x$  = Peralte en el punto analizado

$e\%$  = Peralte de la curva

$x$  = distancia medida de  $E L_s$  a un punto en la curva

$L_s$  = Longitud de Espiral

$E L_s$  = Empieza Longitud de Espiral

$T L_s$  = Termina Longitud de Espiral

### 3.4.3.7. Sobreechancho

El sobreechancho es el ancho adicional proporcionado en las curvas, debido a que al circular en ellas los vehículos ocupan mayor espacio. Para el cálculo del sobreechancho se necesitan las especificaciones de diseño geométrico (tabla XX),

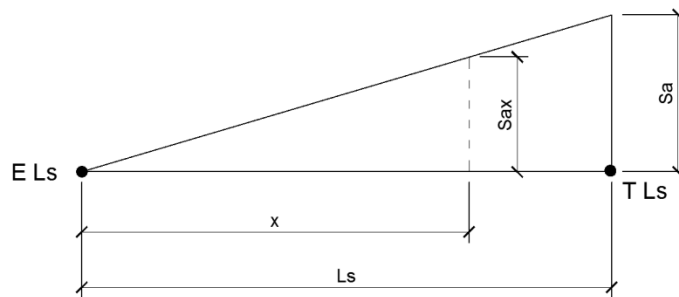


donde se determinan los anchos máximos, los que dependen del tipo de carretera, velocidad de diseño y grado de curvatura.

El sobreebancho será repartido, proporcionalmente, en la longitud de la curva, empezará a partir del PC menos la media longitud de la espiral y terminará en el PT más la media longitud de espiral, exactamente como en el cálculo del peralte.

En la figura 29 se presenta la forma en que el sobreebancho debe ser repartido. Este será incrementando proporcionalmente a lo largo de la longitud de espiral y será máximo al terminar la misma. Por repartirse proporcionalmente en el PC y el PT, el sobreebancho tendrá la mitad del valor máximo en dichos puntos.

Figura 30. **Sobreebancho en cualquier punto de la curva**



Fuente: elaboración propia, empleando programa AutoCAD 2014.

Tabla XX. Peralte y longitud de espiral

VELOCIDAD G°	30			40			50			60			70			80			90			100			110			120			
	RADIO	Ls	Δ	RADIO	Ls	Δ	RADIO	Ls	Δ	RADIO	Ls	Δ	RADIO	Ls	Δ	RADIO	Ls	Δ	RADIO	Ls	Δ	RADIO	Ls	Δ	RADIO	Ls	Δ	RADIO	Ls	Δ	
1°	1145.92	BN	17	0°51'	BN	23	1°09'	BN	28	1°24'	BN	34	1°42'	BN	39	1°57'	BN	45	2°15'	BN	50	2°30'	BN	56	2°48'	BN	62	3°06'	BN	67	3°21'
2°	572.96	BN	17	1°42'	BN	23	2°18'	BN	28	2°48'	BN	34	3°24'	BN	39	3°54'	BN	45	4°30'	BN	50	5°06'	BN	56	5°42'	BN	62	6°18'	BN	67	6°54'
3°	381.97	BN	17	2°33'	BN	23	3°17'	BN	28	4°12'	BN	34	5°06'	BN	39	6°00'	BN	45	6°54'	BN	50	7°48'	BN	56	8°42'	BN	62	9°36'	BN	67	10°30'
4°	286.48	BN	17	3°24'	BN	23	4°06'	BN	28	5°00'	BN	35	6°00'	BN	42	7°00'	BN	49	8°00'	BN	56	9°00'	BN	63	10°00'	BN	69	11°00'	BN	74	12°00'
5°	228.18	BN	17	4°15'	BN	23	5°06'	BN	28	6°06'	BN	35	7°14'	BN	42	8°30'	BN	49	9°48'	BN	56	11°00'	BN	63	12°24'	BN	69	13°48'	BN	74	15°12'
6°	190.99	BN	17	5°06'	BN	23	6°06'	BN	28	7°14'	BN	35	8°30'	BN	42	9°54'	BN	49	11°24'	BN	56	13°48'	BN	63	15°12'	BN	69	17°48'	BN	74	21°24'
7°	163.70	BN	17	6°06'	BN	23	7°14'	BN	28	8°30'	BN	35	9°54'	BN	42	11°24'	BN	49	13°48'	BN	56	16°12'	BN	63	19°36'	BN	69	23°12'	BN	74	28°24'
8°	143.24	BN	17	7°06'	BN	23	8°14'	BN	28	9°30'	BN	35	10°54'	BN	42	12°24'	BN	49	14°48'	BN	56	17°48'	BN	63	20°36'	BN	69	25°12'	BN	74	31°12'
9°	127.32	BN	17	8°06'	BN	23	9°14'	BN	28	10°30'	BN	35	11°54'	BN	42	13°48'	BN	49	16°12'	BN	56	19°36'	BN	63	22°12'	BN	69	27°00'	BN	74	35°00'
10°	114.59	BN	17	9°06'	BN	23	10°14'	BN	28	11°30'	BN	35	12°54'	BN	42	14°48'	BN	49	17°00'	BN	56	20°00'	BN	63	23°00'	BN	69	28°00'	BN	74	38°00'
11°	104.17	BN	17	10°06'	BN	23	11°14'	BN	28	12°30'	BN	35	14°00'	BN	42	15°30'	BN	49	18°00'	BN	56	21°00'	BN	63	24°00'	BN	69	29°00'	BN	74	43°00'
12°	95.49	BN	17	11°06'	BN	23	12°14'	BN	28	13°30'	BN	35	15°00'	BN	42	16°30'	BN	49	19°00'	BN	56	22°00'	BN	63	25°00'	BN	69	30°00'	BN	74	48°00'
13°	88.15	BN	17	12°06'	BN	23	13°14'	BN	28	14°30'	BN	35	16°00'	BN	42	17°30'	BN	49	20°00'	BN	56	23°00'	BN	63	26°00'	BN	69	31°00'	BN	74	53°00'
14°	81.85	BN	17	13°06'	BN	23	14°14'	BN	28	15°30'	BN	35	17°00'	BN	42	18°30'	BN	49	21°00'	BN	56	24°00'	BN	63	27°00'	BN	69	32°00'	BN	74	58°00'
15°	76.39	BN	17	14°06'	BN	23	15°14'	BN	28	16°30'	BN	35	18°00'	BN	42	19°30'	BN	49	22°00'	BN	56	25°00'	BN	63	28°00'	BN	69	33°00'	BN	74	63°00'
16°	71.62	BN	17	15°06'	BN	23	16°14'	BN	28	17°30'	BN	35	19°00'	BN	42	20°30'	BN	49	23°00'	BN	56	26°00'	BN	63	29°00'	BN	69	34°00'	BN	74	68°00'
17°	67.41	BN	17	16°06'	BN	23	17°14'	BN	28	18°30'	BN	35	20°00'	BN	42	21°30'	BN	49	24°00'	BN	56	27°00'	BN	63	30°00'	BN	69	35°00'	BN	74	73°00'
18°	63.66	BN	17	17°06'	BN	23	18°14'	BN	28	19°30'	BN	35	21°00'	BN	42	22°30'	BN	49	25°00'	BN	56	28°00'	BN	63	31°00'	BN	69	36°00'	BN	74	78°00'
19°	60.31	BN	17	18°06'	BN	23	19°14'	BN	28	20°30'	BN	35	22°00'	BN	42	23°30'	BN	49	26°00'	BN	56	29°00'	BN	63	32°00'	BN	69	37°00'	BN	74	83°00'
20°	57.30	BN	17	19°06'	BN	23	20°14'	BN	28	21°30'	BN	35	23°00'	BN	42	24°30'	BN	49	27°00'	BN	56	30°00'	BN	63	33°00'	BN	69	38°00'	BN	74	88°00'
21°	54.57	BN	17	20°06'	BN	23	21°14'	BN	28	22°30'	BN	35	24°00'	BN	42	25°30'	BN	49	28°00'	BN	56	31°00'	BN	63	34°00'	BN	69	39°00'	BN	74	93°00'
22°	52.09	BN	17	21°06'	BN	23	22°14'	BN	28	23°30'	BN	35	25°00'	BN	42	26°30'	BN	49	29°00'	BN	56	32°00'	BN	63	35°00'	BN	69	40°00'	BN	74	98°00'
23°	49.82	BN	17	22°06'	BN	23	23°14'	BN	28	24°30'	BN	35	26°00'	BN	42	27°30'	BN	49	30°00'	BN	56	33°00'	BN	63	36°00'	BN	69	41°00'	BN	74	103°00'
24°	47.75	BN	17	23°06'	BN	23	24°14'	BN	28	25°30'	BN	35	27°00'	BN	42	28°30'	BN	49	31°00'	BN	56	34°00'	BN	63	37°00'	BN	69	42°00'	BN	74	108°00'
25°	45.84	BN	17	24°06'	BN	23	25°14'	BN	28	26°30'	BN	35	28°00'	BN	42	29°30'	BN	49	32°00'	BN	56	35°00'	BN	63	38°00'	BN	69	43°00'	BN	74	113°00'
26°	44.07	BN	17	25°06'	BN	23	26°14'	BN	28	27°30'	BN	35	29°00'	BN	42	30°30'	BN	49	33°00'	BN	56	36°00'	BN	63	39°00'	BN	69	44°00'	BN	74	118°00'
27°	42.44	BN	17	26°06'	BN	23	27°14'	BN	28	28°30'	BN	35	30°00'	BN	42	31°30'	BN	49	34°00'	BN	56	37°00'	BN	63	40°00'	BN	69	45°00'	BN	74	123°00'
28°	40.93	BN	17	27°06'	BN	23	28°14'	BN	28	29°30'	BN	35	31°00'	BN	42	32°30'	BN	49	35°00'	BN	56	38°00'	BN	63	41°00'	BN	69	46°00'	BN	74	128°00'
29°	39.51	BN	17	28°06'	BN	23	29°14'	BN	28	30°30'	BN	35	32°00'	BN	42	33°30'	BN	49	36°00'	BN	56	39°00'	BN	63	42°00'	BN	69	47°00'	BN	74	133°00'
30°	38.20	BN	17	29°06'	BN	23	30°14'	BN	28	31°30'	BN	35	33°00'	BN	42	34°30'	BN	49	37°00'	BN	56	40°00'	BN	63	43°00'	BN	69	48°00'	BN	74	138°00'
31°	36.97	BN	17	30°06'	BN	23	31°14'	BN	28	32°30'	BN	35	34°00'	BN	42	35°30'	BN	49	38°00'	BN	56	41°00'	BN	63	44°00'	BN	69	49°00'	BN	74	143°00'
32°	35.81	BN	17	31°06'	BN	23	32°14'	BN	28	33°30'	BN	35	35°00'	BN	42	36°30'	BN	49	39°00'	BN	56	42°00'	BN	63	45°00'	BN	69	50°00'	BN	74	148°00'
33°	34.73	BN	17	32°06'	BN	23	33°14'	BN	28	34°30'	BN	35	36°00'	BN	42	37°30'	BN	49	40°00'	BN	56	43°00'	BN	63	46°00'	BN	69	51°00'	BN	74	153°00'
34°	33.70	BN	17	33°06'	BN	23	34°14'	BN	28	35°30'	BN	35	37°00'	BN	42	38°30'	BN	49	41°00'	BN	56	44°00'	BN	63	47°00'	BN	69	52°00'	BN	74	158°00'
35°	32.74	BN	17	34°06'	BN	23	35°14'	BN	28	36°30'	BN	35	38°00'	BN	42	39°30'	BN	49	42°00'	BN	56	45°00'	BN	63	48°00'	BN	69	53°00'	BN	74	163°00'
36°	31.83	BN	17	35°06'	BN	23	36°14'	BN	28	37°30'	BN	35	39°00'	BN	42	40°30'	BN	49	43°00'	BN	56	46°00'	BN	63	49°00'	BN	69	54°00'	BN	74	168°00'
37°	30.97	BN	17	36°06'	BN	23	37°14'	BN	28	38°30'	BN	35	40°00'	BN	42	41°30'	BN	49	44°00'	BN	56	47°00'	BN	63	50°00'	BN	69	55°00'	BN	74	173°00'
38°	30.16	BN	17	37°06'	BN	23	38°14'	BN	28	39°30'	BN	35	41°00'	BN	42	42°30'	BN	49	45°00'	BN	56	48°00'	BN	63	51°00'	BN	69	56°00'	BN	74	178°00'

PERALTE RECOMENDADO, MINIMAS LONGITUDES DE TRANSICION Y DELTAS MINIMOS

- 1.- EL PERALTE FUE CALCULADO SEGUN EL METODO "V" RECOMENDADO POR LA MASHO
- 2.- EL PERALTE SE REPARTIRA PROPORCIONALMENTE A LA LONGITUD DE LA ESPIRAL USADA, DEBIENDO SER EL PC O PT EL PUNTO MEDIO DE DICHA ESPIRAL
- 3.- EN LAS CURVAS CON PERALTE CALCULADO MENOR QUE LA PENDIENTE DEL BOMBEO SE RECOMIENDA USAR COMO PERALTE LA PENDIENTE DEL BOMBEO
- 4.- EL PASO DEL BOMBEO AL 0% EN EL PRINCIPIO O FINAL DE LA ESPIRAL (TS O ST) DEBE HACERSE PROPORCIONALMENTE A LA DISTANCIA, SE CALCULA EN BASE AL BOMBEO, EL ANCHO DEL ASFALTO Y LA MITAD DE LA PENDIENTE DE DESARROLLO DEL PERALTE SIN EMBARGO SE RECOMIENDA USAR LAS QUE APARECEN EN ESTE CUADRO QUE SON ALAS CORRESPONDIENTES A UN BOMBEO DE 3%, UN ANCHO ASFALTICO DE 7.20 m. Y LA MITAD DE LAS PENDIENTES INDICADAS.
- 5.- LAS LONGITUDES DE ESPIRAL FUERON CALCULADAS SEGUN LAS PENDIENTES DE DESARROLLO DEL PERALTE INDICADAS ARRIBA Y RECOMENDADAS POR MASHO.
- 6.- LOS MINIMOS VALORES DE LONGITUD DE ESPIRAL SON LOS CORRESPONDIENTES A LAS DISTANCIAS RECORRIDAS EN 2 SEGUNDOS A LA VELOCIDAD DE DISEÑO.
- 7.- VELOCIDAD EN KILOMETROS POR HORA.

Letiscod

Fuente: Dirección General de Caminos de Guatemala.

Tabla XXI. Sobrancho recomendado

ANCHO CALZADA VELOCIDADES	VALORES DE DISEÑO PARA SOBRES-ANCHOS DE PAVIMENTO EN CURVAS PARA CARRETERAS DE DOS VIAS															
	TÍPICA "E" 6.50				TÍPICA "D" 6.00				TÍPICA "C" 6.50				TÍPICA "B" 7.20			
	30	40	50	60	40	50	60	70	40	50	60	70	40	50	60	70
1"	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
2"	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
3"	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
4"	0.60	0.70	0.70	0.60	0.60	0.60	0.60	0.70	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
5"	0.70	0.70	0.80	0.60	0.60	0.60	0.60	0.70	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
6"	0.80	0.80	0.80	0.60	0.60	0.60	0.60	0.70	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
7"	0.80	0.90	1.00	0.70	0.80	0.80	0.90	0.90	0.60	0.60	0.60	0.70	0.60	0.60	0.60	0.60
8"	0.90	1.00	1.00	0.80	0.80	0.80	0.90	0.90	0.60	0.60	0.60	0.70	0.60	0.60	0.60	0.60
9"	0.90	1.00	1.10	0.80	0.80	0.90	1.00	1.00	0.60	0.60	0.60	0.70	0.60	0.60	0.60	0.60
10"	1.00	1.10	1.20	0.90	1.00	1.00	1.10	1.10	0.60	0.60	0.60	0.80	0.60	0.60	0.60	0.60
11"	1.00	1.10	1.20	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	0.70	0.80	0.80	0.80	0.60	0.60	0.60	0.60
12"	1.10	1.20	1.30	1.00	1.10	1.10	1.10	1.10	0.80	0.90	0.90	0.90	0.60	0.60	0.60	0.60
13"	1.10	1.20	1.30	1.00	1.10	1.10	1.10	1.10	0.80	0.90	0.90	0.90	0.60	0.60	0.60	0.60
14"	1.20	1.30	1.40	1.10	1.20	1.20	1.20	1.20	0.90	1.00	1.00	1.00	0.60	0.60	0.60	0.60
15"	1.20	1.40	1.50	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.00	1.10	1.10	1.10	0.60	0.60	0.60	0.60
16"	1.30	1.40	1.50	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.00	1.10	1.10	1.10	0.60	0.60	0.60	0.60
17"	1.30	1.50	1.50	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.10	1.10	1.10	1.10	0.60	0.60	0.60	0.60
18"	1.40	1.50	1.50	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.10	1.10	1.10	1.10	0.60	0.60	0.60	0.60
19"	1.40	1.60	1.60	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.20	1.20	1.20	1.20	0.80	0.80	0.80	0.80
20"	1.50	1.60	1.60	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.20	1.20	1.20	1.20	0.80	0.80	0.80	0.80
21"	1.50	1.70	1.70	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.30	1.30	1.30	1.30	0.90	0.90	0.90	0.90
22"	1.60	1.70	1.70	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.30	1.30	1.30	1.30	0.90	0.90	0.90	0.90
23"	1.60	1.80	1.80	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.40	1.40	1.40	1.40	1.00	1.00	1.00	1.00
24"	1.70	1.80	1.80	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.40	1.40	1.40	1.40	1.00	1.00	1.00	1.00
25"	1.70	1.80	1.80	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.40	1.40	1.40	1.40	1.00	1.00	1.00	1.00
26"	1.80	1.80	1.80	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.40	1.40	1.40	1.40	1.00	1.00	1.00	1.00
27"	1.80	1.80	1.80	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.40	1.40	1.40	1.40	1.00	1.00	1.00	1.00
28"	1.90	1.90	1.90	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.40	1.40	1.40	1.40	1.00	1.00	1.00	1.00
29"	1.90	1.90	1.90	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.40	1.40	1.40	1.40	1.00	1.00	1.00	1.00
30"	2.00	2.00	2.00	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.40	1.40	1.40	1.40	1.00	1.00	1.00	1.00
31"	2.00	2.00	2.00	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.40	1.40	1.40	1.40	1.00	1.00	1.00	1.00
32"	2.10	2.10	2.10	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.40	1.40	1.40	1.40	1.00	1.00	1.00	1.00
33"	2.10	2.10	2.10	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.40	1.40	1.40	1.40	1.00	1.00	1.00	1.00
34"	2.20	2.20	2.20	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.40	1.40	1.40	1.40	1.00	1.00	1.00	1.00
35"	2.20	2.20	2.20	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.40	1.40	1.40	1.40	1.00	1.00	1.00	1.00
36"	2.30	2.30	2.30	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.40	1.40	1.40	1.40	1.00	1.00	1.00	1.00
37"	2.30	2.30	2.30	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.40	1.40	1.40	1.40	1.00	1.00	1.00	1.00
38"	2.40	2.40	2.40	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.40	1.40	1.40	1.40	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: Dirección General de Caminos de Guatemala.

### 3.4.3.8. Ejemplo de diseño de curva

A continuación se presenta el cálculo del alineamiento horizontal de la curva horizontal número 2:

*\* Nota: Debido a que la longitud de curva es relativamente pequeña, para efectos de ejemplo, los estacionamientos se realizan a cada 10 metros, pero lo recomendado y aceptado es a cada 20 metros.*

#### **Valores obtenidos de las tablas de la D. G. C.:**

$$\text{Bombeo} = 3 \% \text{ (La D. G. C. recomienda entre } 2 - 4 \% \text{)}$$

$$\text{Velocidad de diseño} = 30 \text{ km/h}$$

$$\text{Grado de Curvatura} = 12,06^\circ$$

$$\text{Radio} = 95,00 \text{ m}$$

$$Db = 27 \text{ m}$$

$$e = 4,2 \%$$

$$Ls = 19 \text{ m}$$

$$Sa = 1,1 \text{ m}$$

#### **Estaciones:**

$$PC = 0 + 27,87$$

$$PT = 0 + 63,88$$

$$Lc = 36,00 \text{ m}$$

$$EL_{S1} = 0 + (27,87 - 19/2) = 0 + 18,37$$

$$TL_{S1} = 0 + (27,87 + 19/2) = 0 + 37,37$$

$$EL_{S2} = 0 + (63,88 + 19/2) = 0 + 73,38$$

$$TL_{S2} = 0 + (63,88 - 19/2) = 0 + 54,38$$

$$ED_{b2} = 0 + (73,38 + 27) = 0 + 100,38$$

### **Peraltes**

$$e_{:E 0+18.37} = 0,00 \%$$

$$e_{:E 0+20} = \frac{20 - 18,37}{19} * 4,2 = 0,36 \%$$

$$e_{:E 0+27.37} = \frac{20 - 18,37}{19} * 4,2 = 2,10 \%$$

$$e_{:E 0+30} = \frac{30 - 18,37}{19} * 4,2 = 2,571 \%$$

$$e_{:E 0+37.37} = \frac{37,37 - 18,37}{19} * 4,2 = 4,2 \%$$

$$e_{:E 0+40} = 4,2 \%$$

$$e_{:E 0+50} = 4,2 \%$$

$$e_{:E 0+54.38} = \frac{73,38 - 54,38}{19} * 4,2 = 4,2 \%$$

$$e_{:E 0+60} = \frac{73,38 - 60}{19} * 4,2 = 2,958 \%$$

$$e_{:E 0+63.88} = \frac{73,38 - 63,88}{19} * 4,2 = 2,10 \%$$

$$e_{:E 0+70} = \frac{73,38 - 70}{19} * 4,2 = 0,747 \%$$

$$e_{:E 0+73.38} = 0,00 \%$$

### **Sobreanchos:**

$$Sa_{:E 0+18.37} = 0,00$$

$$Sa_{:E 0+20} = \frac{20 - 18,37}{19} * 1,10 = 0,094$$

$$Sa_{:E 0+27.37} = \frac{20 - 18,37}{19} * 1,10 = 0,55$$

$$Sa_{:E 0+30} = \frac{30 - 18,37}{19} * 1,10 = 0,673$$

$$Sa_{:E 0+37.37} = \frac{37.37 - 18,37}{19} * 1,10 = 1,10$$

$$Sa_{:E 0+40} = 1,10$$

$$Sa_{:E 0+50} = 1,10$$

$$Sa_{:E 0+54.38} = \frac{73,38 - 54,38}{19} * 1,10 = 1,10$$

$$Sa_{:E 0+60} = \frac{73,38 - 60}{19} * 1,10 = 0,775$$

$$Sa_{:E 0+63.88} = \frac{73,38 - 63,88}{19} * 1,10 = 0,55$$

$$Sa_{:E 0+70} = \frac{73,38 - 70}{19} * 1,10 = 0,196$$

$$Sa_{:E 0+73.38} = 0,00$$

**Corrimientos:**

$$Y_{:E 0+18.37} = \frac{(18,37 - 18,37)^3 * 12,06}{6\ 896,5517 * 19} = 0,00$$

$$Y_{:E 0+20} = \frac{(20 - 18,37)^3 * 12,06}{6\ 896,5517 * 19} = 0,00040$$

$$Y_{:E 0+27.37} = \frac{(27,37 - 18,37)^3 * 12,06}{6\ 896,5517 * 19} = 0,07892$$

$$Y_{:E 0+30} = \frac{(30 - 18,37)^3 * 12,06}{6\ 896,5517 * 19} = 0,14478$$

$$Y_{:E 0+30} = 95 - \sqrt{\left( (30 - 18,37) - \frac{19}{2} \right)^2 + (95 - 0,14478)^2} = 0,12089$$

$$Y_{:E 0+37.37} = \frac{(37,37 - 18,37)^3 * 12,06}{6\ 896,5517 * 19} = 0,63128$$

$$Y_{:E 0+37.37} = 95 - \sqrt{\left(\left(37,37 - 18,37\right) - \frac{19}{2}\right)^2 + (95 - 0,63128)^2} = 0,15443$$

$$Y_{:E 0+40} = \frac{(40 - 18,37)^3 * 12,06}{6\ 896,5517 * 19} = 0,93129$$

$$Y_{:E 0+40} = 95 - \sqrt{\left(\left(40 - 18,37\right) - \frac{19}{2}\right)^2 + (95 - 0,93129)^2} = 0,15272$$

$$Y_{:E 0+50} = \frac{(73,38 - 50)^3 * 12,06}{6\ 896,5517 * 19} = 1,17624$$

$$Y_{:E 0+50} = 95 - \sqrt{\left(\left(73,38 - 50\right) - \frac{19}{2}\right)^2 + (95 - 1,17624)^2} = 0,15533$$

$$Y_{:E 0+54.38} = \frac{(73,38 - 54,38)^3 * 12,06}{6\ 896,5517 * 19} = 0,63128$$

$$Y_{:E 0+54.38} = 95 - \sqrt{\left(\left(73,38 - 54,38\right) - \frac{19}{2}\right)^2 + (95 - 0,63128)^2} = 0,15443$$

$$Y_{:E 0+60} = \frac{(73,38 - 60)^3 * 12,06}{6\ 896,5517 * 19} = 0,22046$$

$$Y_{:E 0+60} = 95 - \sqrt{\left(\left(73,38 - 60\right) - \frac{19}{2}\right)^2 + (95 - 0,22046)^2} = 0,14112$$

$$Y_{:E 0+63.38} = \frac{(73,38 - 63,38)^3 * 12,06}{6\ 896,5517 * 19} = 0,09204$$

$$Y_{:E 0+63.38} = 95 - \sqrt{\left(\left(73,38 - 63,38\right) - \frac{19}{2}\right)^2 + (95 - 0,09204)^2} = 0,07892$$

$$Y_{:E 0+70} = \frac{(73,38 - 70)^3 * 12,06}{6\ 896,5517 * 19} = 0,00355$$

$$Y_{:E 0+73.38} = \frac{(73,38 - 73,38)^3 * 12,06}{6\ 896,5517 * 19} = 0,00$$

En la tabla XXII se presenta la tabla de resumen de los cálculos anteriores para la curva número 2:

Tabla XXII. **Diseño horizontal de la curva número 2 del camino**

Estación	Caminamiento	Velocidad	e%	Sa	Peralte		Corrimiento
					Interior	Exterior	
	0 + 000,00	Velocidad = 30 km/h Grado de Curvatura = 12°	0,000	0,000	3,000	3,000	0,00000
	0 + 010,00		0,000	0,000	3,000	1,889	0,00000
<b>E Ls1</b>	<b>0 + 018,37</b>		<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>3,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,00000</b>
	0 + 020,00		0,360	0,094	3,000	0,360	0,00040
<b>PC</b>	<b>0 + 027,87</b>		<b>2,100</b>	<b>0,550</b>	<b>3,000</b>	<b>2,100</b>	<b>0,07892</b>
	0 + 030,00		2,571	0,673	3,000	2,571	0,12089
<b>T Ls1</b>	<b>0 + 037,37</b>		<b>4,200</b>	<b>1,100</b>	<b>4,200</b>	<b>4,200</b>	<b>0,15533</b>
	0 + 040,00		4,200	1,100	4,200	4,200	0,15533
	0 + 050,00		4,200	1,100	4,200	4,200	0,15533
<b>T Ls2</b>	<b>0 + 054,38</b>		<b>4,200</b>	<b>1,100</b>	<b>4,200</b>	<b>4,200</b>	<b>0,15533</b>
	0 + 060,00		2,958	0,775	3,000	2,958	0,14112
<b>PT</b>	<b>0 + 063,88</b>		<b>2,100</b>	<b>0,550</b>	<b>3,000</b>	<b>2,100</b>	<b>0,07892</b>
	0 + 070,00		0,747	0,196	3,000	0,747	0,00355
<b>E Ls2</b>	<b>0 + 073,38</b>		<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>3,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,00000</b>
	0 + 080,00		0,000	0,000	3,000	0,736	0,00000
	0 + 100,00		0,000	0,000	3,000	2,958	0,00000
<b>E Db2</b>	<b>0 + 100,38</b>		<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>0,00000</b>

Fuente: elaboración propia.

El procedimiento de cálculo es el mismo para todas las curvas. Sin embargo, debido a que el camino en diseño ya se encuentra trazado y existen viviendas a ambos costados de la vía, algunos de los radios de curvatura no cumplen con los requisitos mínimos establecidos por la DGC (ver tabla XVIII), por lo cual los valores de las curvas de transición no se han podido establecer. Para contrarrestar las consecuencias que esto provoca en la circulación de vehículos, el ancho del camino rural se ha tomado mayor al establecido por la DGC.

En la tabla XXIII se presenta el resumen del diseño de las curvas del tramo a pavimentar en el caserío Nuevo San Carlos:



Tabla XXIII. **Diseño de curvas horizontales**

Curva No.	Grado de Curvatura $\alpha$	Radio de Giro R	Deflexión $\Delta$	Longitud de Curva $L_c$	Sub-tangente $St$	Cuerda Máxima $C_m$	External E	Ordenada Media M	e%	Ls	Sa
1	12	95	21,71	36,00	18,22	35,79	1,73	1,70	4,20	19,00	1,10
2	11	100	11,72	20,45	10,26	20,42	0,53	0,52	3,80	17,00	1,00
3	38	30	30,05	15,74	8,05	15,56	1,06	1,03	9,80	44,00	2,40
4	24	48	66,54	55,51	31,36	52,44	9,37	7,83	7,50	34,00	1,60
5	127	9	47,99	7,54	4,01	7,32	0,85	0,78		NET	
6	127	9	61,42	9,65	5,35	9,19	1,47	1,26		NET	
7	29	40	49,93	34,86	18,62	33,76	4,12	3,74	8,50	38,00	1,90
8	57	20	13,17	4,60	2,31	4,59	0,13	0,13		NET	
9	95	12	36,50	7,64	3,96	7,52	0,64	0,60		NET	
10	78	15	110,03	28,18	20,97	24,04	10,92	6,26		NET	
11	30	38	9,28	6,19	3,10	6,18	0,13	0,13	8,90	40,00	2,00
12	42	27	44,21	21,05	11,08	20,53	2,16	2,01		NET	

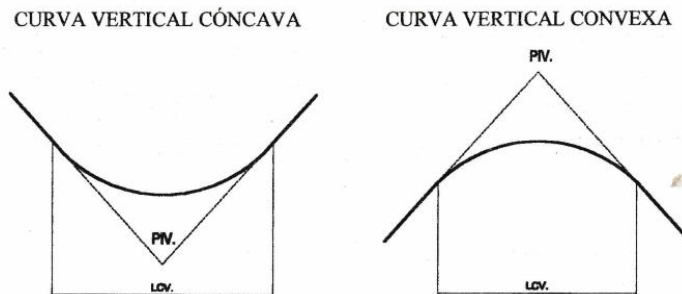
\*NET: No establecido en tablas de la Dirección General de Caminos.

Fuente: elaboración propia.

### 3.4.4. Alineamiento vertical

Las carreteras no sólo están conformadas por curvas horizontales, sino también por curvas verticales. Lo anterior significa que se está trabajando en tres dimensiones, es decir, planimetría y altimetría. En la parte de la altimetría se estudian las curvas verticales, que pueden ser cóncavas o convexas, también existen curvas en ascenso con ambas pendientes positivas (convexas) y curvas en descenso con ambas pendientes negativas (cóncavas) (ver figura 31).

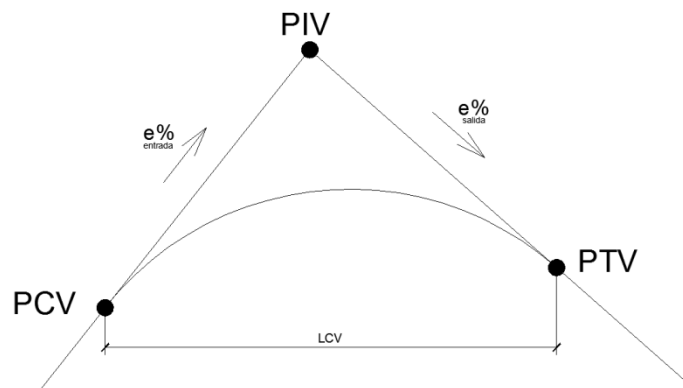
Figura 31. **Curvas verticales**



Fuente: PÉREZ, Augusto René. *Metodología de actividades para el diseño geométrico de carreteras*. P. 53.

La finalidad de las curvas verticales es proporcionar suavidad al cambio de pendiente. Estas curvas pueden ser circulares o parabólicas, aunque la más usada en el país por la Dirección General de Caminos es la parabólica simple, debido a la facilidad de cálculo y a la gran adaptación a las condiciones de terreno. Las especificaciones para curvas verticales dadas por la Dirección General de Caminos están en función de la diferencia algebraica de pendientes y de la velocidad de diseño. En la figura 32 se presentan los elementos de las curvas verticales.

Figura 32. **Elementos de las curvas verticales**



Fuente: elaboración propia, empleando programa AutoCAD 2014.

Donde:

$PCV = Principio de Curva Vertical$

$PTV = Principio de Tangente Vertical$

$PIV = Punto de Intersección Vertical$

$e\% = Pendiente de Entrada o Salida$

$\Delta = e_{salida} - e_{entrada}$

$K = Constante que depende de la velocidad de diseño$

Al momento de diseñar las curvas verticales deben tenerse presentes las longitudes de estas para evitar traslapes entre curvas, dejando también la mejor visibilidad posible a los conductores.

### 3.4.4.1. Longitud de curva vertical

En diseños de carreteras para áreas rurales, se ha normalizado entre los diseñadores usar como longitud mínima de curva vertical la que sea igual a la velocidad de diseño. Sin embargo, según la Dirección General de Caminos de Guatemala, la longitud mínima de curvas verticales para caminos rurales es de dos estaciones de 20 metros, pero se debe tomar en cuenta que los caminos rurales son de un solo carril y la curvatura vertical en cresta está dada en función de la visibilidad, distancia de frenado, etc. La aplicación de normas rígidas para carreteras podría encarecer el costo del camino, por lo que para el proyecto de curvas verticales se debe tener en cuenta la razonable seguridad (ver tabla XXIV).

Tabla XXIV. Longitudes mínimas de curvas verticales

Velocidad de diseño en KPH	Distancia mínima de visibilidad de parada en metros	Concava K	Convexas K
30	30	4	2
40	40	6	4
50	55	9	7
60	70	12	12

Fuente: Dirección General de Caminos de Guatemala. *Especificaciones técnicas para la construcción de caminos rurales en Guatemala*. P. 4.

Existen cuatro criterios que ayudan a determinar la longitud de las curvas verticales:

#### 3.4.4.1.1. Criterio de apariencia

Para curvas verticales con visibilidad completa y cóncavas. Sirve para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente:

$$K = \frac{LCV}{\Delta} \geq 30 ; \Delta = P_s - P_e$$

*Donde:*

*K = Constante que depende de la velocidad*

*LCV = Longitud de Curva Vertical*

*Δ = Diferencia de pendientes*

*Pe = Pendiente de entrada*

*Ps = Pendiente de salida*

#### 3.4.4.1.2. Criterio de comodidad

Para curvas verticales cóncavas en donde la fuerza centrífuga que aparece en el vehículo, al cambiar de dirección, se suma al peso propio del vehículo:

$$K = \frac{LCV}{\Delta} \geq \frac{V^2}{395}$$

*Donde:*

*K = Constante que depende de la velocidad*

*LCV = Longitud de Curva Vertical*

*Δ = Diferencia de pendientes*

*V = Velocidad de diseño*

#### 3.4.4.1.3. Criterio de drenaje

Para curvas verticales convexas y cóncavas, alojadas en corte. Se utiliza para que la pendiente en cualquier punto de la curva sea adecuada para que el agua pueda escurrir fácilmente:

$$K = \frac{LCV}{\Delta} \leq 43$$

*Donde:*

*K = Constante que depende de la velocidad*

*LCV = Longitud de Curva Vertical*

*Δ = Diferencia de pendientes*

#### 3.4.4.1.4. Criterio de seguridad

Es igual a la visibilidad de parada. La longitud de curva debe permitir que a lo largo de ella la distancia de visibilidad sea mayor o igual que la de parada. Se aplica a curvas cóncavas y convexas:

$$LCV = K * \Delta$$

*Donde:*

*K = Constante que depende de la velocidad*

*LCV = Longitud de Curva Vertical*

*Δ = Diferencia de pendiente*

A continuación se presenta el cálculo de la longitud de curva vertical de la curva vertical número 3:

- Seguridad

$$k = 2$$

$$Pe = 2,9 \%$$

$$Ps = -1,1 \%$$

$$\Delta = -1,10 - (+2,90) = -4 \%$$

$$LCV = 2 * 4$$

$$LCV = 8,00 [m]$$

- Apariencia

$$LCV = 8,00$$

$$\Delta = 4 \%$$

$$k = \frac{8}{4} = 2 \leq 30 \quad \text{No Cumple el criterio de apariencia}$$

Al despejar "LCV" de la desigualdad, se encuentra que la longitud de curva tendría que ser:

$$LCV = 30 * 4$$

$$LCV = 120,00 [m]$$

- Comodidad

$$\text{Velocidad de diseño} = 30 [kph]$$

$$\Delta = 4 \%$$

$$\frac{120}{4} \geq \frac{30^2}{395}$$

$$30 \geq 2,28 \quad \text{Sí cumple}$$

- Drenaje

*Velocidad de diseño = 30 [kph]*

$\Delta = 4 \%$

$$\frac{120}{4} \leq 43$$

$30 \leq 43$  *Sí cumple*

Teniendo en cuenta los criterios para el diseño de curvas verticales y la factibilidad de los resultados, se opta por:

$$LCV = 30 [m]$$

#### **3.4.4.2. Pendientes**

En el diseño de subrasante es necesario tomar en cuenta los porcentajes mínimos o máximos de pendientes (ver tabla XVII). Es por esto que se da la siguiente clasificación:

##### **3.4.4.2.1. Pendiente máxima**

Es la mayor pendiente que se puede utilizar en el diseño del proyecto y está determinada por el tránsito previsto y la configuración del terreno. Se empleará cuando convenga desde el punto de vista económico, para salvar ciertos obstáculos locales como: cantiles, fallas y zonas inestables.

### 3.4.4.2.2. Pendiente mínima

Es la menor pendiente que se fija para permitir la funcionalidad de un drenaje. En los tramos en relleno la pendiente puede ser nula, debido a que para drenar la carretera basta con la pendiente transversal de la misma. En los tramos en corte se recomienda una pendiente longitudinal mínima de 0,5 % para garantizar el buen funcionamiento de las cunetas.

Para el presente proyecto se encontró que una de las pendientes es mayor a la establecida en las tablas. Sin embargo, debido a que el tramo a pavimentar ya está definido y existen viviendas con entradas a los costados del mismo, no es posible realizar cortes para llegar a la pendiente máxima admitida. Es importante mencionar que utilizar una pendiente mayor a la establecida no implica que el camino no vaya a ser funcional, ya que se ha comprobado que los vehículos circulan con esta pendiente.

En la tabla XXV se presenta el resumen del diseño de las curvas verticales del tramo de 800 metros lineales:

Tabla XXV. **Diseño de curvas verticales**

Curva No.	Caminamiento PIV	Elevación PIV	Pendiente		$\Delta$ %	Tipo de Curva	Valor K de Visibilidad		LCV Curva de Diseño	Criterios			
			Entrada %	Salida %			Cóncava	Convexa		Seguridad	Apariencia	Comodidad	Drenaje
1	0 + 027,47	639,79	6,4	1,2	-5,2	Convexa	--	2	20	4,00	Es menor	Es mayor	Es menor
2	0 + 086,22	640,5	1,2	2,98	1,78	Convexa	--	2	20	12,00	Es menor	Es mayor	Es menor
3	0 + 141,03	642,12	2,98	-1,1	-4,08	Convexa	--	2	30	8,00	Es menor	Es mayor	Es menor
4	0 + 341,30	639,92	-1,1	9,1	10,2	Cóncava	4	--	50	5,00	Es menor	Es mayor	Es menor
5	0 + 450,00	649,81	9,1	1,1	-8	Convexa	--	2	35	5,00	Es menor	Es mayor	Es menor
6	0 + 540,00	650,8	1,1	7,3	6,2	Cóncava	4	--	30	5,00	Es menor	Es mayor	Es menor
7	0 + 640,23	658,11	7,3	2,3	-5	Convexa	--	2	30	6,00	Es menor	Es mayor	Es menor
8	0 + 740,00	660,41	2,3	4,03	1,73	Cóncava	4	--	30	18,00	Es menor	Es mayor	Es menor

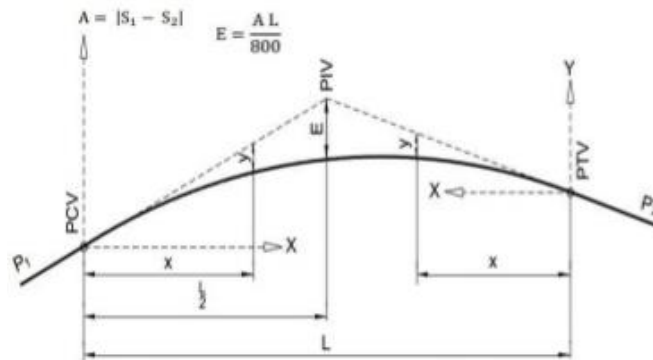
Fuente: elaboración propia.



### 3.4.4.3. Correcciones a curvas verticales

Las curvas verticales son simétricas, si las tangentes medidas del PIV al PCV y del PIV al PTV son de la misma longitud horizontal, a menos que se defina de otro modo. En la figura 33 se presentan los elementos de una curva vertical a tomar en cuenta para realizar las respectivas correcciones.

Figura 33. Elementos de la curva vertical para correcciones



Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones de Perú. *Manual para el diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito*. P. 38.

Donde:

*PIV = Punto de Intersección vertical*

*PCV = Principio de curva vertical*

*PTV = Principio de tangente vertical*

*S1 = Pendiente de entrada*

*S2 = pendiente de salida*

*L = Longitud de curva*

*y = Ordenada vertical en un punto o corrección vertical*

*x = distancia horizontal a cualquier punto desde PC o PT*

*E = Ordenada vertical desde PIV a la curva*

$\Delta =$  *Diferencia de pendientes*

El cálculo se efectúa por medio de las siguientes fórmulas, cuya deducción está basada en las propiedades de la parábola:

$$y = \frac{\Delta}{200L} * x^2$$

*Donde:*

*y = corrección a la elevación en cualquier punto de la curva*

$\Delta =$  *Diferencia de pendientes*

*L = Longitud de curva vertical*

*x = distancia de cualquier punto desde PC o PT*

#### **3.4.4.4. Ejemplo de diseño de curva vertical**

A continuación se presenta el cálculo de las correcciones a la curva vertical No.3:

##### ***Estaciones***

$$PCV = 0 + 126,03$$

$$PIV = 0 + 141,03$$

$$PTV = 0 + 156,03$$

##### ***Datos***

$$LCV = 30,00 \text{ m}$$

$$\text{Elevación PIV} = 642,12 \text{ [m]}$$

$$P_e = 2,90 \%$$

$$P_s = -1,10 \%$$

### **Subrasante**

$$\text{Elevación:}_{E 0+120} = 642,12 - 0,029 * (141,03 - 120) = 641,51$$

$$\text{Elevación:}_{E 0+126,03} = 642,12 - 0,029 * (141,03 - 126,03) = 641,69[\text{PCV}]$$

$$\text{Elevación:}_{E 0+130} = 642,12 - 0,029 * (141,03 - 130) = 641,80$$

$$\text{Elevación:}_{E 0+140} = 642,12 - 0,029 * (141,03 - 140) = 642,09$$

$$\text{Elevación:}_{E 0+150} = 642,12 - 0,011 * (150 - 141,03) = 642,02$$

$$\text{Elevación:}_{E 0+156,03} = 642,12 - 0,011 * (156,03 - 141,03) = 641,96[\text{PTV}]$$

$$\text{Elevación:}_{E 0+160} = 642,12 - 0,011 * (160 - 141,03) = 641,91$$

$$\text{Elevación:}_{E 0+170} = 642,12 - 0,011 * (170 - 141,03) = 641,80$$

$$\text{Elevación:}_{E 0+180} = 642,12 - 0,011 * (180 - 141,03) = 641,69$$

### **Corrección**

$$\Delta = -1,10 - (+2,90) = -4 \%$$

$$Y_{:E 0+130} = \frac{-4 * (130 - 126,03)^2}{200 * (30)} = -0,0105$$

$$Y_{:E 0+140} = \frac{-4 * (140 - 126,03)^2}{200 * (30)} = -0,1301$$

$$Y_{:E 0+141,03} = \frac{-4 * (15)^2}{200 * (30)} = -0,15 [\text{PIV}]$$

$$Y_{:E 0+150} = \frac{-4 * (156,03 - 150)^2}{200 * (30)} = -0,0242$$

El procedimiento de diseño para las demás curvas es el mismo que el anterior. En la tabla XXVI se presenta el resumen del diseño de la curva vertical número 3.

Tabla XXVI. **Resumen de diseño de la curva vertical número 3**

Estación	Caminamiento		Pendiente	Sub-rasante	Corrección	Subrasante Corregida
	0 +	120,00	2,98%	641,49	0,0000	641,49
PCV	0 +	126,03		641,67	0,0000	641,67
	0 +	130,00		641,79	-0,0107	641,78
	0 +	140,00		642,09	-0,1327	641,96
PIV	0 +	141,03		642,12	-0,1530	641,97
	0 +	150,00	-1,1%	642,02	-0,0247	642,00
PTV	0 +	156,03		641,96	0,0000	641,96
	0 +	160,00		641,91	0,0000	641,91
	0 +	170,00		641,80	0,0000	641,80
	0 +	180,00		641,69	0,0000	641,69

Fuente: elaboración propia.

### 3.5. Movimiento de tierras

Se entiende por movimiento de tierras la actividad consistente en el corte, remoción, utilización y/o disposición de los materiales obtenidos de las excavaciones, incluyendo el de préstamo o desperdicio. Comprende también la construcción de terraplenes, conformación, compactación y acabado de todo el trabajo de terracería. El movimiento de tierras se basa en el diseño de la subrasante de la carretera e influye en el costo de la misma. Puede variar de cientos de metros cúbicos en terrenos planos a miles en terrenos montañosos.

Las cotas de proyecto de rasante y subrasante de las carreteras establecen la necesidad de modificar el perfil natural del suelo, siendo necesario en algunos casos rebajar dichas cotas, y en otros casos elevarlas.

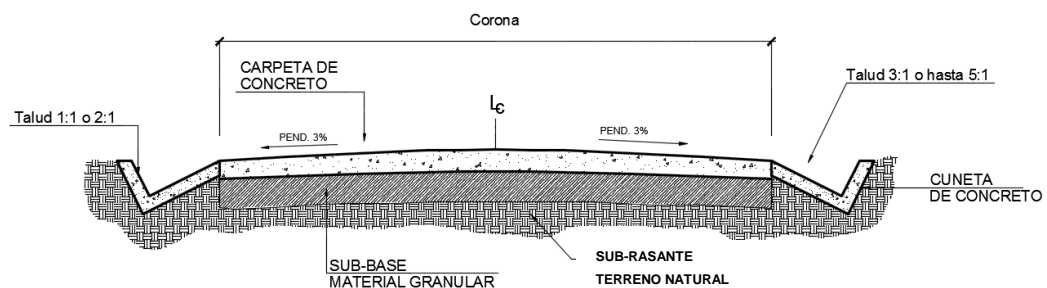
#### 3.5.1. Secciones transversales

La sección transversal de una carretera es la vista frontal (normal) al eje de la carretera. Los elementos de la sección transversal de una carretera

influyen sobre sus características operativas, estéticas y de seguridad. Esos elementos deben ser compatibles con los patrones ya establecidos de velocidad, capacidad, nivel de servicio, estética, seguridad y drenaje superficial.

Los principales elementos de la sección transversal que condicionan esos patrones son: el ancho y número de carriles de circulación; el ancho y características de las bermas; las pendientes transversales de las calzadas (bombeo); el ancho y características de la mediana o camellón (franja divisoria de los carriles de diferente sentido de tránsito); los taludes de cortes y terraplenes; el sobreancho de la calzada en las curvas horizontales, y la visibilidad en las curvas horizontales (ver figura 34).

Figura 34. **Sección transversal propuesta**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

### 3.5.2. Área de secciones transversales

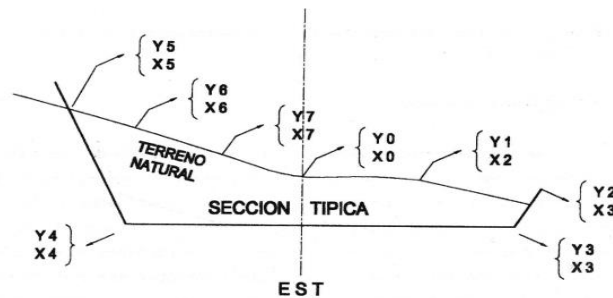
Para fines tanto de diseño como de presupuesto y pago de la obra, es preciso determinar los volúmenes de corte y de relleno. Para lograr lo anterior es necesario calcular el área de las distintas porciones consideradas en el proyecto de la sección de construcción. Dentro de los distintos procedimientos empleados para este fin, los dos siguientes son los más comunes:

- Método gráfico o del planímetro

- Método analítico

En este proyecto se hará uso del método analítico. Con dicho método es posible determinar el área de un polígono situado en un plano cartesiano basado en la fórmula para hallar el área de un triángulo a través de determinantes. Ya que las secciones transversales están ploteadas en programas de dibujo computarizado, se puede determinar las coordenadas relativas de los puntos que permitan el cálculo del área, referidas a la línea central. (Ver figura 35 y tabla XXVII).

Figura 35. **Cálculo de áreas por el método analítico**



Fuente: PÉREZ, Augusto René. *Metodología de actividades para el diseño geométrico de carreteras*. P. 64.

Tabla XXVII. **Cálculo de áreas por el método analítico**

X	Y
X <sub>0</sub>	Y <sub>8</sub>
X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>
X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>
X <sub>3</sub>	Y <sub>3</sub>
X <sub>4</sub>	Y <sub>4</sub>
X <sub>5</sub>	Y <sub>5</sub>
X <sub>6</sub>	Y <sub>6</sub>
X <sub>7</sub>	Y <sub>7</sub>
X <sub>0</sub>	Y <sub>0</sub>
$\Sigma(XY)$	$\Sigma(YX)$

Fuente: PÉREZ, Augusto René. *Metodología de actividades para el diseño geométrico de carreteras*. P. 64.

$$\text{Área} = \frac{\sum XY - \sum YX}{2}$$

Donde:

$X$  = Coordenadas en el eje  $x$

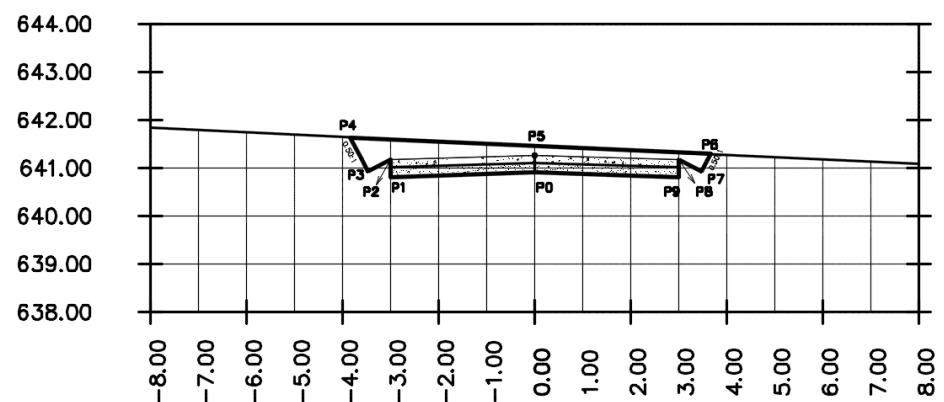
$Y$  = Coordenadas en el eje  $y$

A continuación se presenta el cálculo de área de las secciones ubicadas en las estaciones "0+220".

- Estación 0+220:

Haciendo uso de programas de dibujo computarizado se dibuja la sección transversal de la estación (en su defecto, se puede hacer uso de papel milimetrado y es igualmente efectivo). Las cotas del terreno se pueden omitir, ya que para el cálculo del área se tomarán coordenadas relativas (se centra el origen "0,0" en el punto P0).

Figura 36. **Sección transversal estación 0+220**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2015.

Con el esquema de la sección ya trazado, se procede a determinar las coordenadas de cada uno de los puntos y a realizar la multiplicación en diagonal (ver tabla XXVIII).

Tabla XXVIII. **Coordenadas relativas de la sección 0+220**

Punto	Coordenadas Totales		Diagonal	
	X	Y	X*Y	Y*X
P0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
P1	-3,0000	-0,0900	-0,7800	0,2700
P2	-3,0000	0,2600	-0,0600	-0,9048
P3	-3,4800	0,0200	-2,5508	-0,0767
P4	-3,8360	0,7330	-2,1290	0,0000
P5	0,0000	0,5550	0,0000	2,0330
P6	3,6630	0,3850	0,0733	1,3398
P7	3,4800	0,0200	0,9048	0,0600
P8	3,0000	0,2600	-0,2700	0,7800
P9	3,0000	-0,0900	0,0000	0,0000

Fuente: elaboración propia.

Para hallar el área de la sección, se aplica el método de determinantes:

$$\sum (X * Y) = -4,81$$

$$\sum (Y * X) = 3,50$$

$$\text{Área} = \frac{|-4,81 - 3,50|}{2}$$

$$\text{Área} = 4,16 \text{ m}^2$$

En la tabla XXIX se presentan las áreas para cada estación. Dichas áreas fueron calculadas con el programa AutoCAD Civil 3D. Sin embargo, el método de cálculo utilizado por el programa es el mismo.



Tabla XXIX. Áreas de corte y relleno

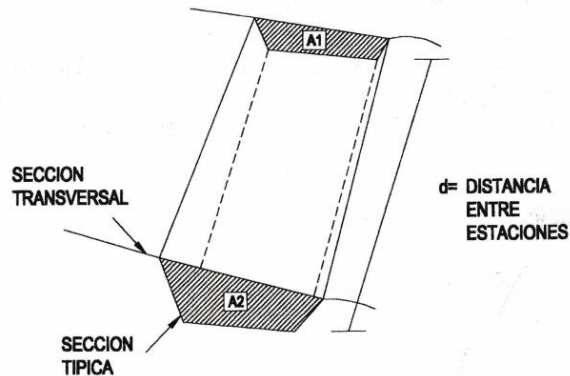
Estación	Área Corte [m <sup>2</sup> ]	Área Relleno [m <sup>2</sup> ]	Estación	Área Corte [m <sup>2</sup> ]	Área Relleno [m <sup>2</sup> ]
0+020.000	2,69	0,00	0+440.000	3,25	0,00
0+030.000	3,15	0,00	0+460.000	2,96	0,00
0+040.000	2,61	0,00	0+480.000	0,96	0,05
0+050.000	2,60	0,00	0+500.000	0,02	0,89
0+060.000	2,48	0,00	0+510.000	0,00	1,45
0+080.000	2,45	0,00	0+520.000	0,01	1,35
0+100.000	0,92	0,18	0+530.000	0,26	0,36
0+120.000	1,57	0,15	0+540.000	1,00	0,04
0+140.000	3,22	0,00	0+560.000	2,92	0,00
0+160.000	3,65	0,00	0+580.000	2,85	0,00
0+180.000	4,69	0,00	0+600.000	1,69	0,00
0+200.000	4,60	0,00	0+620.000	1,64	0,00
0+220.000	4,16	0,00	0+630.000	3,23	0,00
0+240.000	3,72	0,00	0+640.000	3,89	0,00
0+260.000	2,37	0,00	0+660.000	3,50	0,00
0+280.000	0,85	0,24	0+680.000	3,85	0,00
0+300.000	0,05	2,07	0+690.000	3,86	0,00
0+310.000	0,20	0,34	0+700.000	4,09	0,00
0+320.000	0,60	0,20	0+710.000	6,11	0,00
0+340.000	0,00	1,46	0+720.000	5,33	0,00
0+350.000	2,71	0,00	0+750.000	3,01	0,88
0+360.000	5,89	0,00	0+760.000	3,05	0,89
0+380.000	5,91	0,00	0+770.000	3,51	0,57
0+400.000	4,29	0,00	0+780.000	6,53	0,00
0+420.000	3,28	0,00	0+800.000	5,42	0,00

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2015.

### 3.5.3. Volumen de secciones transversales

Obtenidas las áreas de las secciones transversales, se procede al cálculo de la cantidad de tierra (volumen). Para facilitar el procedimiento, es necesario asumir que el camino está formado por una serie de prismoides, tanto en relleno como en corte. El volumen entre dos estaciones es el de un prisma irregular, en el que el área de sus bases es la medida en cada una de las secciones y la altura del prisma es igual a la diferencia de estaciones. Sucede esto cuando en las estaciones consideradas existe solo corte o solo relleno. La forma más rápida de calcular el volumen es con base en el producto de la semisuma de las áreas extremas por la distancia entre estaciones (figura 37).

Figura 37. **Prismoide formado entre secciones transversales iguales**



Fuente: PÉREZ, Augusto René. *Metodología de actividades para el diseño geométrico de carreteras*. P. 65.

$$V = \frac{A_1 + A_2}{2} * d$$

*Donde:*

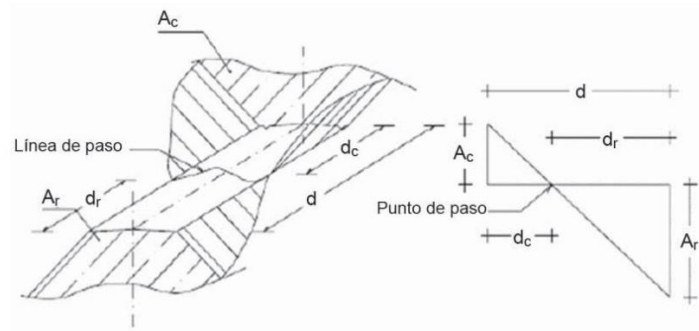
$A_1$  y  $A_2$  = Área de la sección transversal 1 y 2

$d$  = distancia entre ecuaciones

$V$  = Volumen tierra

En ocasiones, en una sección transversal existe área de corte y en la próxima una de relleno o a la inversa (ver figura 38). En estos casos es necesario, antes de calcular los volúmenes, determinar las distancias de paso.

Figura 38. **Figura formada entre secciones transversales diferentes**



Fuente: CASANOVA, Leonardo. *Elementos de geometría*. P. 1-25.

Se asume que la línea de paso es perpendicular al eje. El volumen de corte entre el área de corte “Ac” y el área de la línea de paso, que es cero, y el volumen de relleno entre el área de relleno “Ar” y el área de la línea de paso, se calculan de la siguiente manera:

$$V_c = \frac{A_c + A_R}{2} * d_{pc} \quad ; \quad V_R = \frac{A_c + A_R}{2} * d_{pr}$$

Donde:

$A_c$  y  $A_R$  = Área Corte y Relleno respectivamente

$d_{pc}$  y  $d_{pr}$  = Distancia de paso de corte y relleno respectivamente

$V_c$  y  $V_R$  = Volumen de corte y relleno respectivamente

Los valores de  $d_{pc}$  y  $d_{pr}$  se determinan por medio de relación de triángulos (ver figura 15), de la siguiente manera:

$$d_{pc} = \frac{A_c}{A_c + A_R} * d \quad ; \quad d_{pr} = \frac{A_R}{A_c + A_R} * d$$

Donde:

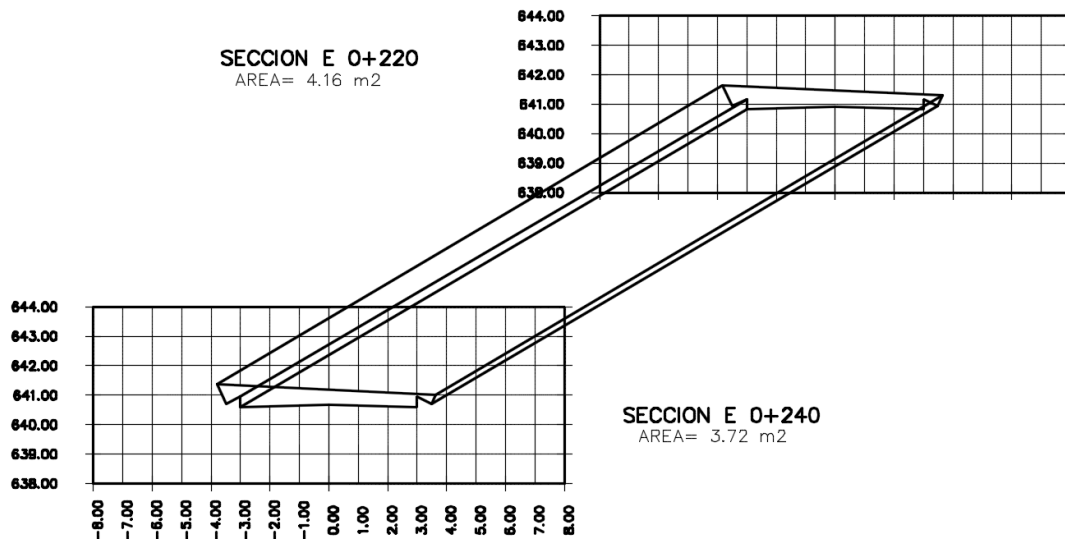
$A_C$  y  $A_R$  = Área Corte y Relleno respectivamente

$d_{pc}$  y  $d_{pr}$  = Distancia de paso de corte y relleno respectivamente

$d$  = distancia entre estaciones (usualmente 20 metros)

A continuación se presenta el cálculo del volumen de tierra entre la Estación 0+220 y Estación 0+240:

Figura 39. Volumen formado entre estaciones



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2015.

$$V = \frac{4,16 + 3,72}{2} * 20$$

$$V = 78,8 \text{ m}^3$$

En la tabla XXX se presentan los volúmenes calculados (se incluyen las columnas de área de corte y relleno para una mejor visualización) para el tramo en diseño. Fueron obtenidos con ayuda del programa de dibujo AutoCAD Civil 3D, el cual se basa en la misma metodología de cálculo.

Tabla XXX. **Áreas y volúmenes de corte y relleno**

Estación	Área Corte [m2]	Volumen Corte [m3]	Área Relleno [m2]	Volumen Relleno [m3]
0+020.000	2,69	0,00	0,00	0,00
0+030.000	3,15	29,27	0,00	0,00
0+040.000	2,61	28,80	0,00	0,00
0+050.000	2,60	26,06	0,00	0,00
0+060.000	2,48	25,41	0,00	0,00
0+080.000	2,45	49,27	0,00	0,00
0+100.000	0,92	33,72	0,18	1,76
0+120.000	1,57	24,91	0,15	3,31
0+140.000	3,22	47,87	0,00	1,55
0+160.000	3,65	68,72	0,00	0,00
0+180.000	4,69	83,46	0,00	0,00
0+200.000	4,60	92,92	0,00	0,00
0+220.000	4,16	87,53	0,00	0,00
0+240.000	3,72	78,73	0,00	0,00
0+260.000	2,37	60,87	0,00	0,07
0+280.000	0,85	32,22	0,24	2,45
0+300.000	0,05	8,97	2,07	23,07
0+310.000	0,20	1,20	0,34	12,30
0+320.000	0,60	3,96	0,20	2,77
0+340.000	0,00	5,98	1,46	16,73
0+350.000	2,71	13,46	0,00	7,43
0+360.000	5,89	43,06	0,00	0,00
0+380.000	5,91	117,98	0,00	0,00
0+400.000	4,29	102,00	0,00	0,00
0+420.000	3,28	75,75	0,00	0,00
0+440.000	3,25	65,36	0,00	0,00
0+460.000	2,96	62,16	0,00	0,00
0+480.000	0,96	39,25	0,05	0,50
0+500.000	0,02	9,76	0,89	9,43
0+510.000	0,00	0,07	1,45	11,84
0+520.000	0,01	0,07	1,35	14,25
0+530.000	0,26	1,30	0,36	8,85
0+540.000	1,00	6,21	0,04	2,15
0+560.000	2,92	39,14	0,00	0,43
0+580.000	2,85	57,70	0,00	0,00
0+600.000	1,69	45,45	0,00	0,03
0+620.000	1,64	33,33	0,00	0,12
0+630.000	3,23	24,28	0,00	0,05
0+640.000	3,89	35,57	0,00	0,00
0+660.000	3,50	73,83	0,00	0,00
0+680.000	3,85	73,69	0,00	0,00
0+690.000	3,86	38,76	0,00	0,00
0+700.000	4,09	40,41	0,00	0,00
0+710.000	6,11	53,11	0,00	0,00
0+720.000	5,33	58,87	0,00	0,00
0+750.000	3,01	124,14	0,88	13,46
0+760.000	3,05	30,33	0,89	8,83
0+770.000	3,51	31,89	0,57	7,72
0+780.000	6,53	48,46	0,00	3,23
0+800.000	5,42	118,10	0,00	0,00

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2015.

### 3.6. Diseño de estructura de pavimento

#### 3.6.1. Subrasante

La subrasante es el nivel del terreno natural sobre el que se asentarán las diferentes capas del pavimento de una carretera. Esta deberá extenderse hasta una profundidad tal que no se vea afectada por las cargas de diseño (desde 25 cms debajo de la superficie de rodadura), correspondiente al tránsito previsto.

La subrasante se proyecta sobre el perfil longitudinal del terreno, a través de aproximaciones. Para un adecuado diseño, el alineamiento vertical debe

combinarse con el horizontal, ya que será esta (subrasante) la que defina el volumen del movimiento de tierras. La economía del proyecto depende de un buen diseño y debe contar con lo siguiente:

- Definir la sección típica de la carretera
- El alineamiento horizontal del tramo
- El perfil longitudinal del mismo
- Las secciones transversales
- Las especificaciones necesarias
- Datos de la clase del terreno
- Haber determinado puntos obligados

Se debe balancear el corte con el relleno en una distancia no mayor de quinientos metros, dejando arriba el corte para facilitar el transporte del mismo.

Según la Sección 301 del *Libro Azul de la Dirección General de Caminos*, los materiales de la subrasante deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- a)** Tamaño máximo de partículas: 10 cm
- b)** Límite líquido menor de 50 %.
- c)** C.B.R 5 % mínimo
- d)** Expansión 5 % máximo
- e)** Compactación 95 % mínimo

Además, los materiales calificados como A-8 son inapropiados para subrasante, debido a que son altamente compresibles teniendo muy baja resistencia. El material que actualmente conforma la carretera se encuentra entre el rango de subrasante regular, que es de 6 % a 10 % (ver tabla XXXI),

teniendo un porcentaje de 10 % en el CBR, según el estudio de suelos realizado. Con este tipo de suelo se evitará tener que estabilizar la subrasante.

Tabla XXXI. **CBR para clasificar subrasante**

Clasificación	CBR <sub>diseño</sub>
S <sub>0</sub> : Subrasante muy pobre	< 3%
S <sub>1</sub> : Subrasante pobre	3% - 5%
S <sub>2</sub> : Subrasante regular	6 - 10%
S <sub>3</sub> : Subrasante buena	11 - 19%
S <sub>4</sub> : Subrasante muy buena	> 20%

Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones de Perú. *Manual para el diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito*. P. 112

Para el acabado de la subrasante es necesario reacondicionarla. Esto consiste en escarificar, homogenizar, uniformizar, conformar y compactar la subrasante de la carretera, efectuando cortes y rellenos no mayores de 20 centímetros de espesor. Esto se hace a lo largo de la carretera, previo a la colocación de la subbase (sección 301 del *Libro Azul de la Dirección General de Caminos de Guatemala*).

### 3.6.2. Subbase

La subbase es una capa de material granular (selecto) que se coloca sobre la subrasante y tiene por objeto:

- Servir de capa de drenaje al pavimento.
- Controlar los cambios de volumen, elasticidad y plasticidad del material de la subrasante.
- Controlar la ascensión capilar del agua, protegiendo así el pavimento.

La subbase puede tener un espesor variable, compactado por tramos y capas, esto depende de las condiciones y características de la subrasante, pero dicho espesor no debe ser menor de 10 cm ni mayor de 70 cm (sección 304 del *Libro Azul de la Dirección General de Caminos de Guatemala*).

Tomando en consideración el T.P.D.C. (Tránsito Promedio Diario de Camiones), para el presente proyecto se ha seleccionado un espesor de 20 cms (6 pulgadas); los criterios para la selección se presentan en la siguiente sección.

### **3.6.3. Carpeta de rodadura**

Existen varios métodos para diseñar la carpeta de rodadura (pavimento rígido) de un camino o carretera. El método seleccionado para este proyecto es el proporcionado por Portland Cement Association de los Estados Unidos, para determinar los espesores de losas que sean apropiados para soportar las cargas de tráfico en las calles, caminos y carreteras de hormigón.

El propósito de diseño es el mismo que para otras estructuras de ingeniería: obtener el espesor mínimo que resultará en el costo anual más bajo, para los costos de inversión inicial y de mantenimiento. Si el espesor es mayor de lo necesario, el pavimento prestará un buen servicio con bajos costos de mantenimiento, pero el costo de inversión será alto. Si el espesor no es el adecuado, los costos prematuros y elevados de mantenimiento e interrupciones en el tráfico sobrepasarán los bajos costos iniciales. Los procedimientos de diseño se aplican a los siguientes tipos de pavimentos de hormigón: simple, simple con pasajuntas, con refuerzo discontinuo y con refuerzo continuo.



Para el presente proyecto se hará uso de un pavimento simple. Los pavimentos simples se construyen sin acero de refuerzo y sin barras pasajuntas en las juntas (*dowels*). La transferencia de cargas es obtenida por una trabazón (*interlock*) de agregados entre las caras agrietadas debajo de las juntas aserradas y formadas. Para que esta transferencia sea efectiva, es necesario que se use un espaciamiento entre juntas.

Después de seleccionar el tipo de pavimento de hormigón, tipo de sub-base y tipo de berma (berma, bordillo o sardinel, cuneta o cuneta y bordillo), el espesor es determinado con base en los cuatro factores siguientes:

- Resistencia del hormigón a la flexión (módulo de rotura MR).
- Resistencia de la subrasante, o subrasante y subbase combinadas (k).
- Los pesos, frecuencias y tipos de cargas axiales de camión que el pavimento soportará.
- Período de diseño, que en este y otros procedimientos usualmente es considerado de 20 años, pudiendo ser más o menos.

Este método es práctico y reduce considerablemente el espesor de las losas para pavimentos de concreto hidráulico, incluso se puede diseñar pavimentos cuando no se tenga disponible laboratorio para estudio de suelos. Para obtener definiciones más específicas de los datos necesarios para el cálculo, se puede referir al *Manual de diseño de espesores para pavimentos de hormigón en carreteras y calles*, de la Portland Cement Association.

#### **3.6.3.1. Datos**

La longitud a pavimentar en este proyecto será de 800 metros, con un ancho de calle de 6 metros. Además, de acuerdo a observaciones efectuadas y

la población aproximada, se determinó que el tránsito promedio diario de camiones es menor a 25, con una carga máxima en eje sencillo de 22 000 lb y 36 000 en eje tándem.

- Módulo de ruptura de concreto  $MR = 600 \text{ lb/plg}^2$  (normalmente es el obtenido para un concreto con  $f'c = 4\,000 \text{ lb/plg}^2$ ).
- Subrasante: limo arenosa color café.
- CBR: 10,97 % (según tabla XIX, es un suelo de calidad regular para subrasante. Sin embargo, por encontrarse su valor CBR en los límites, se asume un suelo de calidad baja, de forma conservadora).
- Espesor de sub-base propuesto: 8 pulg = 20 cms.
- Período de diseño: 20 años.
- Pavimento con cuneta de concreto.

### **3.6.3.2. Categoría de carga**

Con base en el tránsito promedio diario de camiones (TPDC), se clasifican las carreteras según la tabla XXXII. Para un tránsito menor a 25 camiones diarios, este camino rural se clasifica en la categoría 1.

Tabla XXXII. Categorías de carga por eje

Cat. Carga por Eje	Descripción	Tráfico			Cargas por Eje máximas, kips	
		ADT	ADTT		Ejes Simp.	Ejes Tand.
			%	Por día		
1.	Calles, residenciales. Carreteras rurales y secundarias (baja a mediana)	200-800	1-3	hasta 25	22	36
2.	Calles colectoras. Carreteras rurales y secundarias (alta). Calles arteriales y carreteras primarias (baja).	700-5000	5-18	40-1000	26	44
3.	Calles arteriales y carreteras primarias (mediana). Vías - expresa e interestatales urbanos y rurales (baja a mediana)	3000-12000 2 Carr. 3000-50000 4 Carr. o más	8-30	500-50000	30	52
4.	Calles arteriales, carreteras primarias, vías - expresa (alta). Interestatales urbanos y rurales (mediana a alta)	3000-20000 2 Carr. 3000-150000 4 Carr. o más	8-30	1500-8000	34	60

Fuente: Portland Cement Association (PCA). *Manual de diseño de espesores para pavimentos de hormigón en carreteras y calles*. P. 31.

### 3.6.3.3. Clasificación de la subrasante

Con base en el tipo de suelo de la subrasante se determina el valor de “ $k$  = Módulo de reacción de la subrasante [psi/pulg]”, el cual, para este diseño se encuentra entre 75-120. El valor adoptado será de  $k = 100$  PCI (tabla XXXIII).

Tabla XXXIII. Tipos de suelo de subrasante y valores aproximados de “ $k$ ”

Tipo de Suelo	Soporte	Valores $k$ , pci
Suelos de grano fino con prodominio de limos y arcillas.	Bajo	75-120
Arenas y mezclas de arena-gravas, con moderadas cantidades de limos y arcillas	Mediano	130-170
Arenas y mezclas de arena-gravas, relativamente libre de plásticos finos	Alto	180-220
subbases tratadas con cemento	Muy alto	250-400

Fuente: Portland Cement Association (PCA). *Manual de diseño de espesores para pavimentos de hormigón en carreteras y calles*. P. 32.

### 3.6.3.4. Corrección a la subrasante

Debido a que en el diseño del pavimento se consideró un espesor de sub-base, esto mejora la calidad de la subrasante. Por lo anterior, es necesario realizar una modificación al valor de “ $k$ ”.

Se localiza el valor de “ $k_s$ ” en la tabla XXXIV de la siguiente forma: con el valor de “ $k = 100$ ” para sub-bases no tratadas (encontrado en el paso anterior), y con el espesor de sub-base propuesto (8 pulgs = 20 cms), se observa que el valor “ $k_s$ ” corregido es de 153 (interpolando datos). Por lo tanto el valor de soporte de la subrasante será “mediano” (se regresa a la tabla XXXIII y se recalcula).

Tabla XXXIV. Efectos de la subbase no tratada sobre los valores de “ $k$ ”

Valor $k$ de la Subrasante pci	Valor $k$ de la Subbase, pci			
	4 pulg.	6 pulg.	9 pulg.	12 pulg.
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430

Fuente: Portland Cement Association (PCA). *Manual de diseño de espesores para pavimentos de hormigón en carreteras y calles*. P. 5.

### 3.6.3.5. Espesor de pavimento

Se procede a determinar el espesor de losa de la tabla XXXV (en este paso, el manual de la PCA proporciona una tabla distinta por categoría de carretera y tipo de pavimento) para un módulo de ruptura de  $600 \text{ lb/pulg}^2$ , sin berma de concreto (cunetas), soporte de subrasante mediano y un TPDC menor a 25. El valor del espesor de losa determinado es de 6 pulgadas.

Tabla XXXV. TPDC permisible, categoría 1 de carga por eje. Pavimentos simples

Sin Berna de Concreto o Sardinell				Con Berna de Concreto o Sardinell				
Espesor de losa (pulg.)	Soporte de Subrasante - subbase			Espesor de losa (pulg.)	Soporte de Subrasante - subbase			
	Bajo	Mediano	Alto		Bajo	Mediano	Alto	
MIR = 650 PSI	4.5			4	0.2	0.9		
			0.1	4.5	2	8		
	5	0.1	0.8	3	5	30	130	330
	5.5	3	15	45	5.5	320		
	6	40	160	430				
6.5	330							
MIR = 600 PSI	5		0.1	0.4	4		0.1	
	5.5	0.5	3	9	4.5	0.2	1	5
	6	8	36	98	5	6	27	75
	6.5	76	300	760	5.5	73	290	730
	7	520			6	610		
MIR = 550 PSI	5.5	0.1	0.3	1	4.5	0.2	0.6	
	6	1	6	18	5	0.8	4	13
	6.5	13	60	160	5.5	13	57	150
	7	110	400		6	130	480	
	7.5	620						

Fuente: Portland Cement Association (PCA). *Manual de diseño de espesores para pavimentos de hormigón en carreteras y calles*. P. 34.

### 3.7. Drenajes

El drenaje superficial tiene como finalidad conducir las aguas fuera de la vía de la carretera para evitar el impacto negativo de las mismas (aguas) sobre su estabilidad, durabilidad y transitabilidad. Esto se logra con ayuda del bombeo, peralte de curvas y pendiente longitudinal del tramo analizado. El apropiado drenaje es esencial para impedir la destrucción total o parcial de una carretera y reducir los impactos indeseables al ambiente debido a la modificación de la escorrentía a lo largo de este.

### 3.7.1. Método racional

El cálculo de los caudales de diseño se realiza por medio del método racional. Los pasos para determinar el caudal de diseño (caudal de diseño es el que se espera circule por la sección triangular en el caso de las cunetas y el caudal que circulará por la sección circular en el caso de los drenajes transversales) haciendo uso del mismo son los siguientes:

#### 3.7.1.1. Intensidad de lluvia

El espesor de la lámina de agua caída por unidad de tiempo es llamado intensidad de lluvia, suponiendo que el agua permanece en el sitio donde cayó. La unidad de medida es [mm/hora], en donde 1 mm de precipitación equivale a 1 litro de agua en un metro cuadrado. Existen dos formas de obtener la intensidad de lluvia de una región:

- Utilizar las curvas IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia). En estas gráficas se presenta la intensidad vs el tiempo de concentración.
- Ecuaciones obtenidas de las curvas IDF. Un modelo general es el siguiente (aunque existen otros):

$$I = \frac{A}{(t + B)^n}$$

*Donde:*

*I = Intensidad de lluvia [mm/hr]*

*t = tiempo de concentración [minutos]*

*A, B y n = parámetros de corrección*

Los parámetros de corrección “A”, “B” y “n” van a variar dependiendo del lugar que se estudie, de los datos proporcionados por las estaciones meteorológicas y de la forma de cálculo. En caso de no existir datos para el cálculo del tiempo de concentración, para carreteras se recomienda usar un tiempo de concentración comprendido entre 5 y 20 minutos. La intensidad de lluvia es inversamente proporcional al tiempo de concentración. Un tiempo de concentración grande significa una intensidad de lluvia pequeña, y un tiempo de concentración pequeño significa una intensidad de lluvia mayor.

#### **3.7.1.2. Área de la cuenca**

Corresponde al área sobre la cual se encuentra el agua que será evacuada por el cauce (o en este caso, los drenajes). Normalmente se toma como el producto de la longitud por el ancho más taludes del tramo analizado.

#### **3.7.1.3. Coeficiente de escorrentía**

Debido a que, cuando llueve, un porcentaje de agua se evapora, infiltra o es absorbido por el suelo, el coeficiente de escorrentía que se toma en consideración para los cálculos hidráulicos es un porcentaje del agua total llovida.

El valor de este coeficiente depende del tipo de superficie que se esté analizando y la pendiente de la misma. Mientras más permeable sea la superficie, mayor será el valor del coeficiente de escorrentía. En la tabla XXXVI se presentan los valores para el coeficiente de escorrentía.

Tabla XXXVI. **Coefficiente de escorrentía**

Topografía y vegetación	Textura del suelo		
	Tierra franca arenosa	Arcilla y limo	Arcilla compacta
<b>Bosques</b>			
Llano, 0-5% pendiente	0.10	0.30	0.40
Ondulado 5-10% pendiente	0.25	0.35	0.50
Montañoso, 10-30% pendiente	0.30	0.50	0.60
<b>Pastizales</b>			
Llanos	0.10	0.30	0.40
Ondulados	0.16	0.36	0.55
Montañosos	0.22	0.42	0.60
<b>Tierras cultivadas</b>			
Llanas	0.30	0.50	0.60
Onduladas	0.40	0.60	0.70
Montañosas	0.52	0.72	0.82
<b>Zonas urbanas</b>	30% de la superficie impermeable	50% de la superficie impermeable	70% de la superficie impermeable
Llanas	0.40	0.55	0.65
Onduladas	0.50	0.65	0.80

Fuente: National Engineering Handbook. *Sección 4, Hidrología*. P.34.

#### 3.7.1.4. Caudal de diseño

En este método se asume que el caudal máximo para un punto dado se alcanza cuando el área tributaria está contribuyendo con escorrentía superficial durante un período de precipitación máxima.

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

Donde:

$Q =$  Caudal de diseño [ $m^3/seg$ ]

$I =$  Intensidad de lluvia [ $mm/hr$ ]

$A =$  área de la cuenca [ $hectáreas$ ]

$C =$  coeficiente de escorrentía

Para lograr alcanzar ese caudal máximo, la tormenta máxima debe prolongarse durante un período igual o mayor que el que necesita la gota de



agua que se precipitó en el punto más lejano, para llegar hasta el punto considerado (tiempo de concentración).

### 3.7.1.5. Área de la sección

Con el caudal calculado, se propone una sección (triangular para cunetas y circular para transversales), y se evalúa si puede evacuar el caudal de diseño sin ningún problema. Para el cálculo de la sección se hace uso de la fórmula de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} * R_h^{2/3} * S^{1/2} * A$$

*Donde:*

$Q = \text{Caudal [m}^3/\text{seg]}$

$n = \text{Coeficiente de rugosidad}$

$S = \text{pendiente del terreno}$

$A = \text{Área de la sección}$

$R_h = \text{Radio Hidráulico}$

El radio hidráulico es un parámetro importante en el dimensionado de canales, tubos y otros componentes de las obras hidráulicas. Generalmente es representado por la letra R y expresado como:

$$R_h = \frac{A_m}{P_m}$$

*Donde:*

$A_m = \text{Área mojada}$

$P_m = \text{Perímetro mojado}$

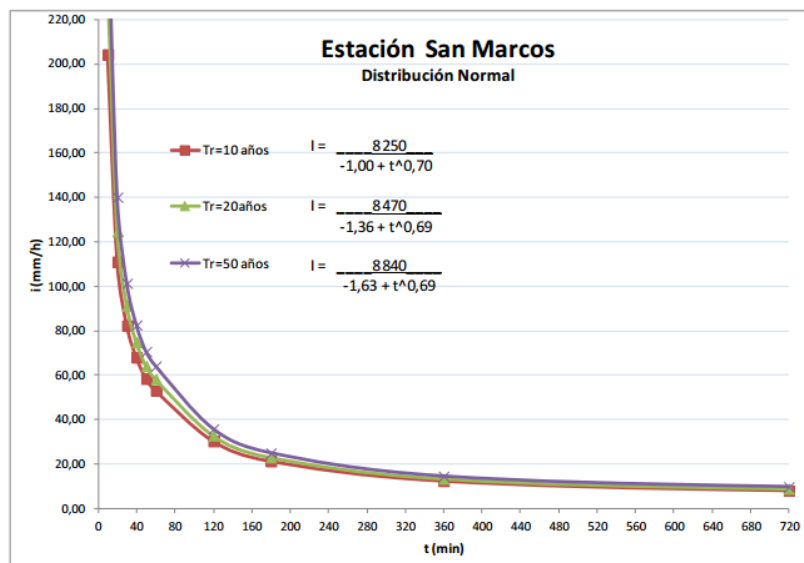
### 3.7.2. Drenaje longitudinal

Son canales que se adosan a lo largo de la corona de la vía y paralelamente al eje longitudinal de la misma. Su objetivo es recibir el agua superficial del talud y de la superficie de rodamiento. Estos canales son comúnmente conocidos como cunetas (en Guatemala). Siguiendo los pasos presentados en el apartado anterior, se realiza el diseño de la cuneta:

- Intensidad de lluvia

Para el área de San Marcos se hará uso de la figura 40:

Figura 40. Intensidad de lluvia para el departamento de San Marcos



Fuente: COJULÚN, Ricardo. *Comparación del modelo INSIVUMEH contra el modelo Wenzel para la elaboración de curvas IDF en los departamentos de San Marcos, Quetzaltenango, Sololá y Retalhuleu*. P. 79.

De la gráfica se puede observar que para un tiempo de concentración  $t = 12$  min la intensidad aproximada es de:

$$I = 129 \text{ [mm/h]}$$

- Área de la cuenca

Para el cálculo del área se toman en cuenta los siguientes datos:

$$\text{Área carretera} = 805 \text{ m} * 6 \text{ m} = 4830 \text{ m}^2 = 0,483[\text{Ha}]$$

$$\text{Área de la cuenca} = 1,30 [\text{Ha}]$$

El área de la cuenca se obtiene a través de la divisoria de aguas de la cuenca y el programa de dibujo AutoCAD. Debido a que el agua se evacúa a través de dos cunetas (una a cada lado de la vía), el área tributaria encontrada se divide dentro de 2.

- Coeficiente de escorrentía

De la tabla XXXVI se tiene que:

$$C = 0,35 \text{ (terreno ondulado y suelo limo – arenoso)}$$

- Caudal de diseño:

$$I = 129 \text{ [mm/h]}$$

$$C = 0,35$$

$$A = 1,3 [\text{Ha}]$$

$$Q = \frac{CIA}{360} = \frac{0,35 * 129 * 1,3}{360} = 0,163 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$Q_{\text{diseño}} = \frac{0,163}{2} = 0,082 \text{ m}^3/\text{seg}$$

- Sección propuesta:

*Base = 60 cms*

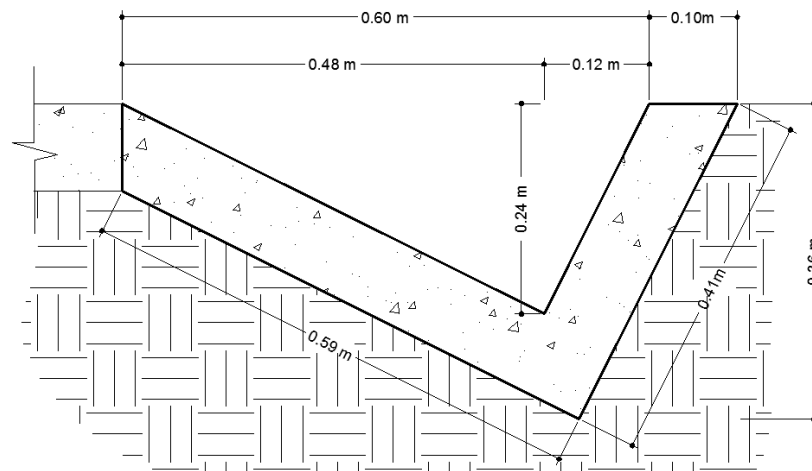
*Altura = 24 cms*

*n = 0,015*

*s = 1,10 % (la menor pendiente del terreno)*

*Lleno al 80 %*

**Figura 41. Sección de cuneta longitudinal**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

$$\text{Área} = \frac{1}{2} * 0,60 * 0,24 = 0,072 \text{ m}^2$$

Con la fórmula de Manning se tiene:

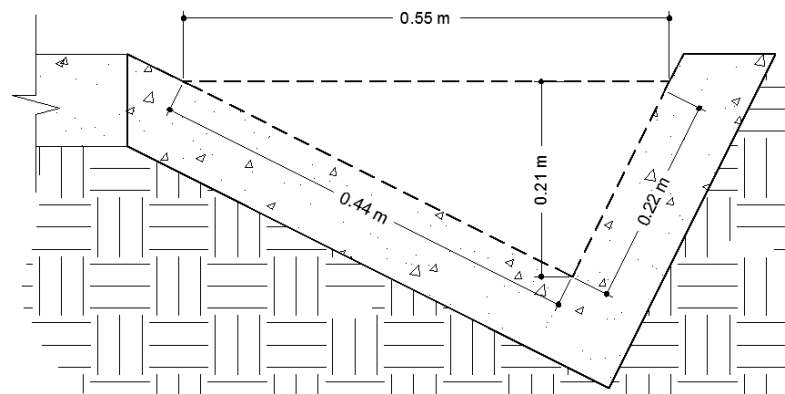
$$\text{Área}_{80\%} = 0,072 * 0,80 = 0,058 \text{ m}^2$$

$$A_{mojada} = 0,058 \text{ m}^2$$

$$tirante = \frac{2A}{Base} = \frac{2 * 0,058}{0,55} = 0,21 \text{ metros}$$

$$P_{mojado} = 0,44 + 0,22 = 0,66 \text{ m}$$

Figura 42. **Sección de cuneta longitudinal con sección al 80 %**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

$$R_h = \frac{0,058}{0,66} = 0,08787 \text{ m}$$

$$Q = \frac{1}{0,015} * 0,08787^{2/3} * 0,011^{1/2} * 0,058$$

$$Q = 0,090 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Con esto se comprueba que la sección propuesta de la cuneta es capaz de evacuar un caudal mayor al caudal de diseño.

### 3.7.3. Drenaje transversal

El objetivo del drenaje transversal es dar paso rápido al agua que no pueda desviarse de otra forma y tenga que cruzar de un lado a otro del camino. Existe una gran gama de estructuras de drenaje y alcantarilla apropiadas para cruzar drenajes naturales y drenar las superficies de caminos y cunetas, incluyen tubos redondos y ovalados, alcantarillas de caja, arcos de bóveda y otros.

La ubicación de las alcantarillas dependerá de factores como la topografía, cuenca hidrológica y áreas de descarga. La sección 601 del *Libro Azul de la Dirección General de Caminos* especifica que se deben localizar según los planos constructivos. Sin embargo, es recomendable construirlas a cada 200 metros como máximo, y necesariamente en las curvas verticales cóncavas, utilizando tubería de metal corrugado de 30" de diámetro como mínimo. El procedimiento de cálculo es el mismo que para las cunetas, variando ciertos datos:

*Datos:*

$$I = 129 \text{ [mm/h]}$$

$$C = 0,35$$

$$A = 0,65 \text{ [Ha]}$$

$$Q = 0,041 \frac{m^3}{seg}$$

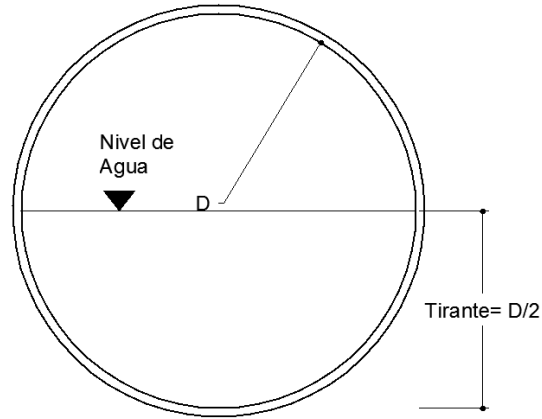
$$S = 2 \% \text{ (mínima para transversales)}$$

$$n = 0,029$$

*Sección Circular*

$$\text{Tirante máximo} = 50 \% \text{ del diámetro}$$

Figura 43. **Sección de tubo transversal con sección al 50 %**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Para una sección circular con tirante máximo igual a la mitad del diámetro se tiene que:

$$A_m = \frac{\pi D^2}{8}$$

$$P_m = \frac{\pi D}{2}$$

$$R_h = \frac{\pi * D^2}{8 * (\pi D / 2)} = \frac{D}{4}$$

Aplicando la ecuación de Manning, se encuentra que un diámetro de 0,76 metros (30", con capacidad al 50 %) es capaz de conducir un caudal de:

$$Q = 0.366 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Con esto se comprueba que el diámetro mínimo de 30" es capaz de evacuar el caudal de diseño sin ningún problema.

### 3.8. Presupuesto

Para elaborar el presupuesto se realizó una cuantificación y cotización de materiales según planos finales. Los precios de mano de obra y materiales fueron basados en precios, salarios de trabajo y una cotización, esta última realizada en el municipio de San Pablo, San Marcos, y la mano de obra según el salario mínimo establecido por el Ministerio de Trabajo al año 2017 (Q. 2 643,21) y precios locales. Los renglones unitarios se encuentran en el apéndice E.

Tabla XXXVII. Presupuesto integrado

Código	RENGLONES DE TRABAJO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUB-TOTAL	TOTAL
1	PRELIMINARES					Q7 293,25
1,1	LIMPIEZA, CHAPEO Y DESTRONQUE	Ha	0,48	Q10 004,20	Q4 832,03	
1,2	TRAZO, REPLANTEO Y ESTAQUEADO	Km	0,81	Q3 057,42	Q2 461,22	
2	EXCAVACIÓN					Q114 086,46
2,1	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA	M3	168,30	Q63,17	Q10 631,74	
2,2	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA DE DESPERDICIO	M3	2 085,70	Q48,99	Q102 178,30	
2,3	EXCAVACIÓN ESTRUCTURAL DE ALCANTARILLA	M3	32,40	Q39,40	Q1 276,42	
3	RELLENO					Q5 113,19
3,1	RELLENO ESTRUCTURAL DE ALCANTARILLA	M3	21,80	Q234,58	Q5 113,19	
4	SUB-RASANTE Y SUB-BASE					Q219 270,95
4,1	REACONDICIONAMIENTO DE LA SUBRASANTE	M2	4 830,00	Q14,29	Q69 042,90	
4,2	SUB-BASE	M3	740,60	Q202,85	Q150 228,05	
5	CARPETA DE RODADURA					Q1 307 740,13
5,1	CAPA DE CONCRETO (e=15 cms)	M2	3 703,00	Q353,16	Q1 307 740,13	
6	ESTRUCTURAS DE DRENAJE					Q333 018,17
6,1	DRENAJES TRANSVERSALES	ML	29,00	Q1 658,19	Q48 087,59	
6,2	CABEZALES (3 UNIDADES)	M3	12,96	Q2 120,20	Q27 477,76	
6,3	REVESTIMIENTO DE CUNETAS	M2	1 610,00	Q159,91	Q257 452,82	
7	LIMPIEZA FINAL					Q1 216,26
7,1	LIMPIEZA FINAL	GLOBAL	1,00	Q1 216,26	Q1 216,26	

**MONTO TOTAL = Q1 987 738,41**

Fuente: elaboración propia.



### 3.9. Cronograma de ejecución física y financiera

El cronograma se hace con el objetivo de llevar un control detallado del trabajo que ha sido realizado hasta determinada fecha o que se espera sea realizado. Igualmente, se puede verificar cómo ha sido manejado el presupuesto de inversión.

Tabla XXXVIII. Cronograma de inversión y ejecución

No.	DESCRIPCION	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5
1	PRELIMINARES	■				
2	EXCAVACIÓN	■	■	■		
3	RELLENO		■	■	■	
4	SUB-RASANTE Y SUB-BASE		■	■	■	■
5	CARPETA DE RODADURA			■	■	■
6	ESTRUCTURAS DE DRENAJE		■	■	■	■
7	LIMPIEZA FINAL					■
	<i>INVERSION MENSUAL EN (Q)</i>	Q100 140,19	Q444 750,62	Q580 749,14	Q480 738,79	Q381 359,66
	<i>INVERSION MENSUAL ACUMULADA EN (Q)</i>	Q100 140,19	Q544 890,81	Q1 125 639,95	Q1 606 378,75	Q1 987 738,41
	<i>INVERSION MENSUAL EN (%)</i>	5,04 %	22,37 %	29,22 %	24,19 %	19,19 %
	<i>INVERSION MENSUAL ACUMULADA EN (%)</i>	5,04 %	27,41 %	56,63 %	80,82 %	100 %

Fuente: elaboración propia.

### 3.10. Evaluación de impacto ambiental

En los proyectos existen diferentes fases de ejecución, donde cada una tiene los respectivos impactos ambientales desfavorables, por lo cual debe considerarse el establecimiento de políticas y estrategias ambientales, la utilización adicional de equipo, si el caso así lo amerita, sistemas, acciones, y cualquier otro tipo de medidas encaminadas a contrarrestar o minimizar los impactos adversos propios del proyecto, dando prioridad a aquellos particularmente significativos.

Para un proyecto de carreteras se pueden utilizar diversas medidas de mitigación que van desde obras de infraestructura, plantaciones, u otras obras

sencillas construidas con materiales propios del lugar. Las medidas de mitigación recomendadas son:

- No realizar la quema de material vegetal por ningún motivo, por efectos de combustión sobre la atmósfera; el suelo, que pierde humedad; y la flora, fauna, microflora y microfauna, que se ven afectadas en la alteración de su ciclo biológico, destrucción del hábitat, contaminación de suelos y ríos, por partículas que lleva el agua de lluvia o el viento.
- La remoción del material vegetal debe seleccionarse, para no perjudicar especies decorativas de la región o escasez relativa de la misma.

Medidas de mitigación para construcción son:

- Todo el material de corte del terreno se deberá depositar en sitios ubicados a más de 100 mts de un cuerpo de agua superficial (Acuerdo Gubernativo No. 111-2005). En caso que se deposite en sitios donde esté expuesto nuevamente a erosión, se recomienda la construcción de obras complementarias como taludes y/o gaviones de piedra sostenidos con malla de alambre, para que desempeñen la función de muro de retención y que establezcan especies vegetales locales o gramíneas sobre el suelo depositado.
- La manipulación del suelo deberá ser con los contenidos adecuados de humedad, a fin de no contaminar la atmósfera con partículas sólidas que podrían causar problemas de salud a la población asentada en el área, usuarios de la carretera durante la construcción y los propios trabajadores del proyecto.

- La construcción de estructuras de drenaje transversales es importante, debido a que el tipo de terreno, o parte de la subcuenca, drena el agua de lluvia hacia la carretera, dando lugar al arrastre de material fino hacia la superficie de rodadura.
- En la salida de la tubería se recomienda construir disipadores y/o zampeados de piedra ligados con mortero de cemento o disipadores con gramíneas, muros de piedra, bambú o cualquier material propio de lugar, ayudando con esto a la protección de la tubería y a evitar la formación de cárcavas si la pendiente del terreno es fuerte.

Medidas de mitigación para operación y mantenimiento:

- Debe considerarse la habilitación de sitios para emergencias, destinados a la reparación de vehículos con desperfectos mecánicos o para algún otro tipo de situaciones.
- El proceso de erosión regulado mediante la conservación de la cubierta vegetal existente, estableciendo nuevas plantas o vegetación en lugares escasos o desprovistos de los mismos.
- Es necesario que la proporción de cortes de los taludes sea la adecuada de acuerdo a la altura, no excediéndose en la misma. Cuando el suelo tenga problemas de estabilidad o se presente dificultad para lograr el ángulo de corte indicado, se puede conseguir mediante el establecimiento de plantas y la aplicación de cemento inyectado. Se recomienda, cuando los taludes sean mayores de 4 metros, hacer terrazas provistas de cubierta vegetal.



## CONCLUSIONES

1. El sistema de agua potable para los caseríos Santo Domingo II y El Naranjal elevará la calidad de vida de los pobladores y, con el apropiado tratamiento a lo largo del período de diseño, evitará enfermedades de tipo gastrointestinal.
2. Para un volumen de  $150 \text{ m}^3$ , el tanque de concreto armado presenta una mayor resistencia de cargas, mayor período de vida útil y menor costo de construcción y de mantenimiento sobre el tanque de mampostería.
3. La cantidad de agua obtenida en época de estiaje de las fuentes es mayor a la requerida para el diseño del sistema de agua potable, por lo que, con el cuidado adecuado de las fuentes, el sistema será eficiente a lo largo del período de diseño.
4. El agua obtenida de las fuentes deberá recibir el tratamiento adecuado de cloración según lo indicado en los resultados de laboratorio para ser considerada como apta para consumo humano.
5. El pavimento del camino rural en el caserío Nuevo San Carlos beneficiará directamente a los pobladores de dicha comunidad, e indirectamente a los habitantes de regiones al norte, pues es una vía principal en la comunicación de los poblados con la cabecera municipal.



## RECOMENDACIONES

1. Organizar talleres con los pobladores sobre el cuidado y adecuado uso tanto del agua como de las fuentes, para garantizar agua en cantidad y calidad durante el período de vida útil.
2. Realizar un mantenimiento periódico de las tuberías, cajas de válvulas, llaves y tanque de distribución para garantizar el óptimo funcionamiento del sistema.
3. Revisar periódicamente el sistema de desinfección del agua, verificando la cantidad correcta de cloro en el tanque y en el punto más lejano de la red según las normas establecidas.
4. Garantizar la supervisión técnica en la construcción de ambos proyectos para, de esta manera, asegurar que los lineamientos sean cumplidos en tiempo y calidad.
5. Proteger el área perimetral tanto de las fuentes como del tanque de distribución para evitar contaminación de cualquier tipo.
6. Contratar mano de obra local para la realización de los proyectos en ambos caseríos, como apoyo al desarrollo de los vecinos.
7. Proveer un mantenimiento constante a la carretera y a cada uno de sus componentes, para garantizar tanto su correcto funcionamiento como su vida útil.





## BIBLIOGRAFÍA

1. American Concrete Association. *Requisitos de reglamento para concreto estructural y comentario (ACI 318S-05)*. 2005. 495 p.
2. BOWLES, Joseph E. *Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil*. México. McGraw Hill. 1991. 249 p.
3. CABRERA, Jadenón Vinicio. *Guía teórica y práctica para el curso de cimentaciones I*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1994. 155 p.
4. CÁRDENAS GRISALES, James. *Diseño geométrico de carreteras*. Bogotá: Litotécnica, 2007. 68 p.
5. COJULÚN, Ricardo. *Comparación del modelo INSIVUMEH contra el modelo Wenzel para la elaboración de curvas IDF en los departamentos de San Marcos, Quetzaltenango, Sololá y Retalhuleu*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2013. 89 p.
6. Dirección General de Caminos de Guatemala. *Especificaciones técnicas para la construcción de caminos rurales en Guatemala*. 81 p.

7. HERNÁNDEZ, Carlos. *Características físicas y propiedades mecánicas de los suelos y sus métodos de medición*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2008. 441 p.
8. Instituto de Fomento Municipal. *Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano*. Guatemala: INFOM, 2001. 64 p.
9. Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda; Dirección General de Caminos. *Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes*. Guatemala: 2001. 690 p.
10. Ministerio de Transporte y Comunicaciones de Perú. *Manual para el diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito*. 355 p.
11. PÉREZ, Augusto René. *Metodología de actividades para el diseño geométrico de carreteras*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1989. 91 p.
12. Portland Cement Association (PCA). *Manual de diseño de espesores para pavimentos de hormigón en carreteras y calles*. 65 p.

## **APÉNDICES**

**Apéndice 1.      Diseño hidráulico del sistema de abastecimiento de  
agua potable caseríos Santo Domingo II y El Naranjal, municipio de  
San Pablo, San Marcos**

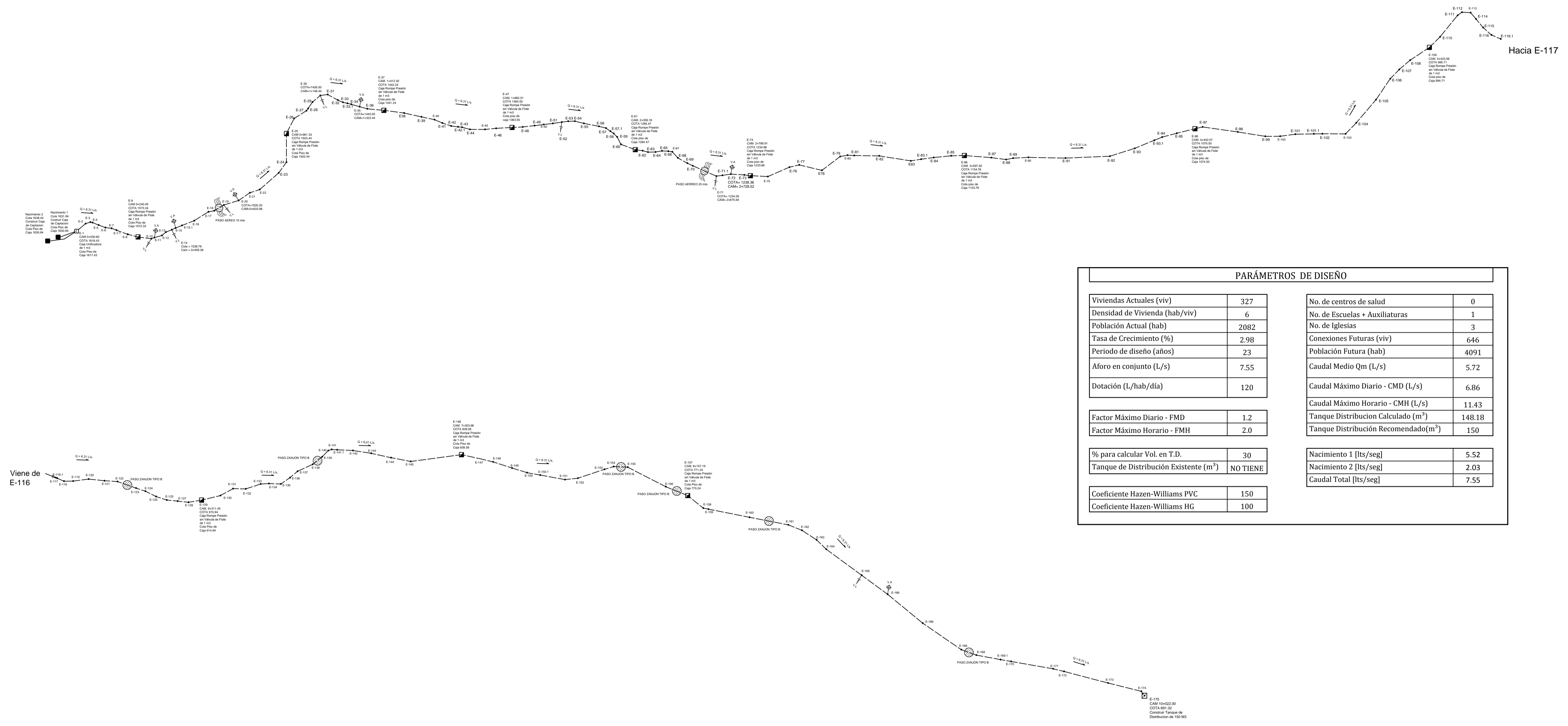
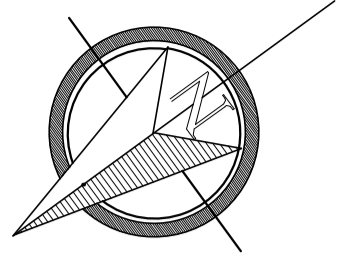
Fuente: elaboración propia, empleando Excel.



**Apéndice 2. Planos constructivos de sistema de abastecimiento de agua potable para caseríos Santo Domingo II y El Naranjal, municipio de San Pablo, San Marcos**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.



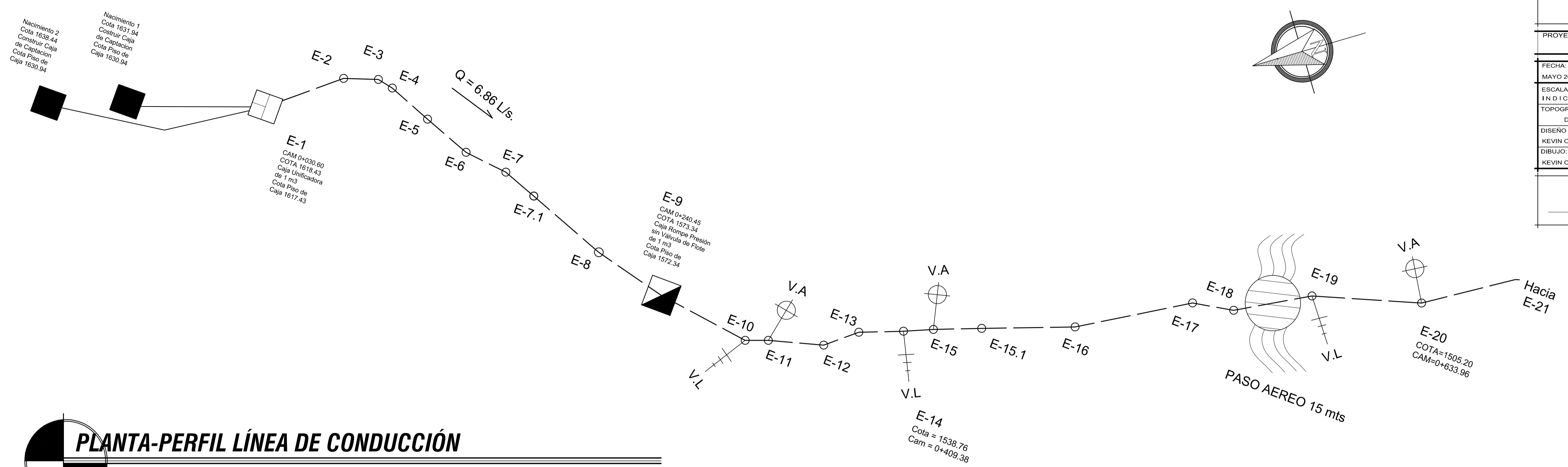


PARÁMETROS DE DISEÑO			
Viviendas Actuales (viv)	327	No. de centros de salud	0
Densidad de Vivienda (hab/viv)	6	No. de Escuelas + Auxiliaturas	1
Población Actual (hab)	2082	No. de Iglesias	3
Tasa de Crecimiento (%)	2.98	Conexiones Futuras (viv)	446
Periodo de diseño (años)	23	Población Futura (hab)	6091
Aforo en conjunto (L/s)	7.55	Caudal Medio Qm (L/s)	5.72
Dotación (L/hab/día)	120	Caudal Máximo Diario - CMD (L/s)	6.86
Factor Máximo Diario - FMD	1.2	Caudal Máximo Horario - CMH (L/s)	11.43
Factor Máximo Horario - FMH	2.0	Tanque Distribucion Calculado (m³)	148.18
% para calcular Vol. en T.D.	30	Tanque Distribucion Recomendado(m³)	150
Tanque de Distribución Existente (m³)	NO TIENE	Nacimiento 1 [lts/seg]	5.52
Coefficiente Hazen-Williams PVC	150	Nacimiento 2 [lts/seg]	2.03
Coefficiente Hazen-Williams HG	100	Caudal Total [lts/seg]	7.55

# PLANTA LÍNEA DE CONDUCCIÓN

ESCALA 1:7500

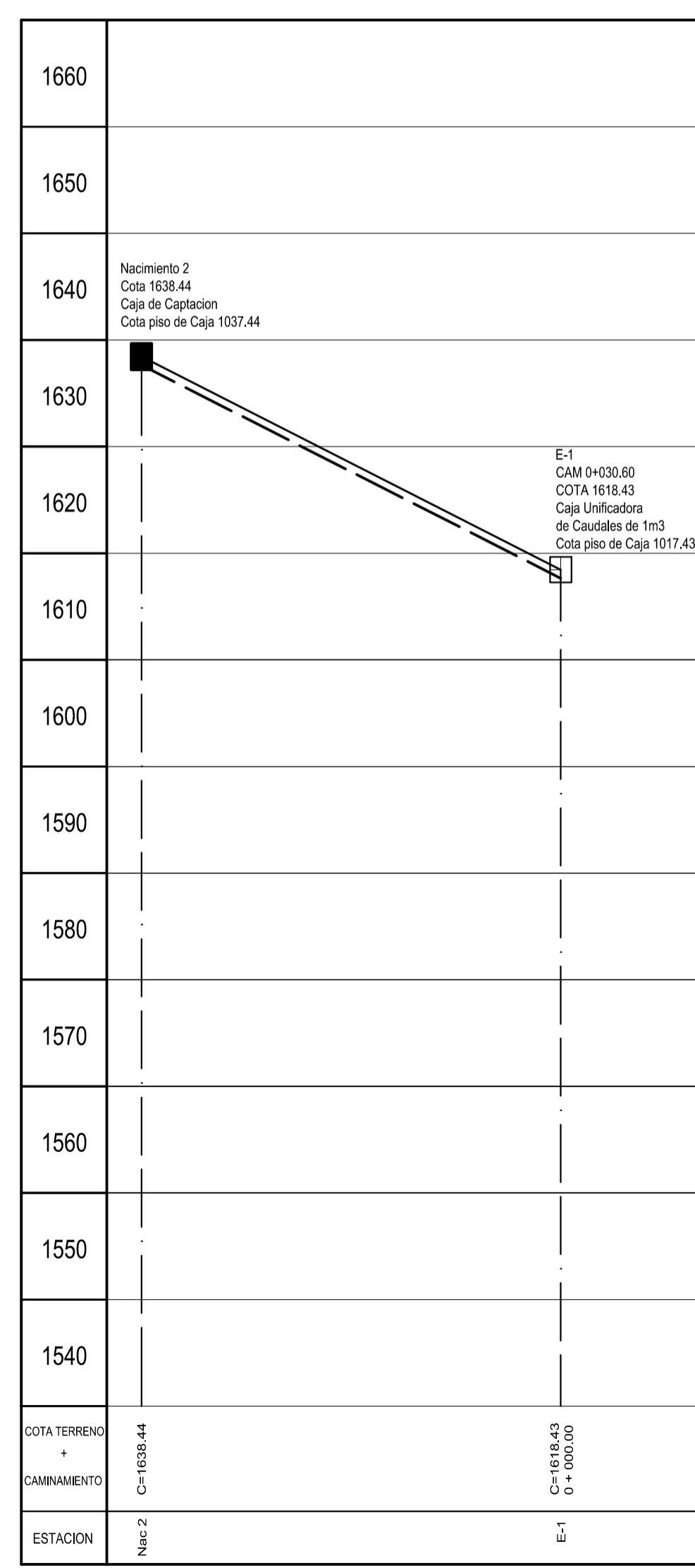
CONTENIDO: <b>LÍNEA DE CONDUCCIÓN</b>		
PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE		
FECHA: MAYO 2017	Lugar: CASERIOS SANTO DOMINGO II Y EL NARANJAL	
ESCALA: INDICADA	Municipio: SAN PABLO	
TOPOGRAFIA: DMP	Departamento: SAN MARCOS	
DISEÑO Y CÁLCULO: KEVIN OROZCO		
DIBUJO: KEVIN OROZCO		<b>HOJA No.</b> 1 / 25
F) PROPIETARIO		F) ASESOR UNIDAD EPS



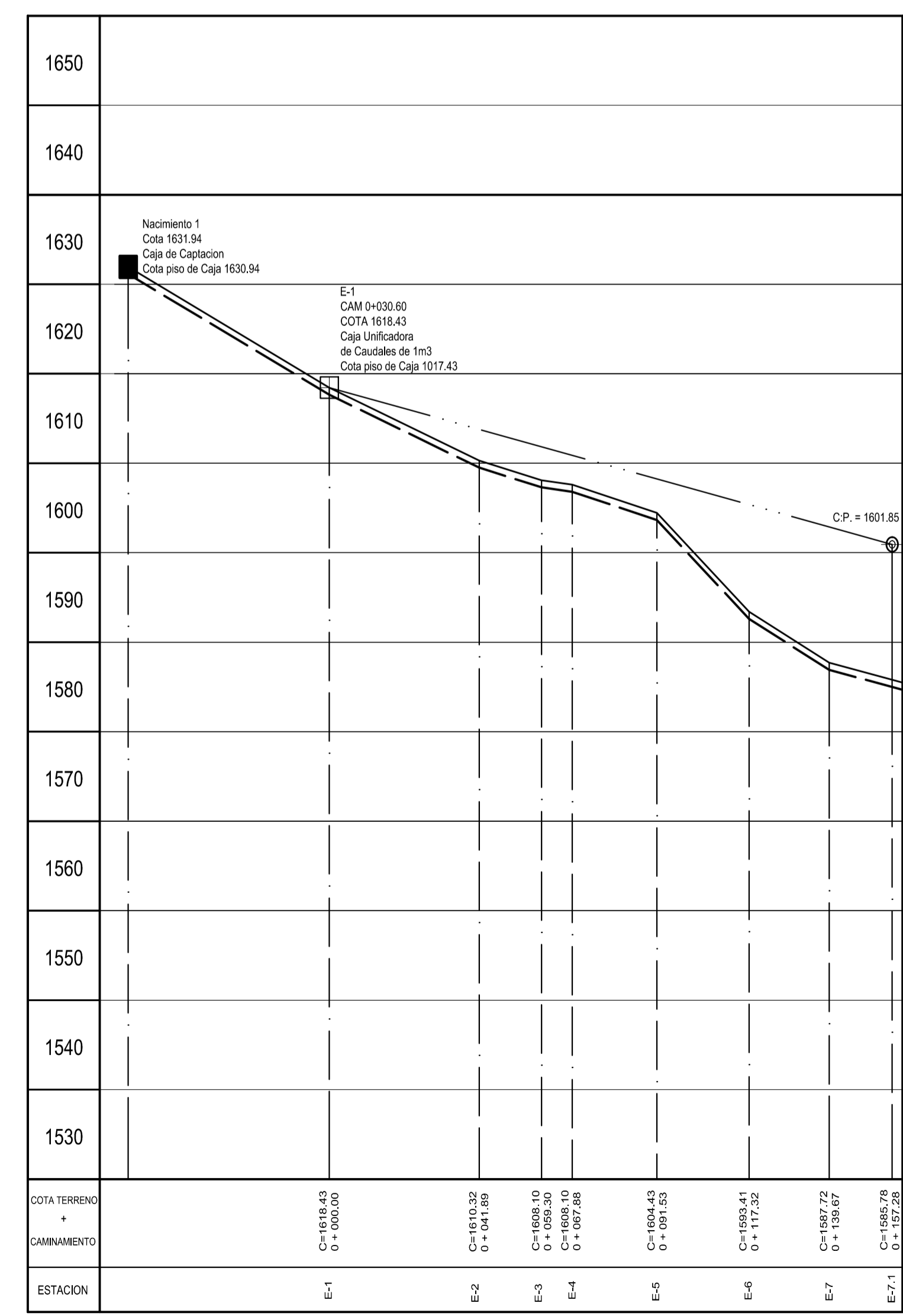
CONTENIDO: LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA Y PERFIL E-1 A E-20		
PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE		
FECHA: MAYO 2017	Lugar: CASERÍOS SANTO DOMINGO II Y EL NARANJAL	HOJA No. 2 / 25
ESCALA: INDICADA	Municipio: SAN PABLO	
TOPOGRAFÍA: DMP	Departamento: SAN MARCOS	
DISEÑO Y CÁLCULO: KEVIN OROZCO		
DIBUJO: KEVIN OROZCO		
F) PROPIETARIO		F) ASESOR UNIDAD EPS

**PLANTA-PERFIL LÍNEA DE CONDUCCIÓN**  
DE E-1 A E-20  
ESCALA HORIZONTAL 1:1000  
ESCALA VERTICAL 1:500

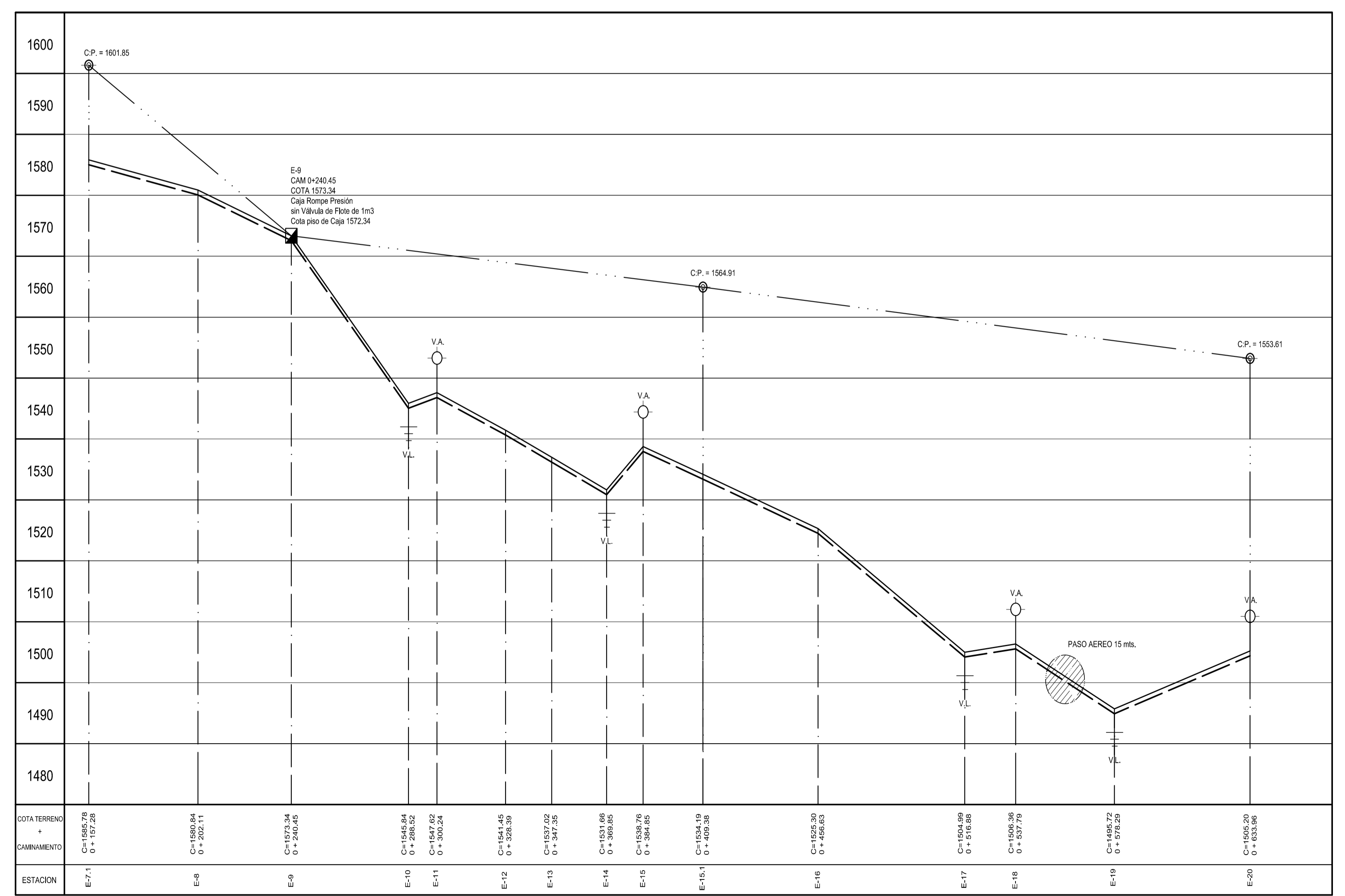
SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	CAJA DE CAPTACIÓN
	CAJA UNIFICADORA DE CAUDALES
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
	CAJA ROMPE PRESIÓN SIN VÁLVULA DE FLOTE
	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN
	LÍNEA DE TERRENO
	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN
	ESTACIÓN
	CODO A 90°
	CODO A 45°
	TEE
	CRUZ
	REDUCIDOR BUSHING
	TAPÓN HEMBRA
	VÁLVULA DE COMPUERTA
	VÁLVULA DE AIRE
	VÁLVULA DE LIMPIEZA
	CASA



17 tubos HG LIVIANO 700 PSI Ø2"

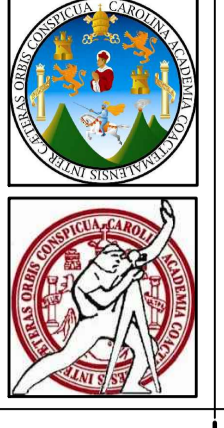


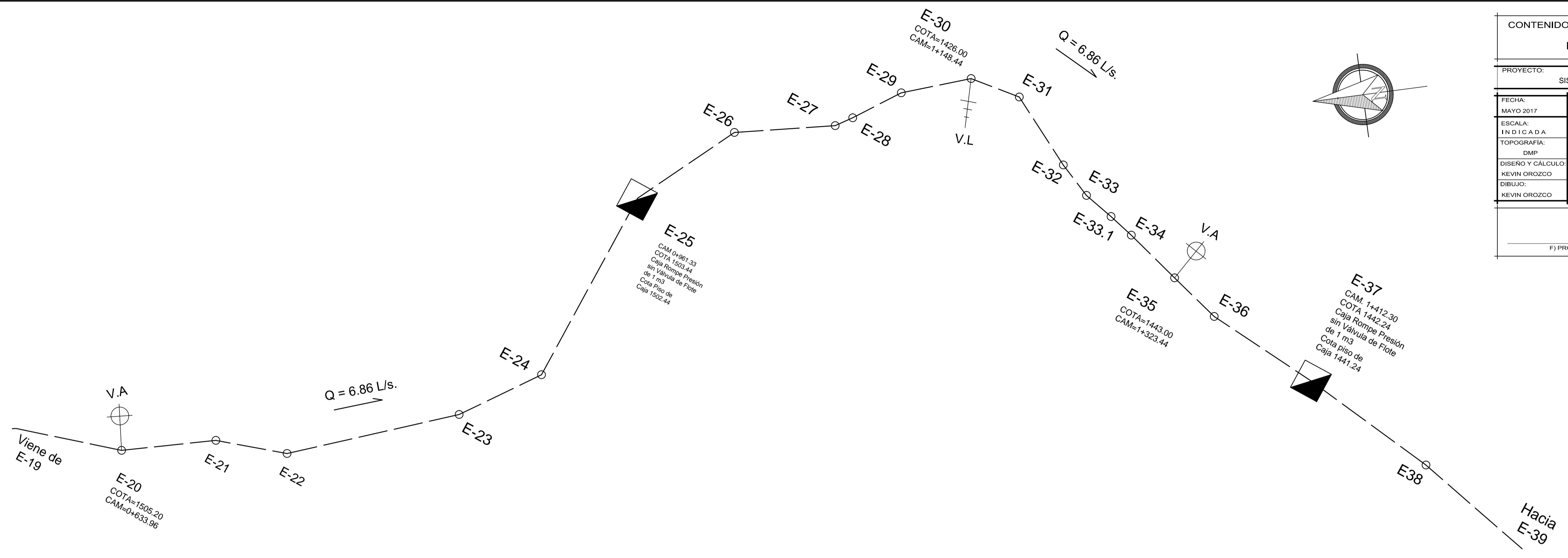
10 tubos HG LIVIANO 700 PSI Ø2 1/2"      27 tubos PVC 160 PSI Ø2 1/2"



15 tubos PVC 160 PSI Ø2 1/2"      65 tubos PVC 160 PSI Ø2 1/2" + 3 tubos HG LIVIANO 700 PSI Ø2 1/2"

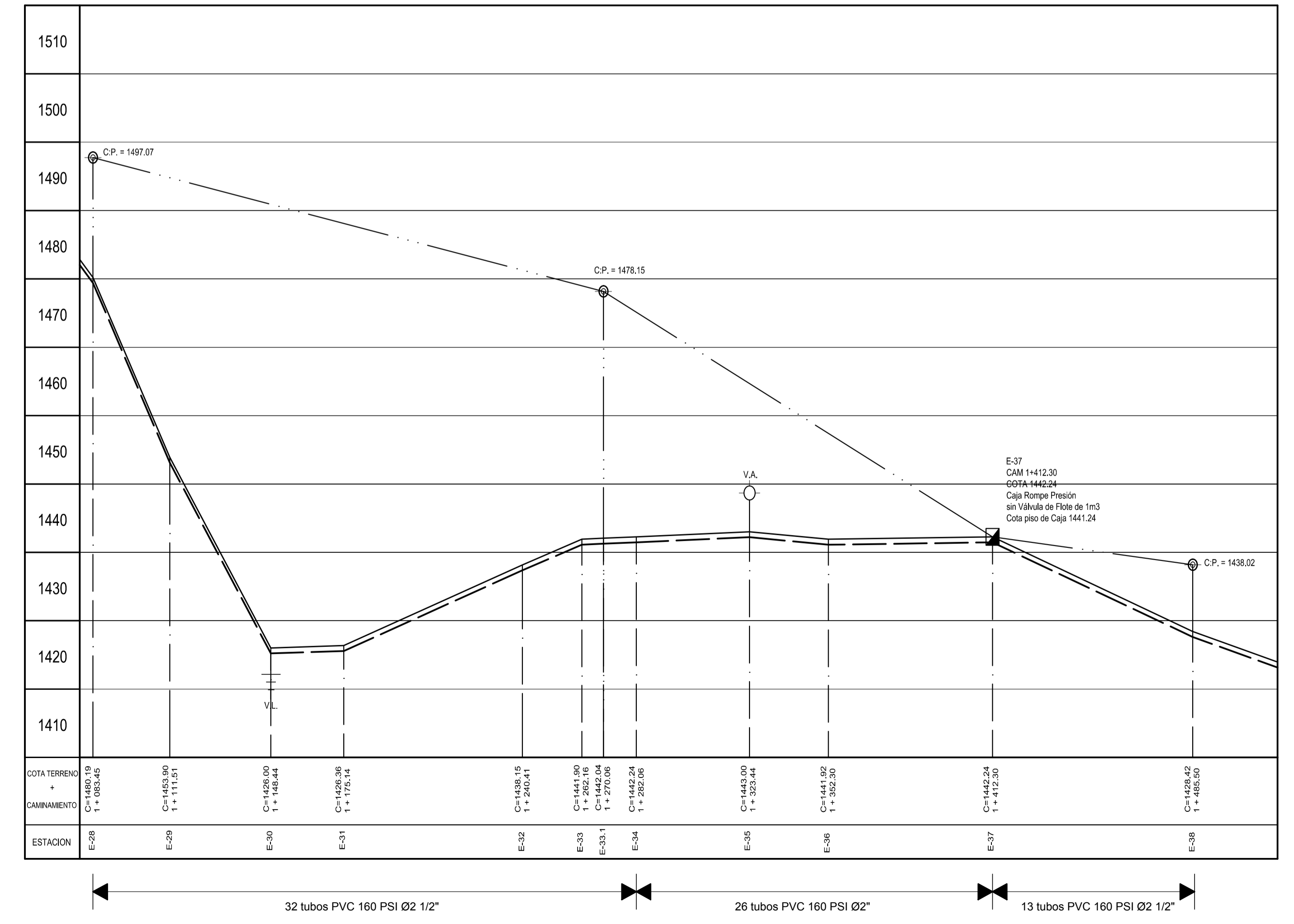
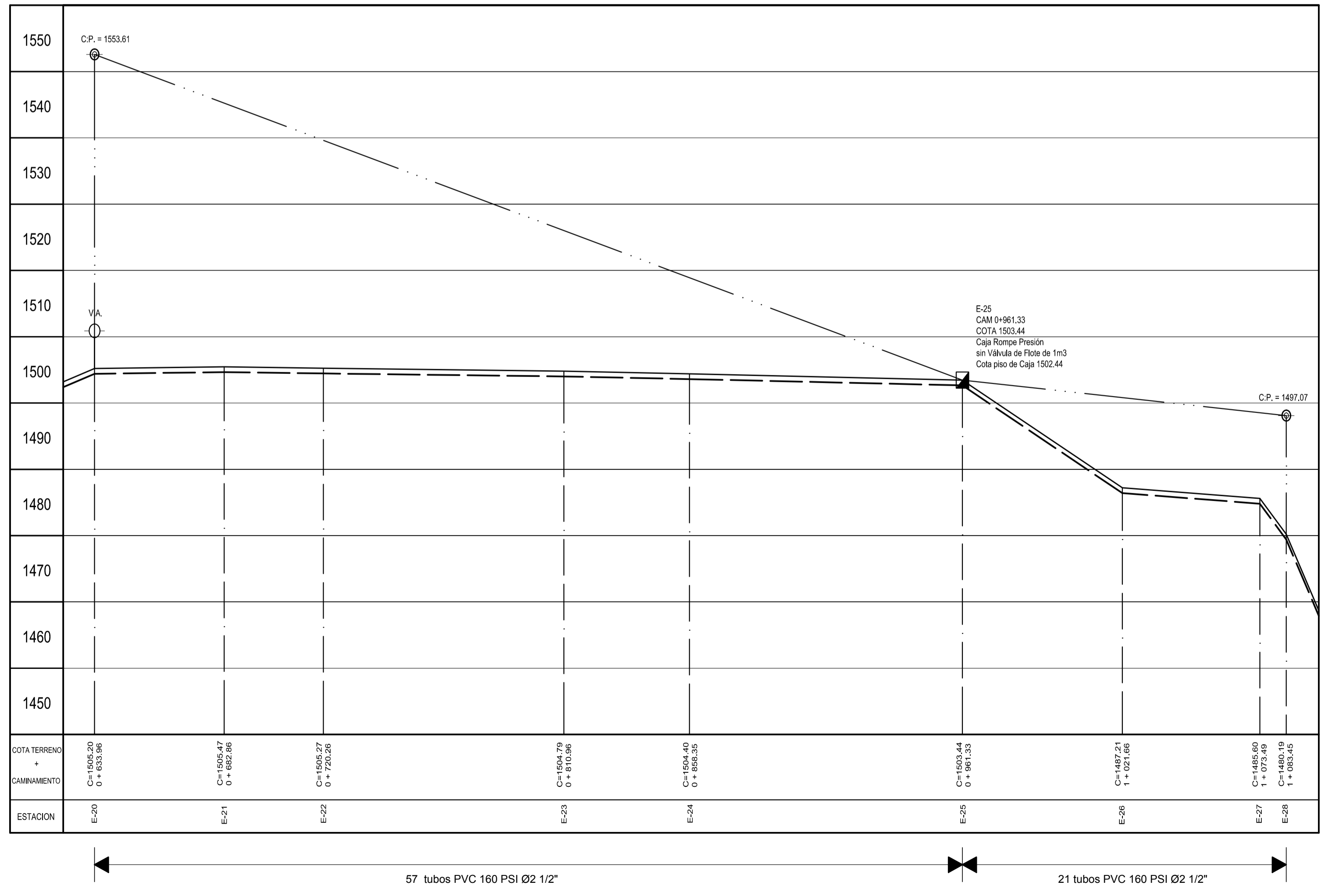


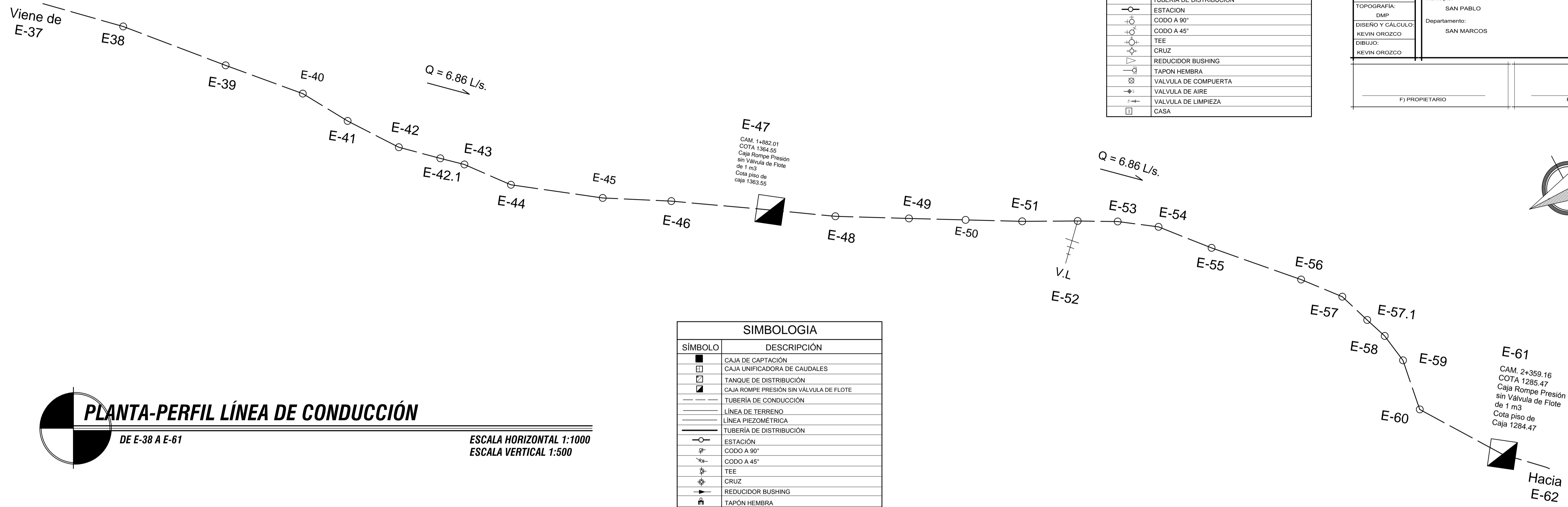
CONTENIDO: LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA Y PERFIL E-20 A E-38		
PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE		
FECHA: MAYO 2017	Lugar: CASERÍOS SANTO DOMINGO II Y EL NARANJAL	HOJA No. 3 / 25
ESCALA: INDICADA	Municipio: SAN PABLO	
TOPOGRAFÍA: DMP	Departamento: SAN MARCOS	
DISEÑO Y CÁLCULO: KEVIN OROZCO		
DIBUJO: KEVIN OROZCO		
F) PROPIETARIO		F) ASESOR UNIDAD EPS



SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	CAJA DE CAPTACIÓN
	CAJA UNIFICADORA DE CAUDALES
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
	CAJA ROMPE PRESIÓN SIN VÁLVULA DE FLOTE
	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN
	LÍNEA DE TERRENO
	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN
	ESTACIÓN
	CODO A 90°
	CODO A 45°
	TEE
	CRUZ
	REDUCIDOR BUSHING
	TAPÓN HEMBRA
	VÁLVULA DE COMPUERTA
	VÁLVULA DE AIRE
	VÁLVULA DE LIMPIEZA
	CASA

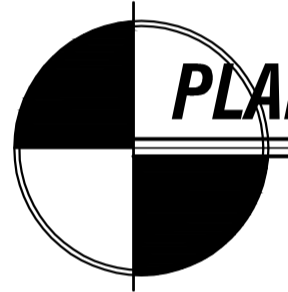
**PLANTA-PERFIL LÍNEA DE CONDUCCIÓN**  
DE E-20 A E-38  
ESCALA HORIZONTAL 1:1000  
ESCALA VERTICAL 1:500





SIMBOLOGIA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
■	CAJA DE CAPTACION
□	CAJA UNIFICADORA DE CAUDALES
▣	TANQUE DE DISTRIBUCION
▤	CAJA ROMPE PRESION SIN VALVULA DE FLOTE
---	TUBERIA DE CONDUCCION
---	LINEA DE TERRENO
---	LINEA PIEZOMETRICA
---	TUBERIA DE DISTRIBUCION
○	ESTACION
○	CODO A 90°
○	CODO A 45°
+	TEE
+	CRUZ
+	REDUCIDOR BUSHING
+	TAPON HEMBRA
+	VALVULA DE COMPUERTA
+	VALVULA DE AIRE
+	VALVULA DE LIMPIEZA
+	CASA

CONTENIDO: LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA Y PERFIL E-38 A E-61		
PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE		
FECHA: MAYO 2017	Lugar: CASERÍOS SANTO DOMINGO II Y EL NARANJAL	HOJA No. 4 / 25
ESCALA: INDICADA	Municipio: SAN PABLO	
TOPOGRAFÍA: DMP	Departamento: SAN MARCOS	
DISEÑO Y CÁLCULO: KEVIN OROZCO		
DIBUJO: KEVIN OROZCO		
F) PROPIETARIO		F) ASESOR UNIDAD EPS

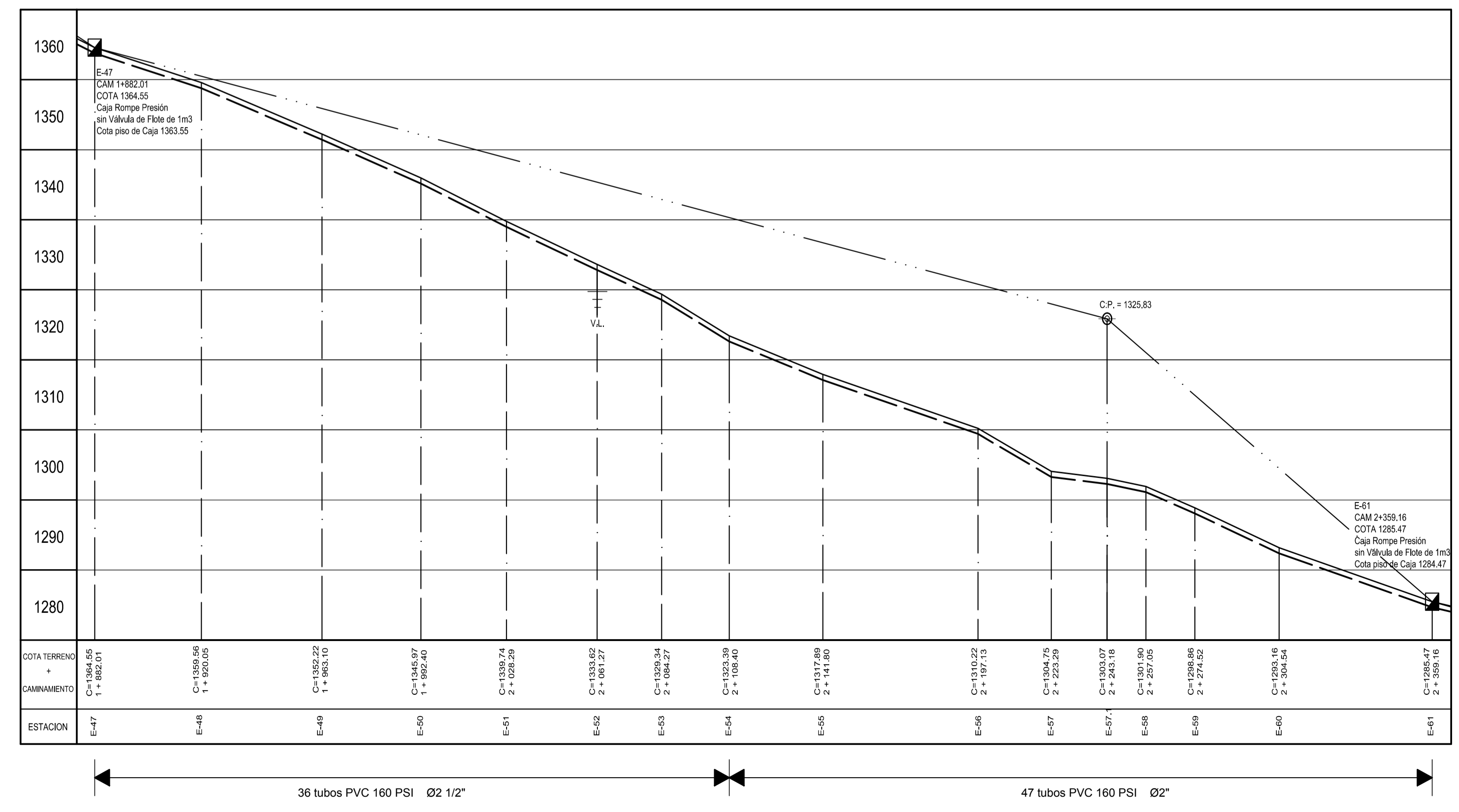
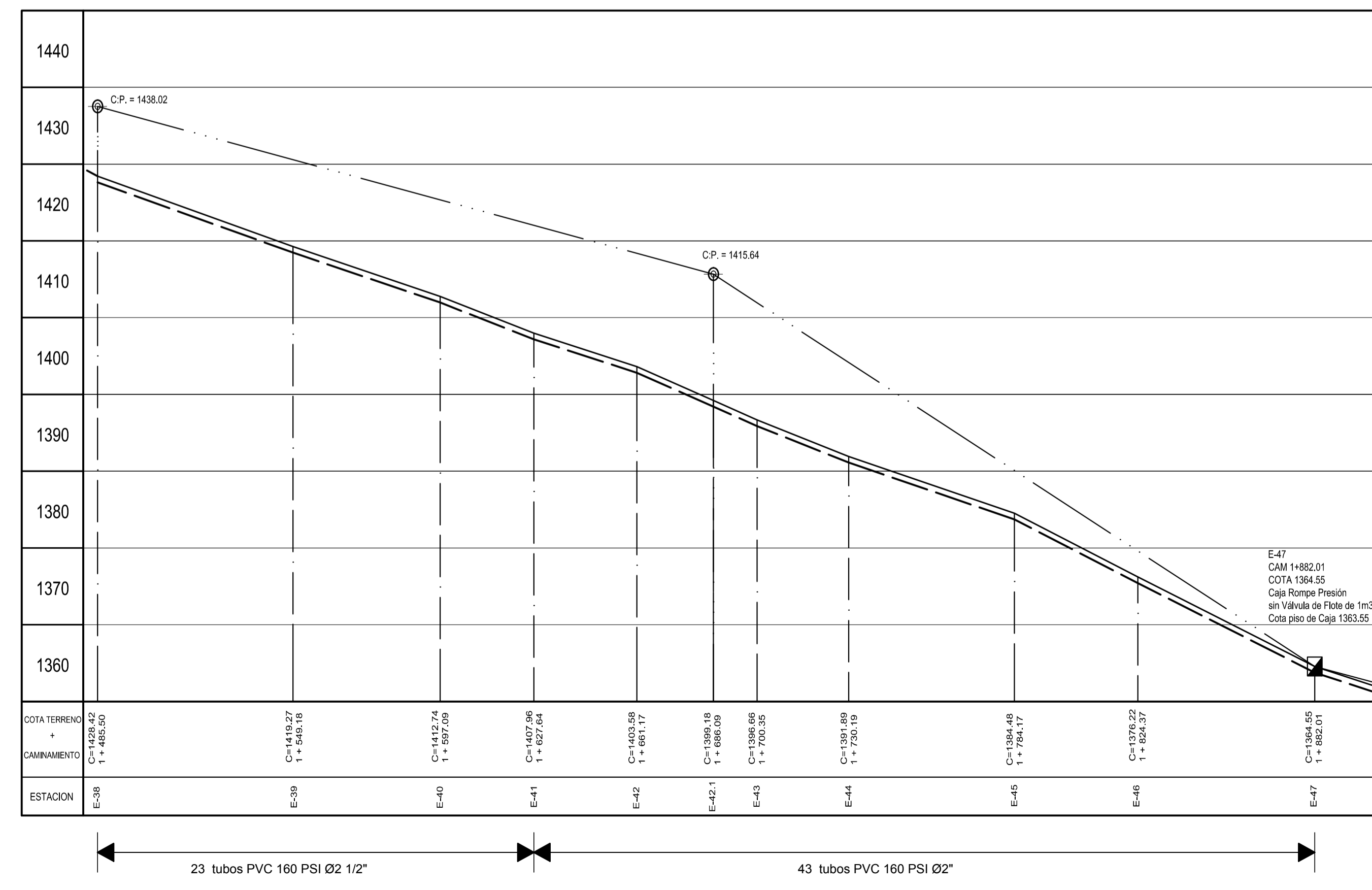


**PLANTA-PERFIL LÍNEA DE CONDUCCIÓN**

DE E-38 A E-61

ESCALA HORIZONTAL 1:1000  
ESCALA VERTICAL 1:500

SIMBOLOGIA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
■	CAJA DE CAPTACION
□	CAJA UNIFICADORA DE CAUDALES
▣	TANQUE DE DISTRIBUCION
▤	CAJA ROMPE PRESION SIN VALVULA DE FLOTE
---	TUBERIA DE CONDUCCION
---	LINEA DE TERRENO
---	LINEA PIEZOMETRICA
---	TUBERIA DE DISTRIBUCION
○	ESTACION
○	CODO A 90°
○	CODO A 45°
+	TEE
+	CRUZ
+	REDUCIDOR BUSHING
+	TAPON HEMBRA
+	VALVULA DE COMPUERTA
+	VALVULA DE AIRE
+	VALVULA DE LIMPIEZA
+	CASA



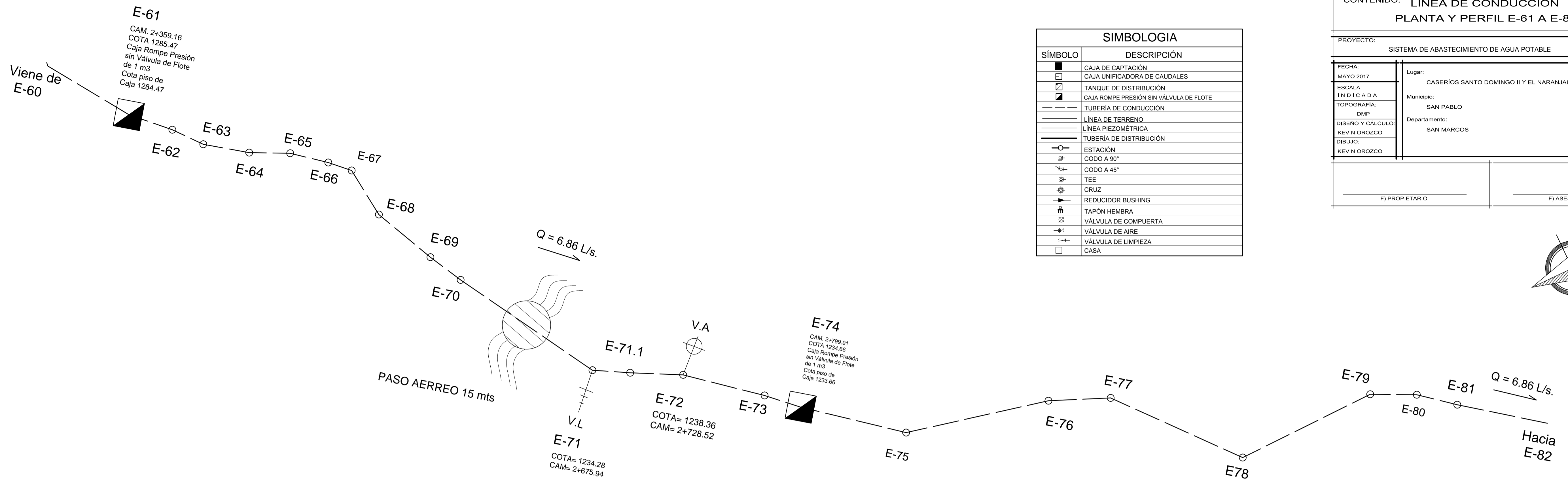
23 tubos PVC 160 PSI Ø2 1/2"

43 tubos PVC 160 PSI Ø2"

36 tubos PVC 160 PSI Ø2 1/2"

47 tubos PVC 160 PSI Ø2"

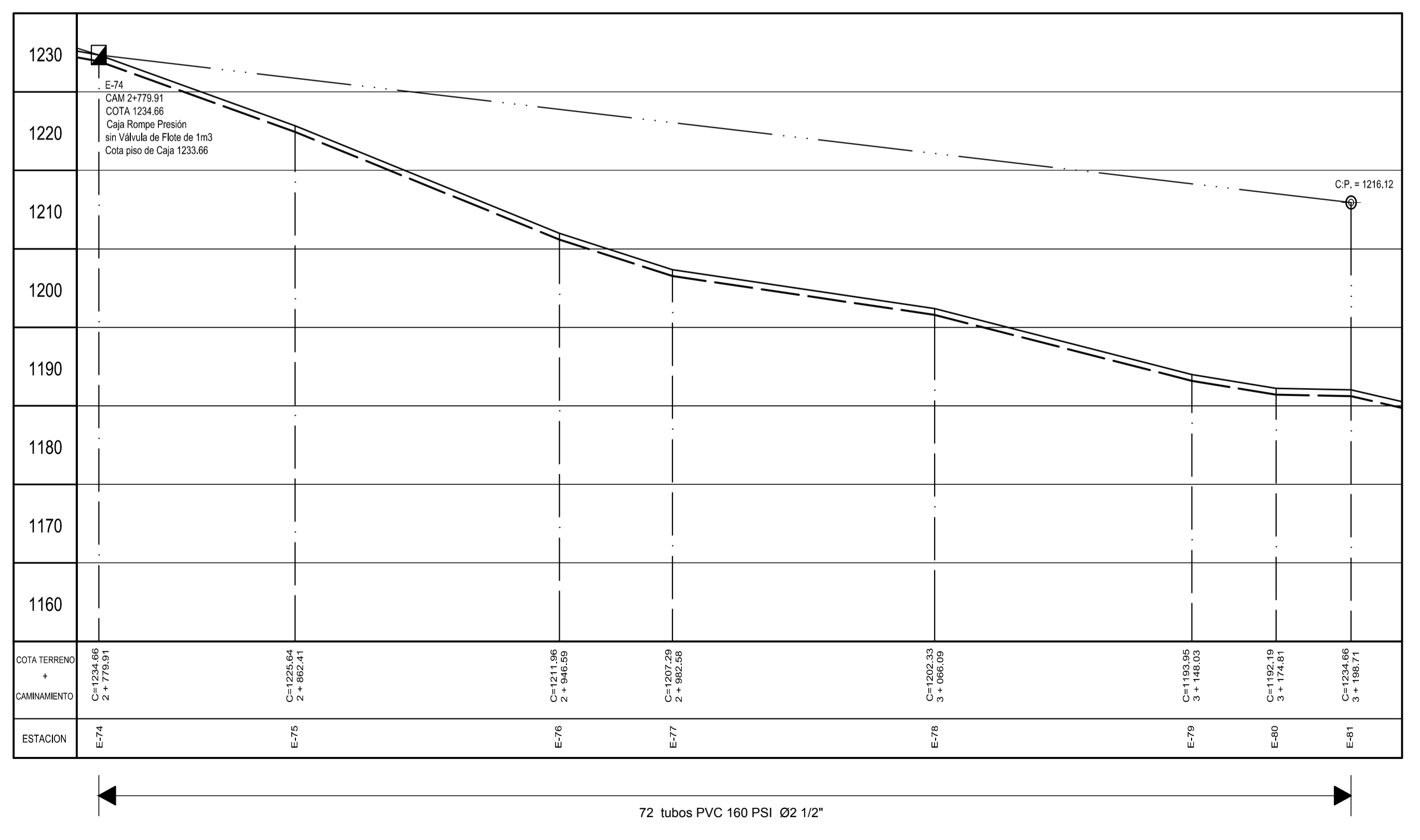
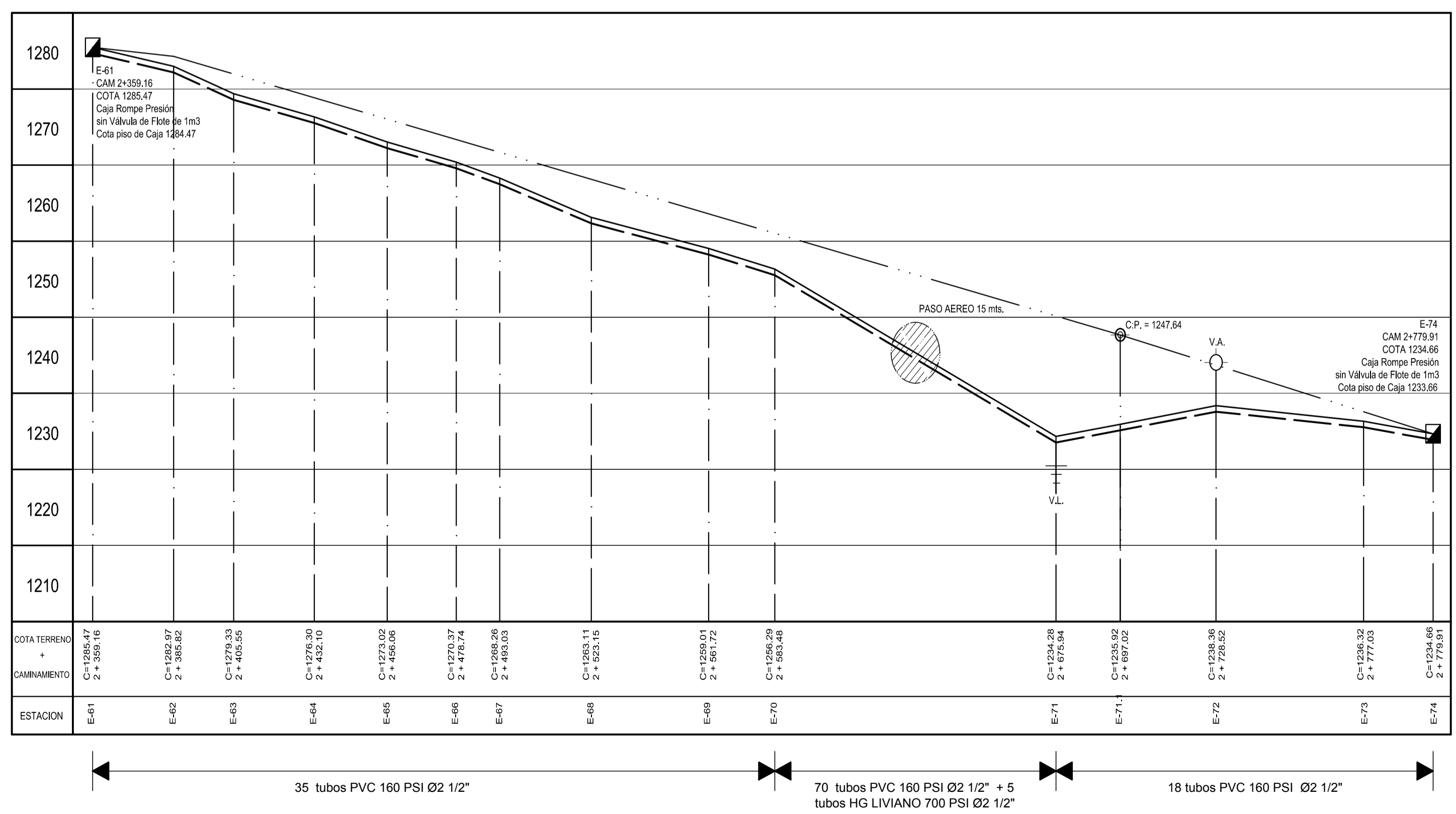


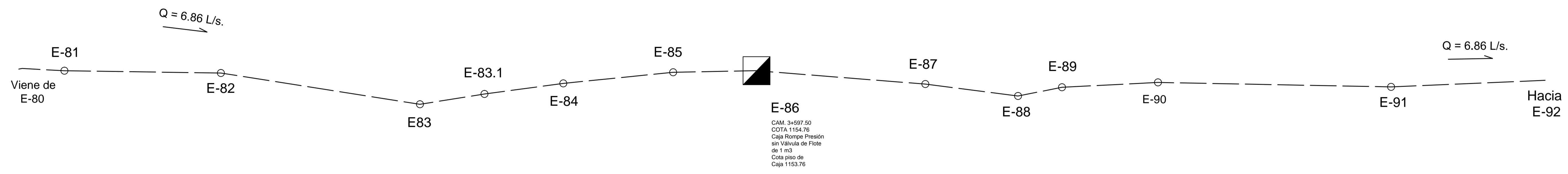
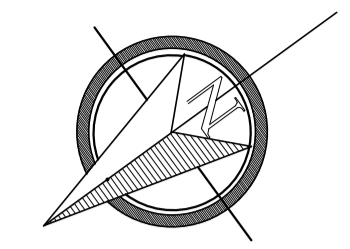


SIMBOLOGIA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
■	CAJA DE CAPTACIÓN
□	CAJA UNIFICADORA DE CAUDALES
▣	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
▤	CAJA ROMPE PRESIÓN SIN VÁLVULA DE FLOTE
---	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN
---	LÍNEA DE TERRENO
---	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
---	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN
○	ESTACIÓN
⊙	CODO A 90°
⊙	CODO A 45°
+	TEE
+	CRUZ
+	REDUCIDOR BUSHING
+	TAPÓN HEMBRA
+	VÁLVULA DE COMPUERTA
+	VÁLVULA DE AIRE
+	VÁLVULA DE LIMPIEZA
+	CASA

CONTENIDO: LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA Y PERFIL E-61 A E-81		
PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE		
FECHA: MAYO 2017	Lugar: CASERÍOS SANTO DOMINGO II Y EL NARANJAL	HOJA No. 5 / 25
ESCALA: INDICADA	Municipio: SAN PABLO	
TOPOGRAFÍA: DMP	Departamento: SAN MARCOS	
DISEÑO Y CÁLCULO: KEVIN OROZCO		
DIBUJO: KEVIN OROZCO		
F) PROPIETARIO		F) ASESOR UNIDAD EPS

**PLANTA-PERFIL LÍNEA DE CONDUCCIÓN**  
DE E-61 A E-81  
ESCALA HORIZONTAL 1:1000  
ESCALA VERTICAL 1:500

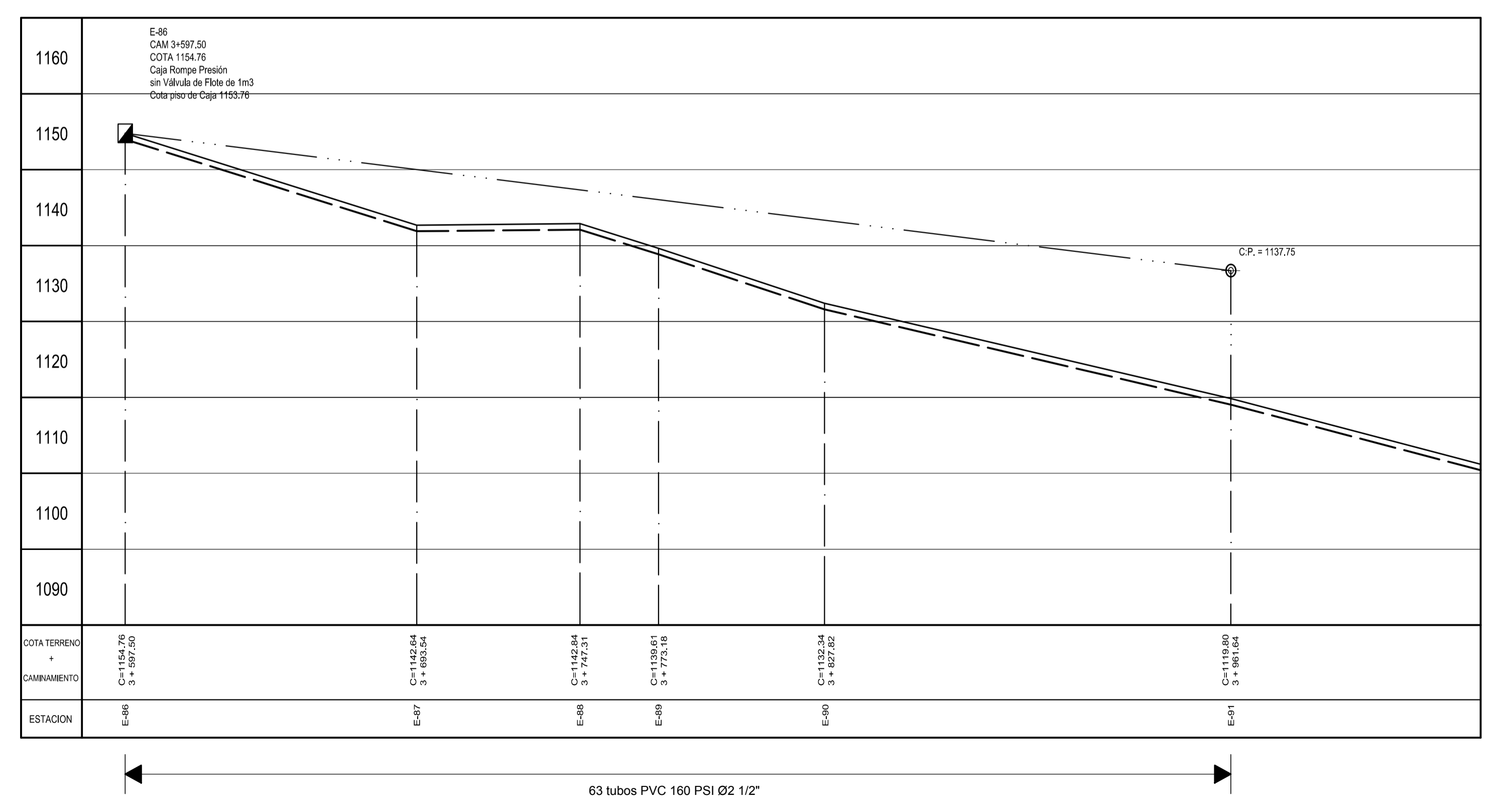
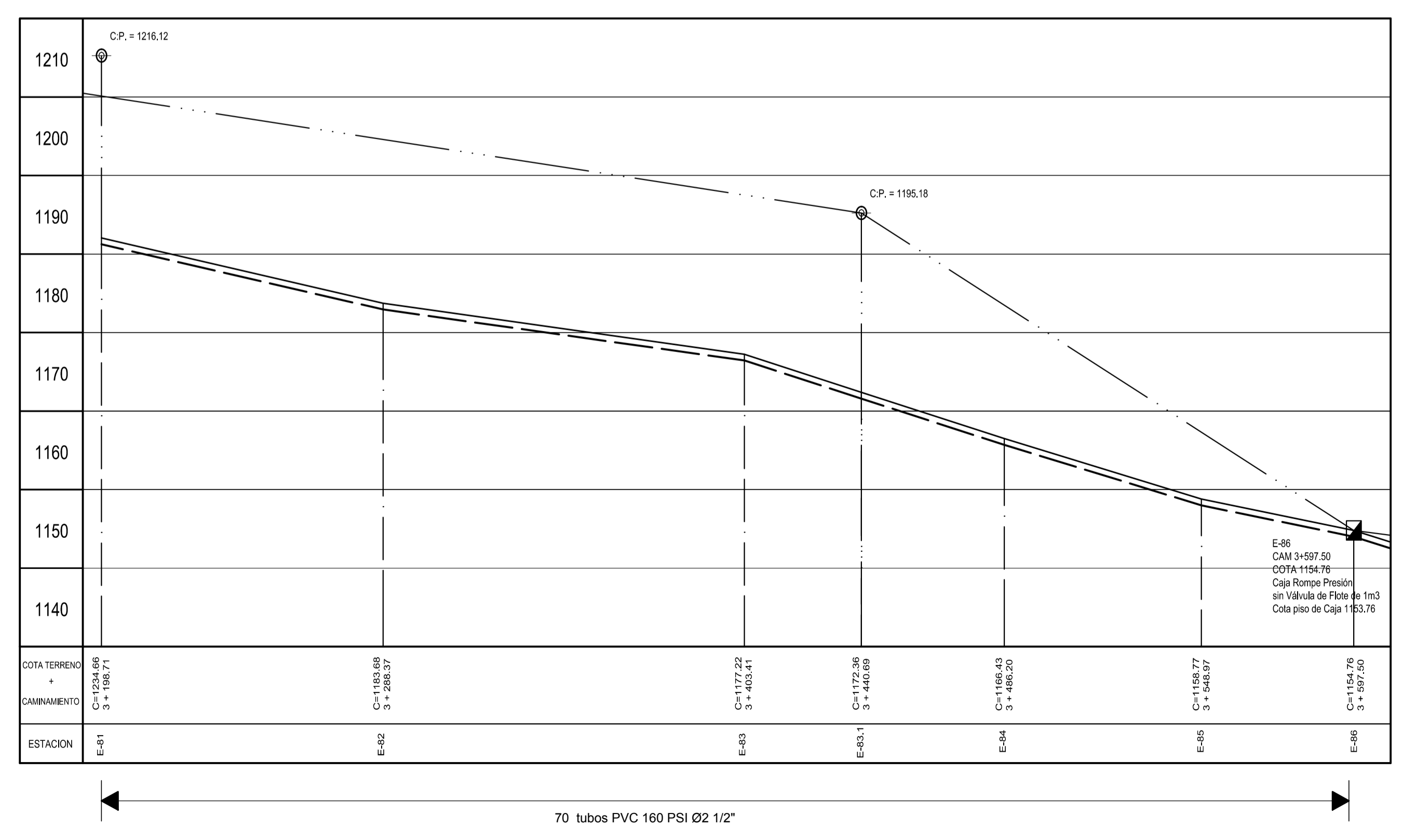


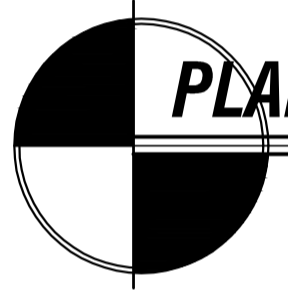
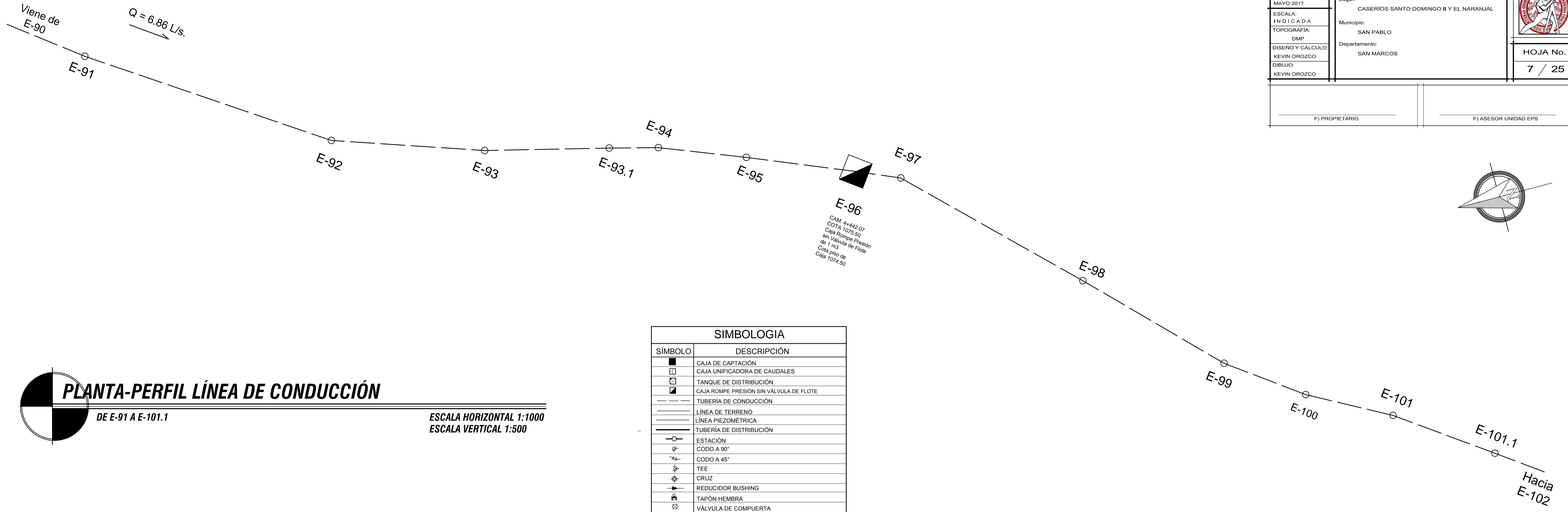


**PLANTA-PERFIL LÍNEA DE CONDUCCIÓN**  
DE E-81 A E-91

ESCALA HORIZONTAL 1:1000  
ESCALA VERTICAL 1:500

SIMBOLOGIA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	CAJA DE CAPTACIÓN
	CAJA UNIFICADORA DE CAUDALES
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
	CAJA ROMPE PRESIÓN SIN VÁLVULA DE FLOTE
	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN
	LÍNEA DE TERRENO
	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN
	ESTACIÓN
	CODO A 90°
	CODO A 45°
	TEE
	CRUZ
	REDUCIDOR BUSHING
	TAPÓN HEMBRA
	VÁLVULA DE COMPUERTA
	VÁLVULA DE AIRE
	VÁLVULA DE LIMPIEZA
	CASA



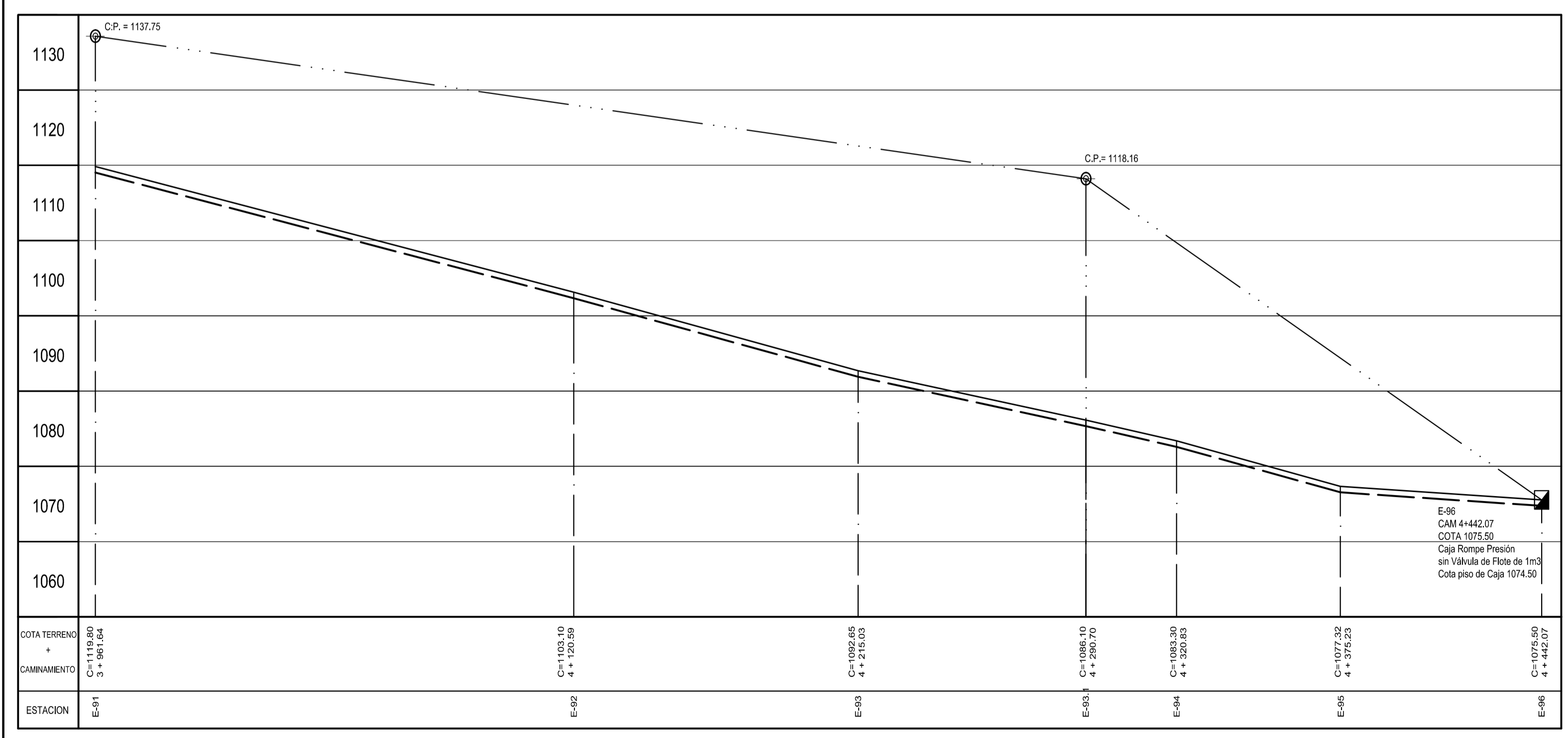


### PLANTA-PERFIL LÍNEA DE CONDUCCIÓN

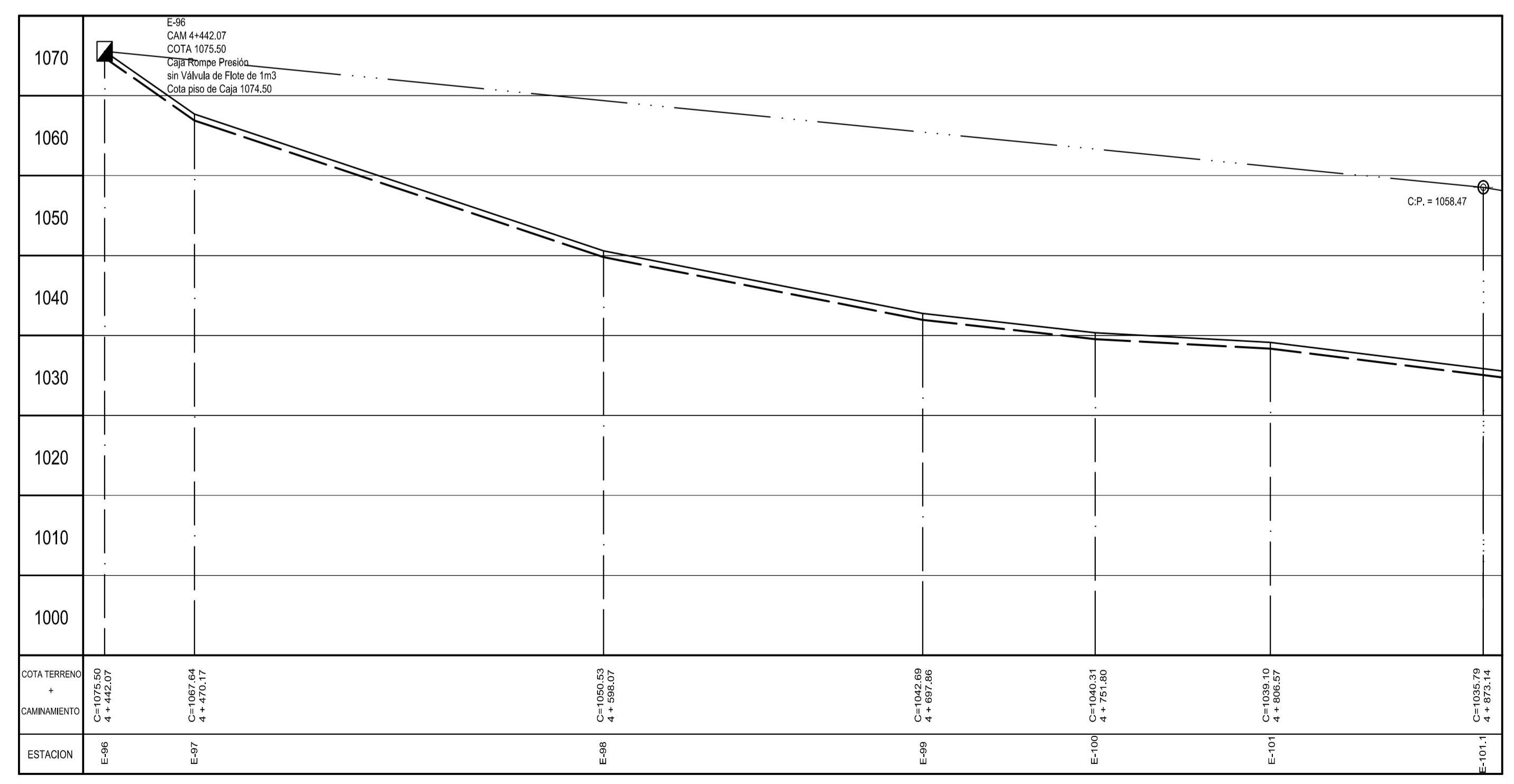
DE E-91 A E-101.1

ESCALA HORIZONTAL 1:1000  
ESCALA VERTICAL 1:500

SIMBOLOGIA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	CAJA DE CAPTACIÓN
	CAJA UNIFICADORA DE CAUDALES
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
	CAJA ROMPE PRESIÓN SIN VÁLVULA DE FLOTE
	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN
	LÍNEA DE TERRENO
	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN
	ESTACIÓN
	CODO A 90°
	CODO A 45°
	TEE
	CRUZ
	REDUCIDOR BUSHING
	TAPÓN HEMBRA
	VÁLVULA DE COMPUERTA
	VÁLVULA DE AIRE
	VÁLVULA DE LIMPIEZA
	CASA



82 tubos PVC 160 PSI Ø2 1/2"



74 tubos PVC 160 PSI Ø2 1/2"



CONTENIDO: LÍNEA DE CONDUCCIÓN  
PLANTA Y PERFIL E-101.1 A E-116.1

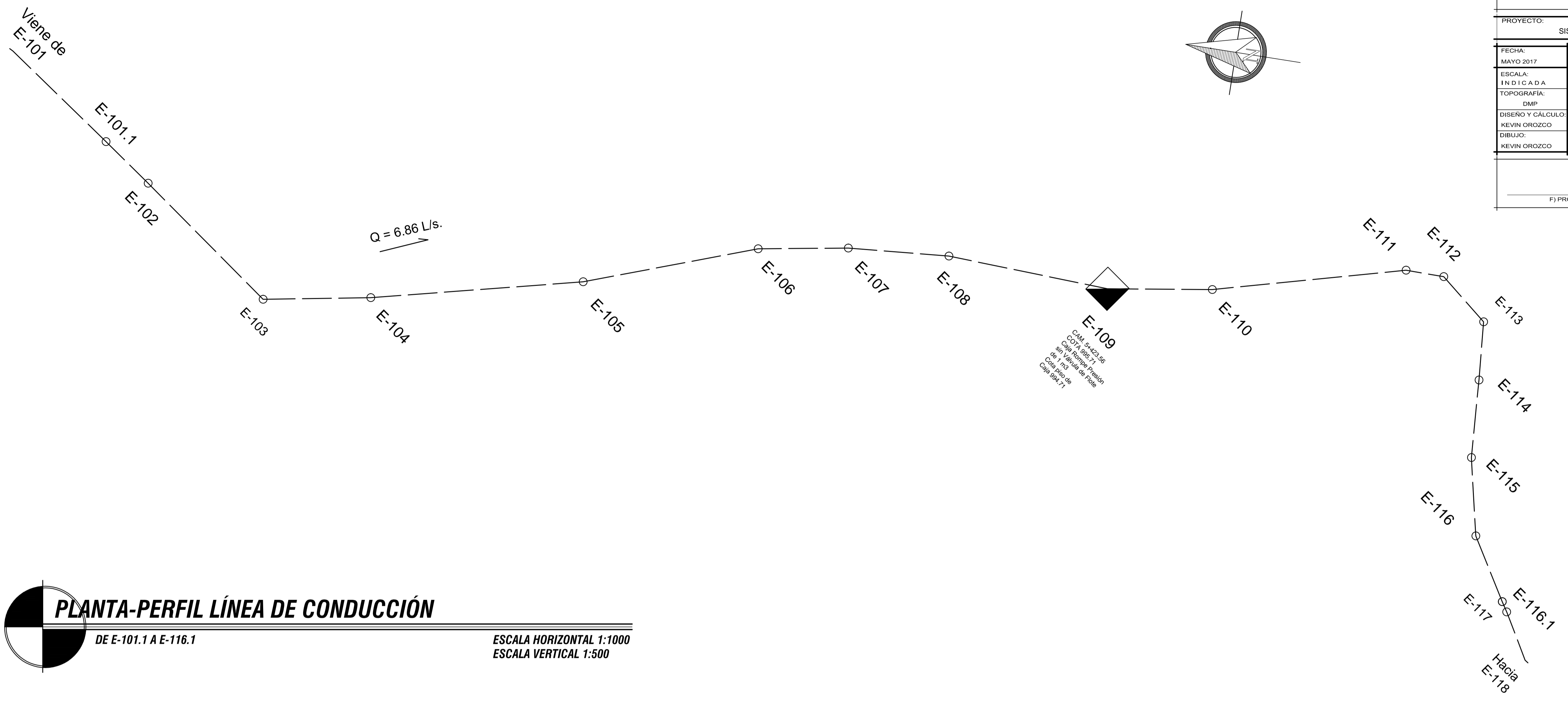
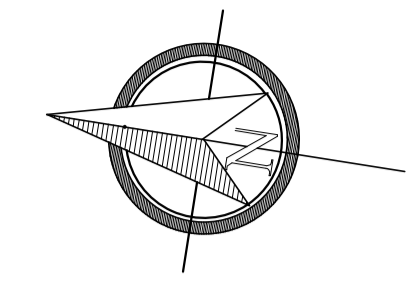
PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

FECHA: MAYO 2017  
 ESCALA: INDICADA  
 TOPOGRAFÍA: DMP  
 DISEÑO Y CÁLCULO: KEVIN OROZCO  
 DIBUJO: KEVIN OROZCO

Lugar: CASERÍOS SANTO DOMINGO II Y EL NARANJAL  
 Municipio: SAN PABLO  
 Departamento: SAN MARCOS

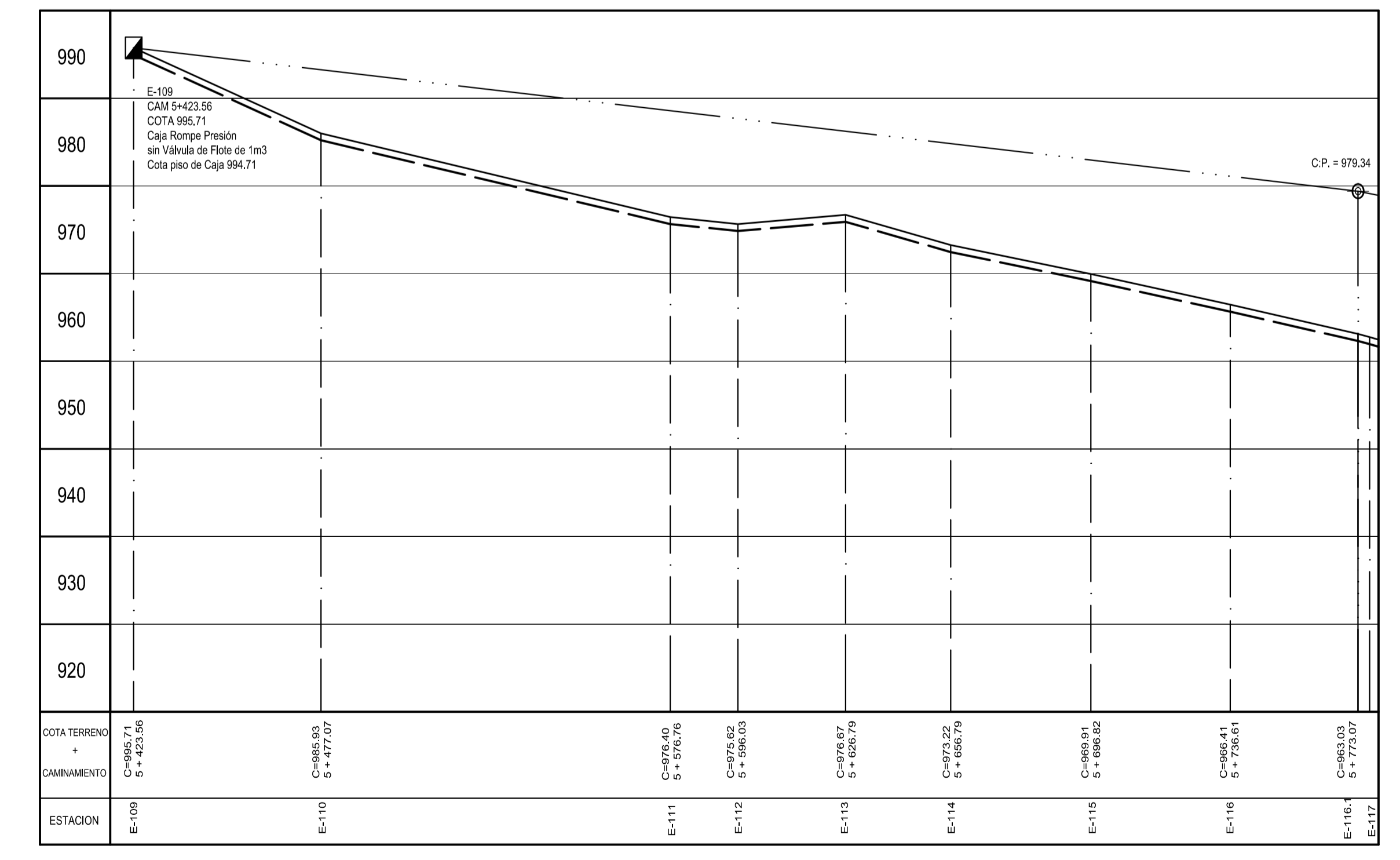
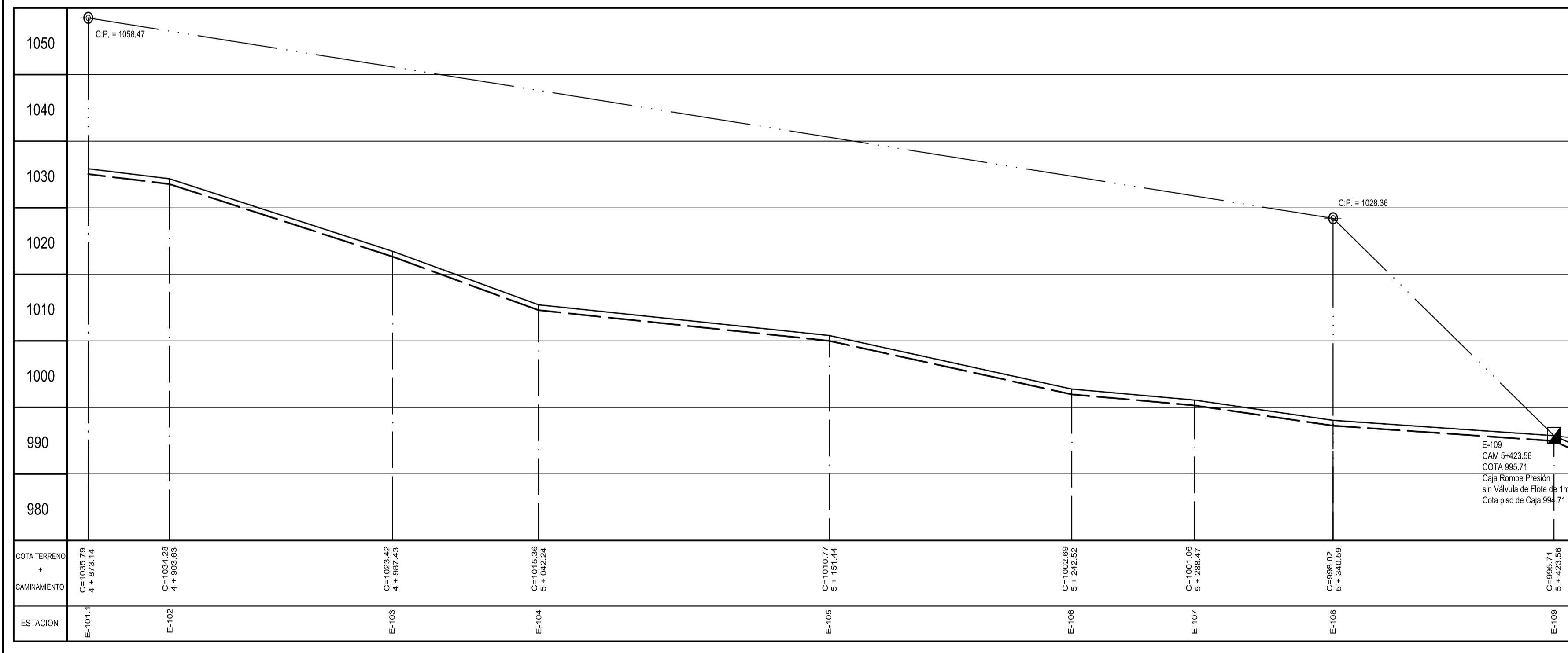
HOJA No. 8 / 25

F) PROPIETARIO F) ASESOR UNIDAD EPS



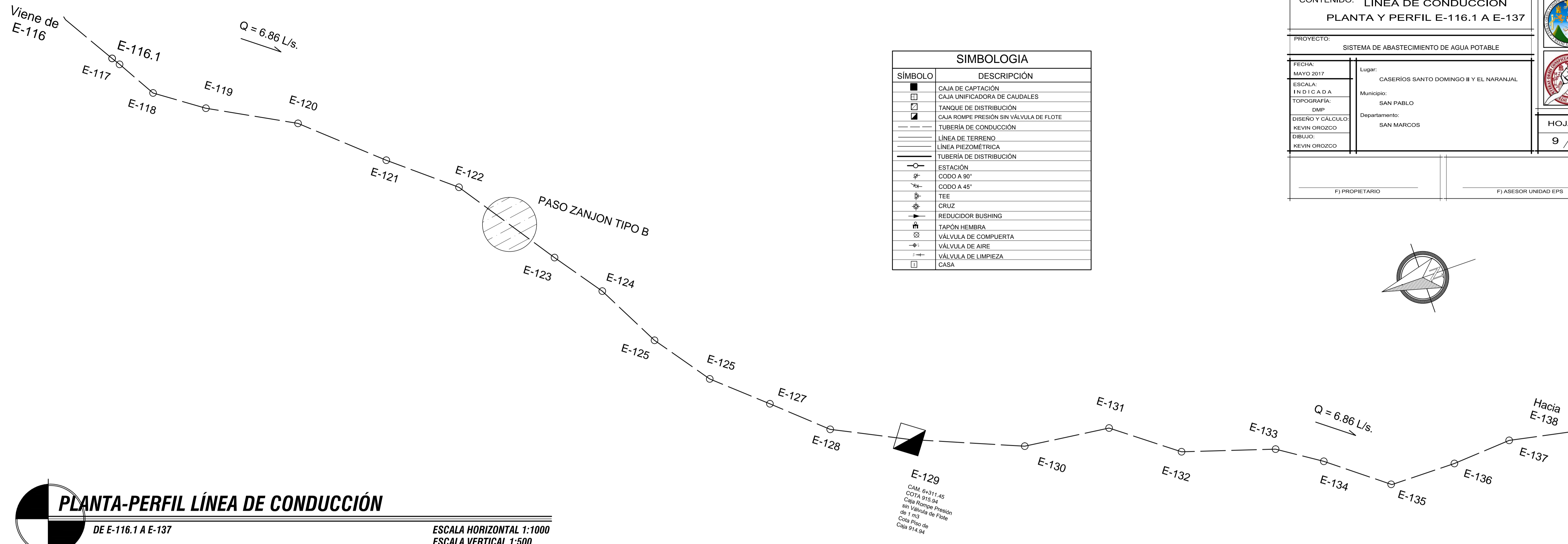
SIMBOLOGIA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
■	CAJA DE CAPTACIÓN
□	CAJA UNIFICADORA DE CAUDALES
▣	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
◻	CAJA ROMPE PRESIÓN SIN VÁLVULA DE FLOTE
---	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN
---	LÍNEA DE TERRENO
---	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
---	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN
○	ESTACIÓN
⊙	CODO A 90°
⊙	CODO A 45°
⊕	TEE
⊕	CRUZ
→	REDUCIDOR BUSHING
⊕	TAPÓN HEMBRA
⊕	VÁLVULA DE COMPUERTA
⊕	VÁLVULA DE AIRE
⊕	VÁLVULA DE LIMPIEZA
□	CASA

**PLANTA-PERFIL LÍNEA DE CONDUCCIÓN**  
 DE E-101.1 A E-116.1  
 ESCALA HORIZONTAL 1:1000  
 ESCALA VERTICAL 1:500



103 tubos PVC 160 PSI Ø2 1/2"

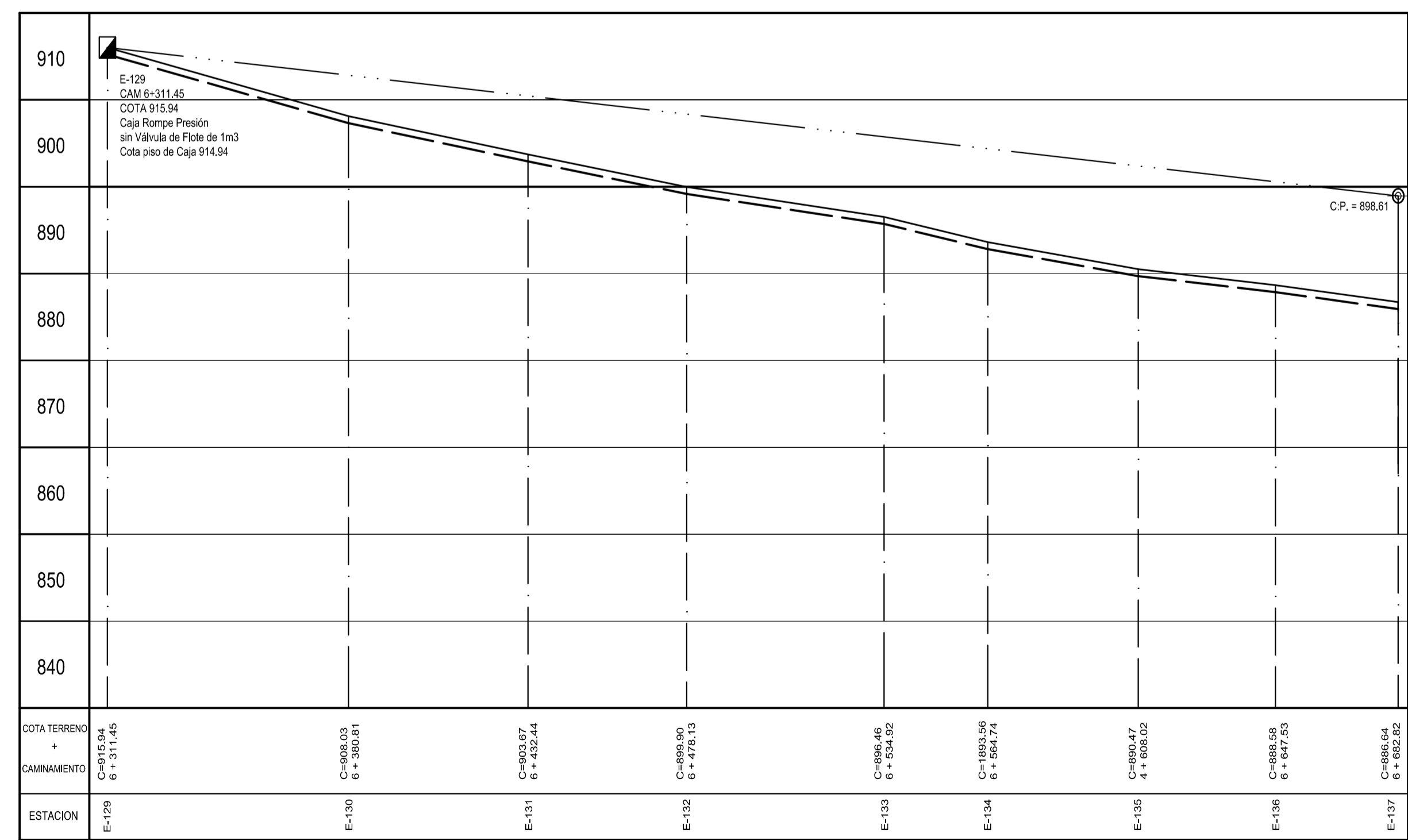
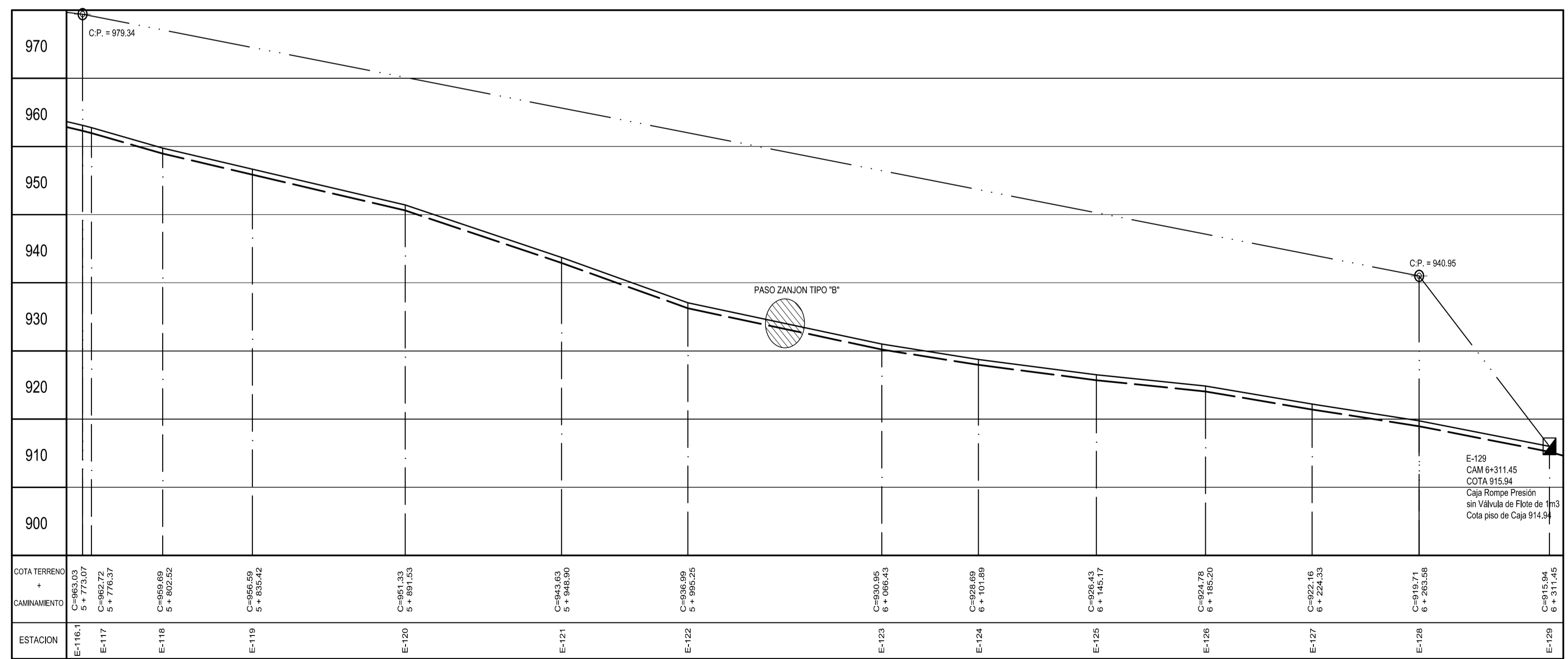
61 tubos PVC 160 PSI Ø2 1/2"



SIMBOLOGIA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
■	CAJA DE CAPTACIÓN
□	CAJA UNIFICADORA DE CAUDALES
▣	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
◻	CAJA ROMPE PRESIÓN SIN VÁLVULA DE FLOTE
—	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN
- - -	LÍNEA DE TERRENO
—	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
—	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN
○	ESTACIÓN
⊙	CODO A 90°
⊘	CODO A 45°
⊕	TEE
⊗	CRUZ
⊘	REDUCIDOR BUSHING
⊕	TAPÓN HEMBRA
⊗	VÁLVULA DE COMPUERTA
⊘	VÁLVULA DE AIRE
⊕	VÁLVULA DE LIMPIEZA
□	CASA

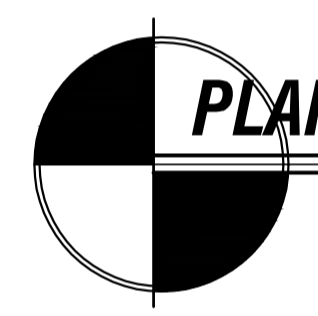
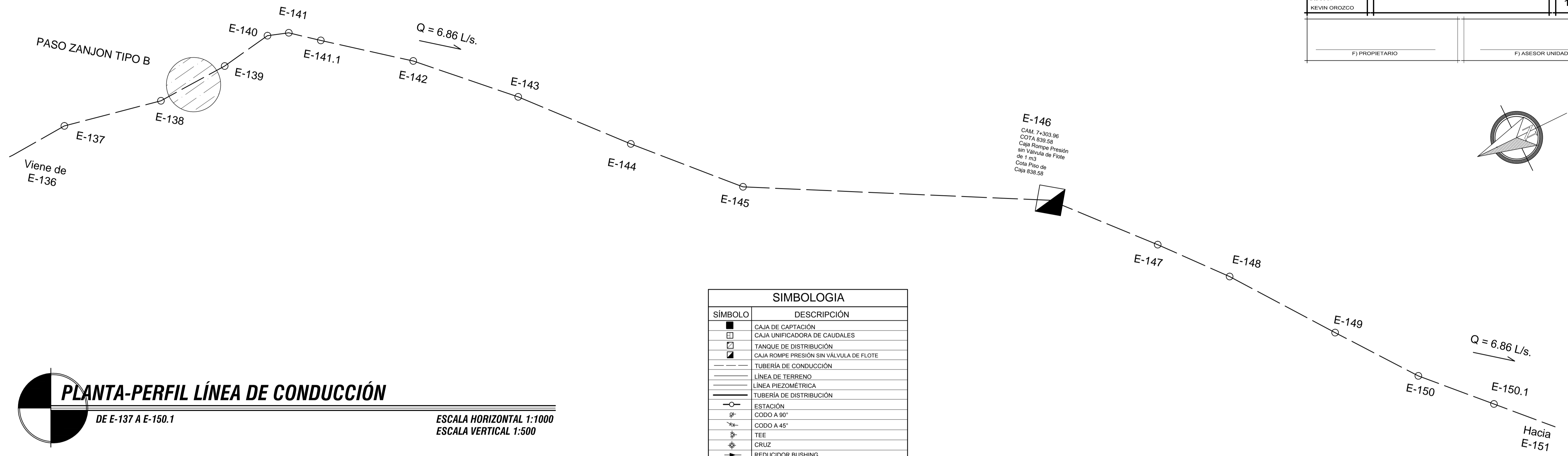
CONTENIDO: LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA Y PERFIL E-116.1 A E-137		
PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE		
FECHA: MAYO 2017	Lugar: CASERÍOS SANTO DOMINGO II Y EL NARANJAL	HOJA No. 9 / 25
ESCALA: INDICADA	Municipio: SAN PABLO	
TOPOGRAFÍA: DMP	Departamento: SAN MARCOS	
DISEÑO Y CÁLCULO: KEVIN OROZCO		
DIBUJO: KEVIN OROZCO		
F) PROPIETARIO		F) ASESOR UNIDAD EPS

**PLANTA-PERFIL LÍNEA DE CONDUCCIÓN**  
DE E-116.1 A E-137  
ESCALA HORIZONTAL 1:1000  
ESCALA VERTICAL 1:500



90 tubos PVC 160 PSI Ø2 1/2" + 3 tubos HG LIVIANO 700 PSI Ø2 1/2"

64 tubos PVC 160 PSI Ø2 1/2"

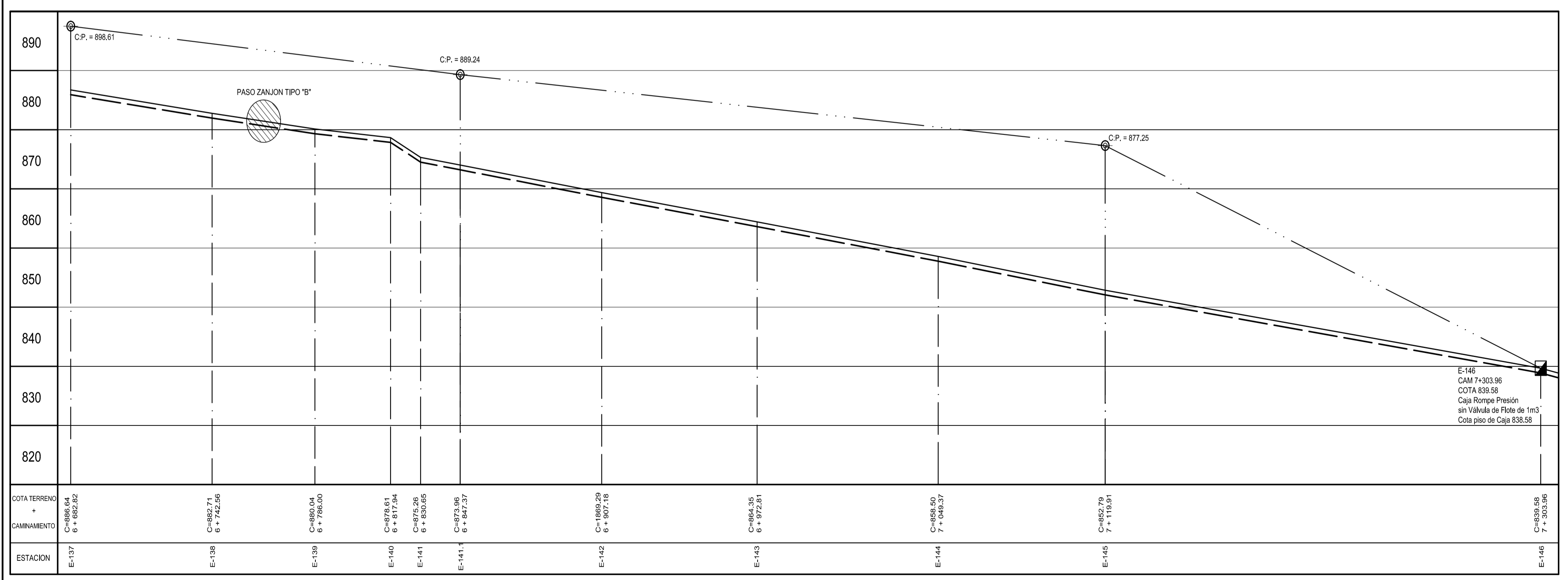


### PLANTA-PERFIL LÍNEA DE CONDUCCIÓN

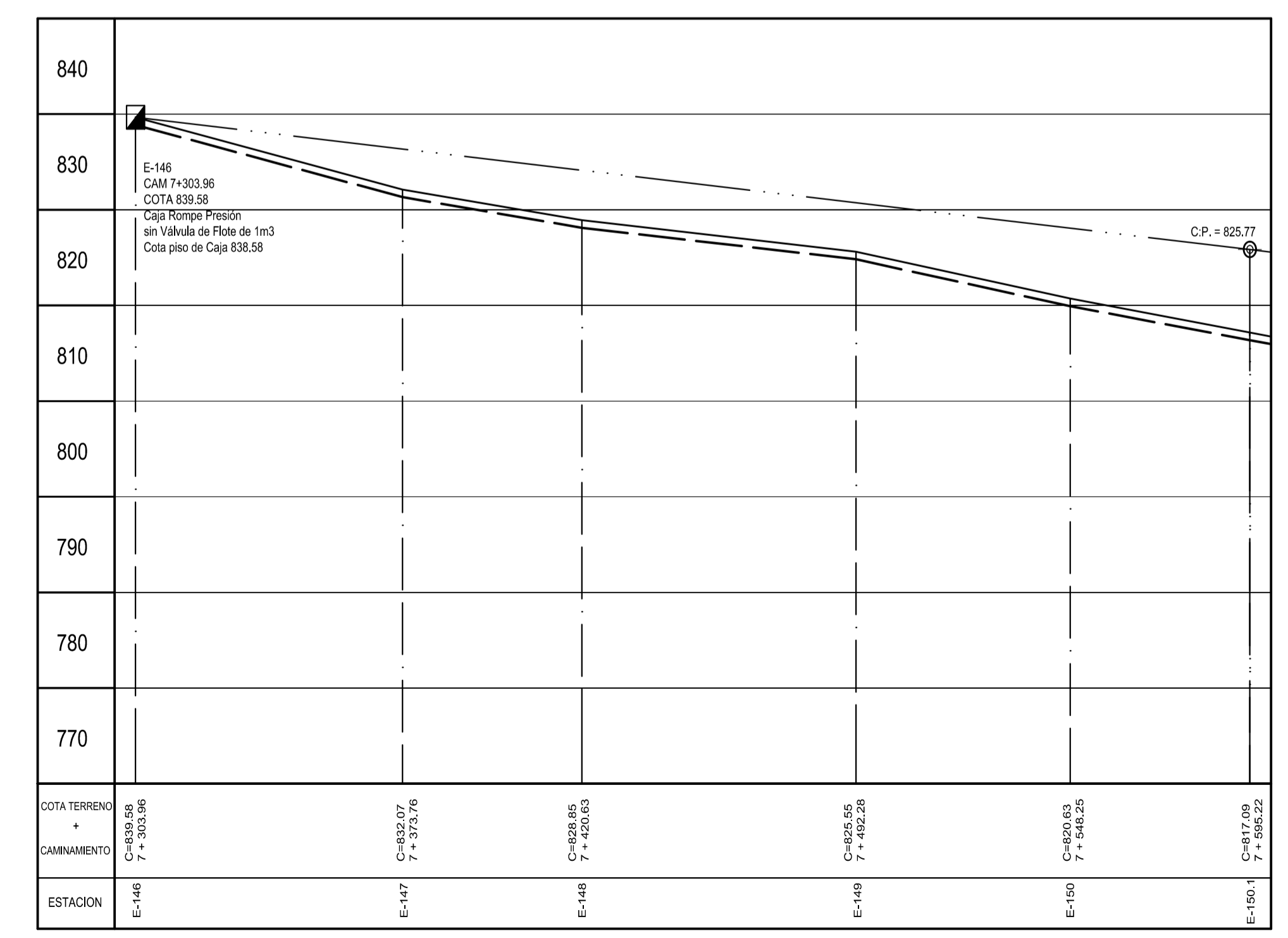
DE E-137 A E-150.1

ESCALA HORIZONTAL 1:1000  
ESCALA VERTICAL 1:500

SIMBOLOGIA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	CAJA DE CAPTACIÓN
	CAJA UNIFICADORA DE CAUDALES
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
	CAJA ROMPE PRESIÓN SIN VÁLVULA DE FLOTE
	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN
	LÍNEA DE TERRENO
	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN
	ESTACIÓN
	CORDO A 90°
	CORDO A 45°
	TEE
	CRUZ
	REDUCIDOR BUSHING
	TAPÓN HEMBRA
	VÁLVULA DE COMPUERTA
	VÁLVULA DE AIRE
	VÁLVULA DE LIMPIEZA
	CASA




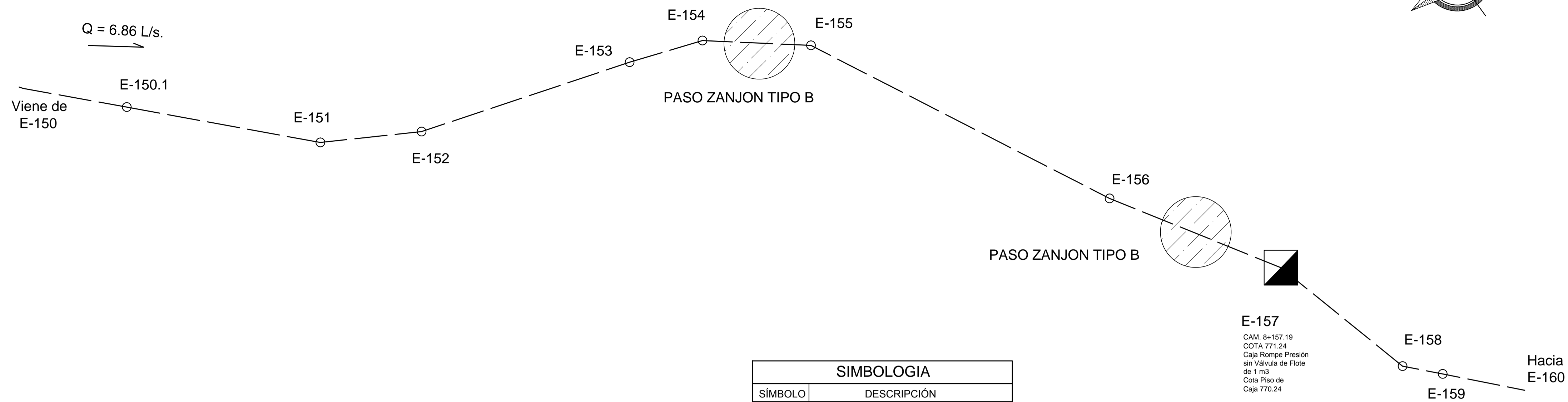
104 tubos PVC 160 PSI Ø2 1/2" + 3 tubos HG LIVANO 700 PSI Ø2 1/2"



50 tubos PVC 160 PSI Ø2 1/2"



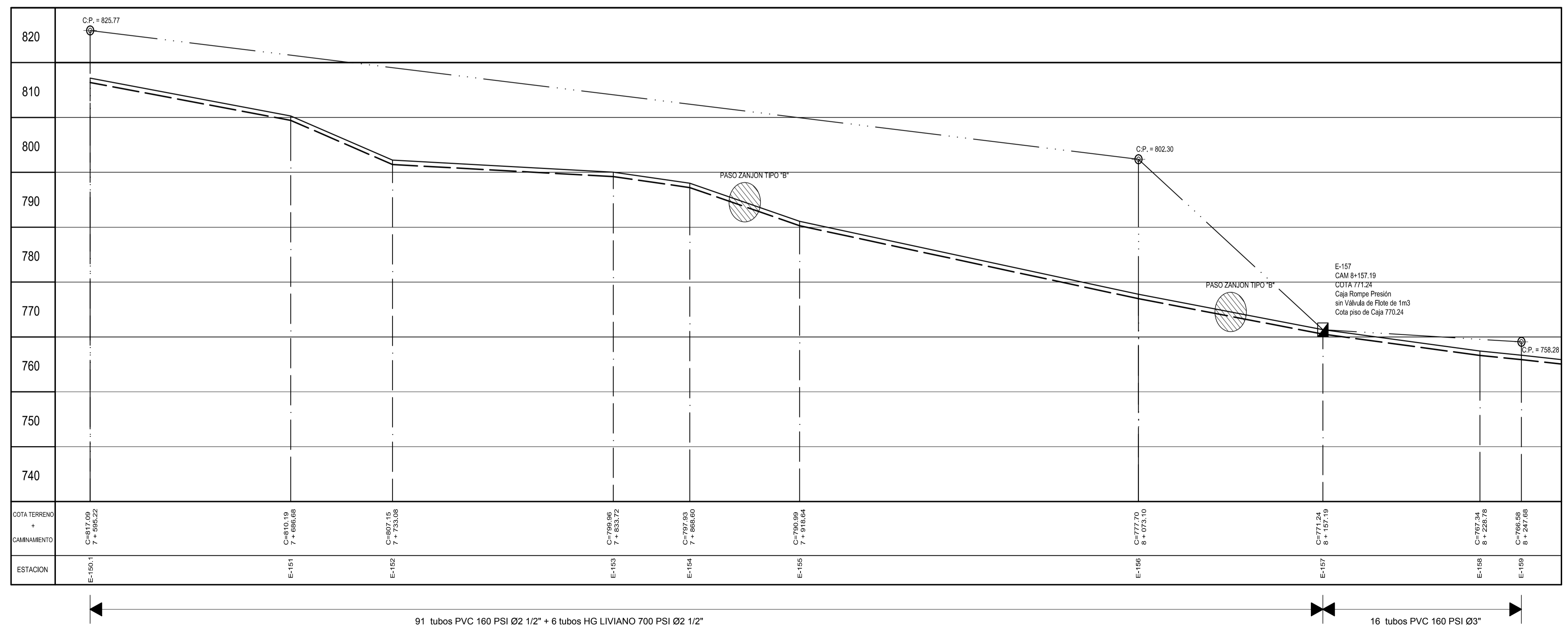
CONTENIDO: LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA Y PERFIL E-150.1 A E-159		
PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE		
FECHA: MAYO 2017	Lugar: CASERÍOS SANTO DOMINGO II Y EL NARANJAL	HOJA No. 11 / 25
ESCALA: INDICADA	Municipio: SAN PABLO	
TOPOGRAFÍA: DMP	Departamento: SAN MARCOS	
DISEÑO Y CÁLCULO: KEVIN OROZCO		
DIBUJO: KEVIN OROZCO		
F) PROPIETARIO		F) ASESOR UNIDAD EPS




SIMBOLOGIA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	CAJA DE CAPTACIÓN
	CAJA UNIFICADORA DE CAUDALES
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
	CAJA ROMPE PRESIÓN SIN VÁLVULA DE FLOTE
	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN
	LÍNEA DE TERRENO
	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN
	ESTACIÓN
	CODO A 90°
	CODO A 45°
	TEE
	CRUZ
	REDUCIDOR BUSHING
	TAPÓN HEMBRA
	VÁLVULA DE COMPUERTA
	VÁLVULA DE AIRE
	VÁLVULA DE LIMPIEZA
	CASA

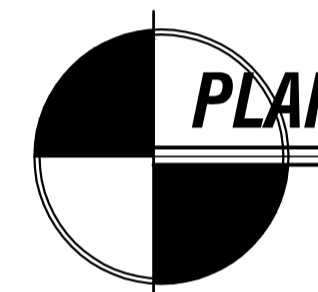
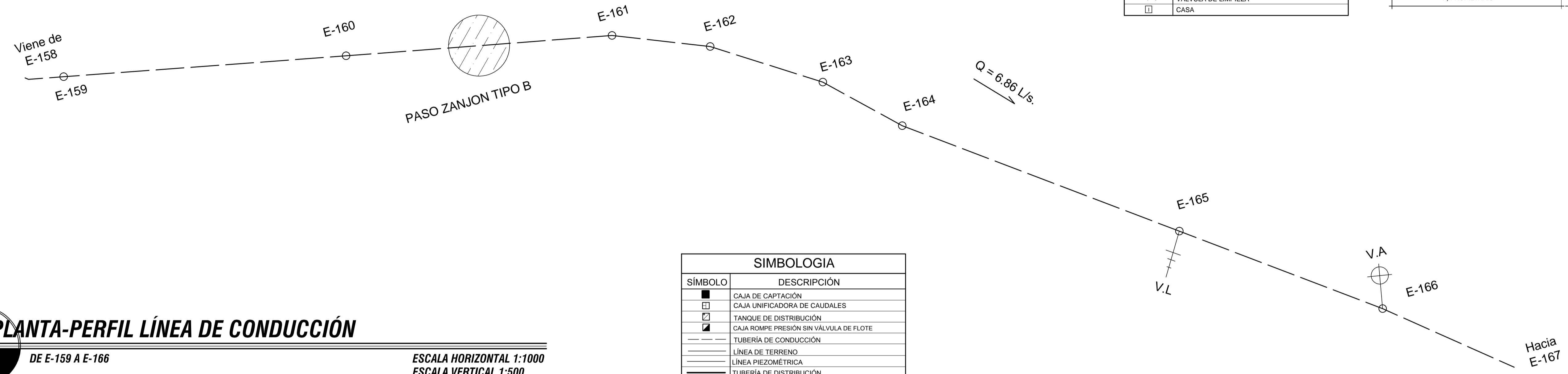
**PLANTA-PERFIL LÍNEA DE CONDUCCIÓN**  
DE E-150.1 A E-159

ESCALA HORIZONTAL 1:1000  
ESCALA VERTICAL 1:500



SIMBOLOGIA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
■	CAJA DE CAPTACION
□	CAJA UNIFICADORA DE CAUDALES
□	TANQUE DE DISTRIBUCION
□	CAJA ROMPE PRESION SIN VALVULA DE FLOTE
---	TUBERIA DE CONDUCCION
---	LINEA DE TERRENO
---	LINEA PIEZOMETRICA
---	TUBERIA DE DISTRIBUCION
○	ESTACION
⊙	CODO A 90°
⊙	CODO A 45°
⊕	TEE
⊕	CRUZ
▽	REDUCIDOR BUSHING
⊖	TAPON HEMBRA
⊗	VALVULA DE COMPUERTA
⊕	VALVULA DE AIRE
⊕	VALVULA DE LIMPIEZA
□	CASA

CONTENIDO: LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA Y PERFIL E-159 A E-166		
PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE		
FECHA: MAYO 2017	Lugar: CASERÍOS SANTO DOMINGO II Y EL NARANJAL	HOJA No. 12 / 25
ESCALA: INDICADA	Municipio: SAN PABLO	
TOPOGRAFÍA: DMP	Departamento: SAN MARCOS	
DISEÑO Y CÁLCULO: KEVIN OROZCO	DIBUJO: KEVIN OROZCO	
F) PROPIETARIO		F) ASESOR UNIDAD EPS

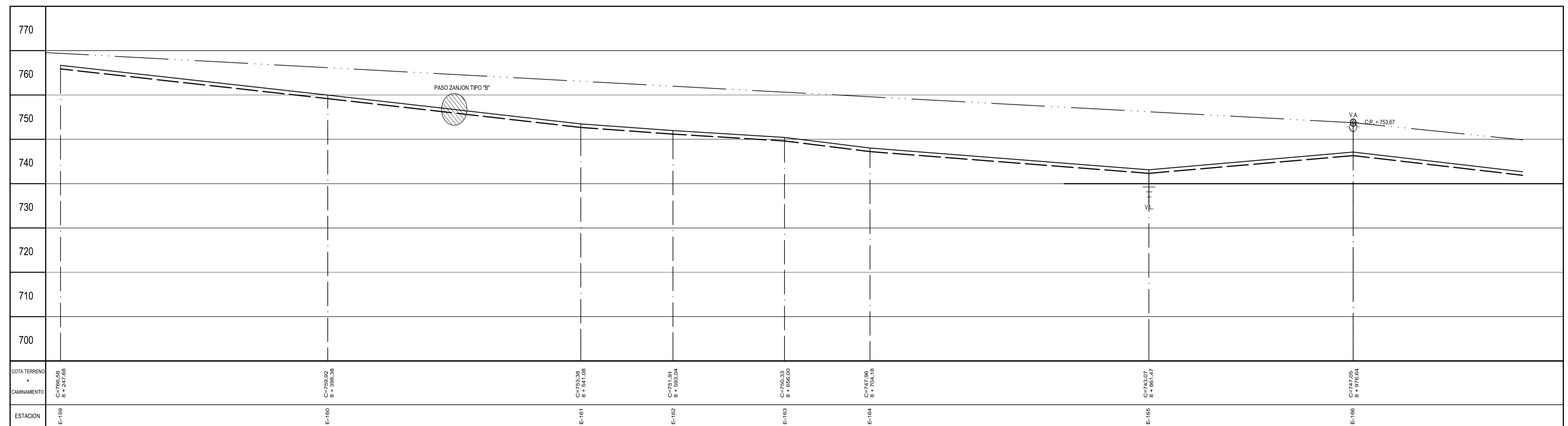


### PLANTA-PERFIL LÍNEA DE CONDUCCIÓN

DE E-159 A E-166

ESCALA HORIZONTAL 1:1000  
ESCALA VERTICAL 1:500

SIMBOLOGIA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
■	CAJA DE CAPTACIÓN
□	CAJA UNIFICADORA DE CAUDALES
□	TANQUE DE DISTRIBUCION
□	CAJA ROMPE PRESION SIN VALVULA DE FLOTE
---	TUBERIA DE CONDUCCION
---	LINEA DE TERRENO
---	LINEA PIEZOMETRICA
---	TUBERIA DE DISTRIBUCION
○	ESTACION
⊙	CODO A 90°
⊙	CODO A 45°
⊕	TEE
⊕	CRUZ
▽	REDUCIDOR BUSHING
⊖	TAPON HEMBRA
⊗	VALVULA DE COMPUERTA
⊕	VALVULA DE AIRE
⊕	VALVULA DE LIMPIEZA
□	CASA



128 tubos PVC 160 PSI Ø3" + 3 tubos HG LIVIANO 700 PSI Ø3"

Viene de  
E-165

V.A

E-166

E-167

E-168

E-169

E-169.1

E-170

E-171

E-172

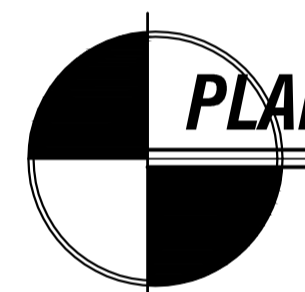
E-173

E-175  
CAM 10+022.00  
COTA 691.32  
Construir Tanque de  
Distribucion de 150 M3

E-174

Q = 6.86 L/s.

PASO ZANJON TIPO B



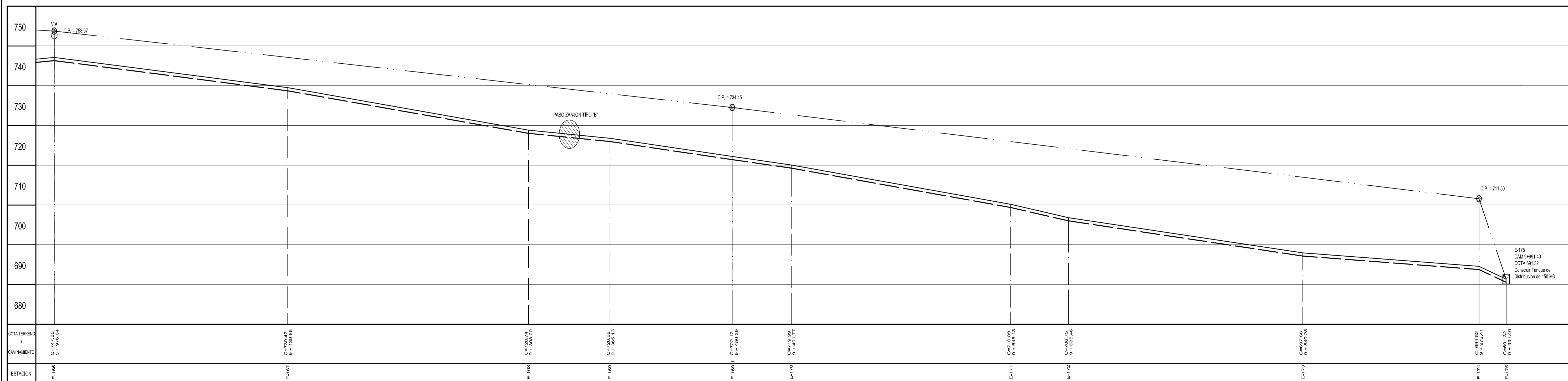
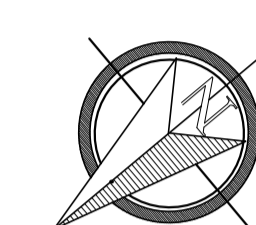
## PLANTA-PERFIL LÍNEA DE CONDUCCIÓN

DE E-166 A TANQUE DE DISTRIBUCIÓN

ESCALA HORIZONTAL 1:1000  
ESCALA VERTICAL 1:500

SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
■	CAJA DE CAPTACIÓN
□	CAJA UNIFICADORA DE CAUDALES
▣	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
▤	CAJA ROMPE PRESIÓN SIN VÁLVULA DE FLOTE
---	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN
---	LÍNEA DE TERRENO
---	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
---	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN
○	ESTACIÓN
⊙	CODO A 90°
⊘	CODO A 45°
⊕	TEE
⊗	CRUZ
⊖	REDUCIDOR BUSHING
⊙	TAPÓN HEMBRA
⊗	VÁLVULA DE COMPUERTA
⊕	VÁLVULA DE AIRE
⊖	VÁLVULA DE LIMPIEZA
□	CASA

CONTENIDO: LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA Y PERFIL E-166 A E-174		
PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE		
FECHA: MAYO 2017 ESCALA: INDICADA TOPOGRAFÍA: DMP DISEÑO Y CÁLCULO: KEVIN OROZCO DIBUJO: KEVIN OROZCO	Lugar: CASERÍOS SANTO DOMINGO II Y EL NARANJAL Municipio: SAN PABLO Departamento: SAN MARCOS	HOJA No. 13 / 25
F) PROPIETARIO		F) ASESOR UNIDAD EPS



112 tubos PVC 160 PSI Ø3" + 3 tubos HG LIVIANO 700 PSI Ø3"

75 tubos PVC 160 PSI Ø2 1/2"



CONSTRUIR TANQUE DE DISTRIBUCION DE 150m3 COTA PISO DE CAJA 683.37

**CONTENIDO:**  
**CONJUNTO LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN**

PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

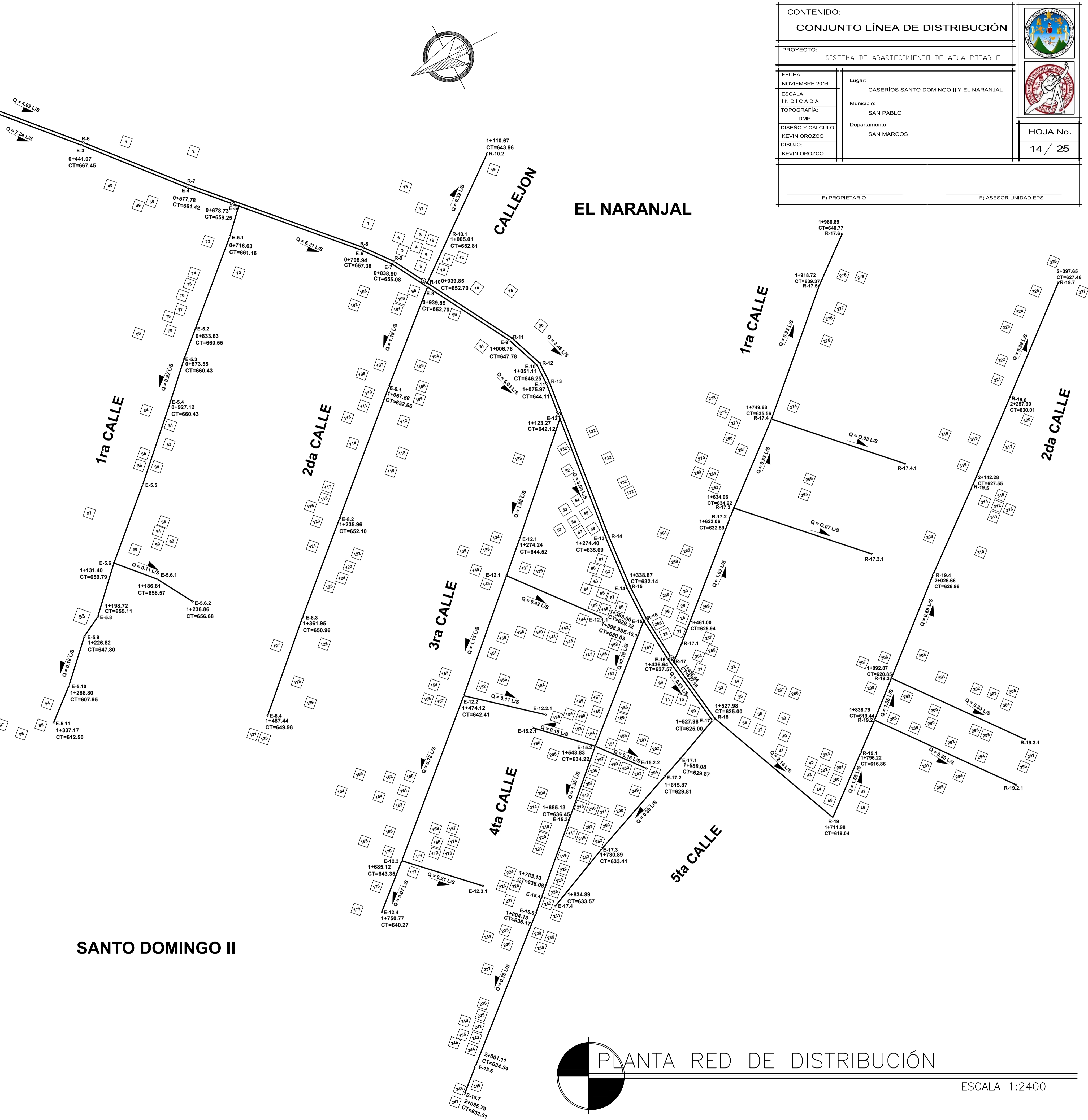
FECHA: NOVIEMBRE 2016  
 ESCALA: 1:2400  
 TOPOGRAFIA: DMP  
 DISEÑO Y CÁLCULO: KEVIN OROZCO  
 DIBUJO: KEVIN OROZCO

Lugar: CASERÍOS SANTO DOMINGO II Y EL NARANJAL  
 Municipio: SAN PABLO  
 Departamento: SAN MARCOS

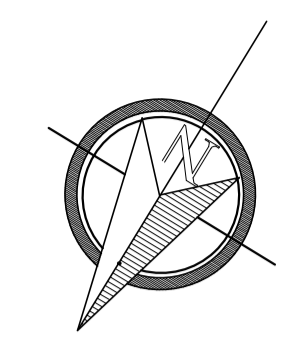
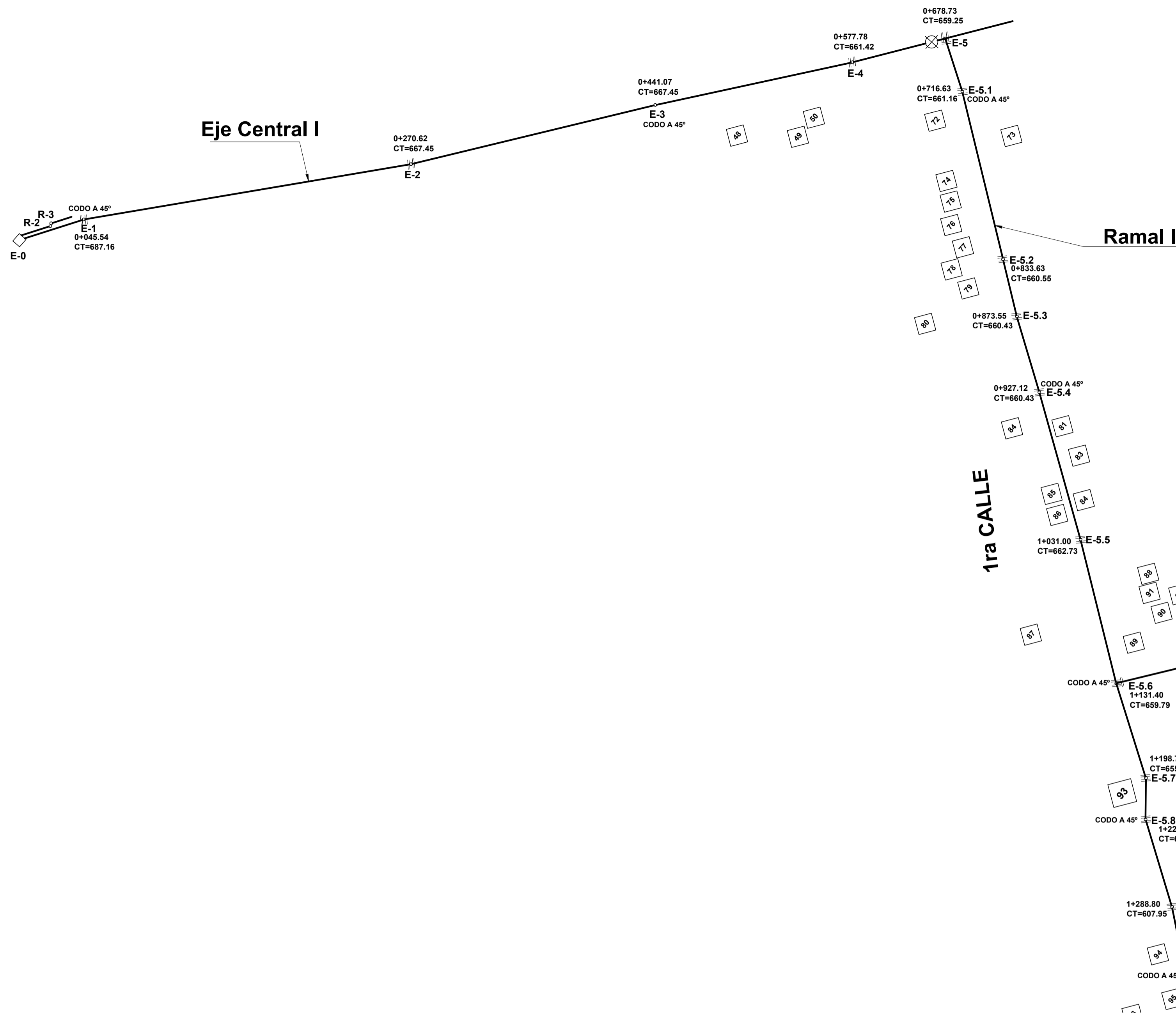
HOJA No. 14 / 25

F) PROPIETARIO F) ASESOR UNIDAD EPS

CASAS		CASAS		CASAS		CASAS	
No.	BENEFICIARIOS	No.	BENEFICIARIOS	No.	BENEFICIARIOS	No.	BENEFICIARIOS
1	MARIO MARTINEZ GOMEZ	83	ARTURO HERNANDEZ	165	MENFIL DIAZ	247	OLIMPIA RAMIREZ
2	LORENZO RAFAEL LOPEZ LOPEZ	84	BERNARDO BARRIOS	166	FAUSTO SAMUEL BARRIOS	248	MARCO TULIO FUENTES
3	OLENA ALBUREZ	85	EFRAIN BARRIOS	167	CELESTINO CHAVEZ	249	AURY MACARIO
4	ANIBAL BARRIOS LOPEZ	86	MARÍA LUCINDA LOPEZ JUAREZ	168	MAXIMINO CHAVEZ	250	REINA SONDOVAL
5	ALDO LOPEZ	87	MARIA DEL CARMEN CHUTA	169	YOLANDA RUIZ	251	BYRON CHAVEZ
6	ROMEO MAZARIEGOS	88	ROLANDO	170	AURELIO MENDEZ	252	IRIS AGUEDA
7	SALVADOR BARRIOS	89	MIGUELINA PEREZ	171	MARIN MAZARIEGOS	253	PATRICIA MACARIO
8	ANIBAL BARRIOS LOPEZ	90	ALEX GEOVANI YOC	172	EMILIO PEREZ	254	TERESA RAMIREZ
9	ALDO LOPEZ	91	OSCAR FRANCISCO CHAVEZ	173	URBANO MONZON	255	MARY ROXANA BALTAZAR
10	ROMULO MENDEZ	92	RAFAEL CHAVEZ	174	ISMAEL MONZON	256	ERASMO RODRIGUEZ
11	JUAN DOMINGO LOPEZ	93	MIGUEL ANGEL LOPEZ R.	175	MIRIAM HORTENCIA MENDEZ	257	GUDIEL RODRIGUEZ
12	OTTO ORLANDO CHILEL	94	EVA SOLIS	176	MATEO SANTOS LOPEZ	258	GRACIELA BALTAZAR
13	JOSE ANGEL MALDONADO	95	ROSA SOLIS	177	EVA DE PEREZ	259	ELFEGO FEDERICO YOC
14	PEDRO ALTOPIA	96	ZOILA SOLIS	178	GUILLERMO LOPEZ	260	THELMA ELIZABETH CHILEL
15	CLEMENTE BALTAZAR	97	ELVIRA SOLIS	179	MRIA GOMEZ	261	RENE PEREZ CHILEL
16	ROMEO MAZARIEGOS	98	FRANCISCO VELASQUEZ	180	ESWIN RAMIREZ	262	MARIA ROSARIO RAMOS
17	SALVADOR BARRIOS	99	RODEMIR MENDEZ	181	JUAN RAMIREZ	263	NOE ROMERO
18	CATALINA MODESINA CHILEL	100	WILFIDO LOPEZ	182	MYNOR PEREZ	264	PAULO JACINTO LAINEZ
19	HORACIO DE LEON	101	MARIANO LOPEZ MAZARIEGOS	183	AUDELIO RAMIREZ	265	OSMAR MARINO CHUM RODRIGUEZ
20	GILDA DE SOLIS	102	PIEDAD BLANDINA ALMENGOR	184	RUDY ROCAEL RAMIREZ	266	FRANCISCO PEREZ
21	RIGOBERTO NAPOLEON MAZARIEGOS	103	NORMA LISBETH VELASQUEZ	185	HEINER ORLANDO MENDEZ ANGEL	267	CELIA LUCILA MENDEZ
22	ADAN CESAR ORTIZ	104	GONZALO ROBLERO PEREZ	186	JUSTINIANO BALTAZAR MENDEZ LOPEZ	268	FRANCISCO JAVIER PEREZ MENDEZ
23	MARIA LUCINDA LOPEZ RAMOS	105	JUAN DE LEON	187	ULISA ADELINA YOC YOC	269	EDMAN MARTIN
24	ELIDA ELIZABETHPAZ YOC	106	CESAR AUGUSTO CHAVEZ	188	ABNER ESTUARDOMENDEZ ANGEL	270	MARIA GONZALEZ
25	CESAR AUGUSTO YOC DIAZ	107	ARNULFO VELASQUEZ	189	LILIAN ADELAYDA MENDEZ ANGEL	271	NERY MARTIN
26	GUILLERMINA DE YOC	108	LILIAN AMARILIS MENDEZ ANGEL	190	LUIS ALEXANDER MENDE ANGEL	272	AGUSTIN MARTIN
27	EDILTON YOC DIAZ	109	JUAN TOMAS RODRIGUEZ	191	MARIBEL CLEMENCIA LOPEZ BRAVO	273	MYNOR MARTIN
28	ERWIN YOC DIAZ	110	PEDRO CHILEL MENDEZ	192	GREGORIO BALTAZAR	274	IRENE MENDEZ
29	CLAUDIN YOC DIAZ	111	IRIS MAGALY CHILEL	193	DAVID OCHOA	275	EVELIO MIRANDA
30	ALICIA FLORIDALMA DIAZ	112	SIDERIO VERDUGO ESCALANTE	194	DAVID NEFTALI OCHOA	276	GILBERTO DE LEON
31	JOSE BALTAZAR	113	ODILIA SOTO	195	AIDA MARIFLOR ARTEMIO	277	JUAN DE LEON
32	WILSON PEREZ	114	CAROLINA MARTIN	196	ARTEMIO ROLANDO KOPEZ GARCIA	278	LUCILA CLEMENTE
33	MARIO PERZ	115	ROSA PEREZ LOPEZ	197	PAULINO LEONEL LOPEZ	279	WILSON CHIM
34	ANTULIO PEREZ	116	CELIO AMADEO LOPEZ	198	SILVESTRE FUENTES	280	ALICIA DE RAMIREZ
35	DARIO BALTAZAR	117	ODILIA DE RAMIREZ	199	EDY YOC MENDEZ	281	ISABEL LOPEZ DE ECHEVERRIA
36	FAUSTINO CHUM	118	ROBERTA MACARIO	200	NELSON YOC MENDEZ	282	ISMAEL HERNANDEZ ECHEVERRIA
37	TITO EMERILDO CHUM	119	NAALIA MELCHOR	201	MANFREDO GAMBOA	283	RODOLFO RAMIREZ
38	YHOAIDA CHUM	120	MARCOS ROBLERO MORALES	202	HILMER DOMINGUEZ	284	BALDOMERO MONZON
39	ERIBERTO EVELIO SANTOS	121	JUANA MELCHOR	203	IGLESIA EVANGELICA ARBOL DE VIDA	285	JOSE SESUS RAMIREZ Y RAMIREZ
40	ALBERTO ALEJANDRO LOPEZ	122	FELIX ANGEL	204	MARGARITO PEREZ MENDEZ	286	BALDOMERO MONZON
41	PATRICIA LOPEZ	123	HEBER ANGEL	205	CRISOLOGO VERDUGO	287	ERIBERTO MONZON
42	JOSE JUAREZ	124	FELIX FRANCISCO ANGEL	206	RUBEN VASQUEZ	288	FIDEL VELASQUEZ
43	INGRID JUAREZ	125	SERGIO ISAIA LOPEZ	207	PEDRO AUGUSTO VASQUEZ	289	ABEL ANICETO CHILEL
44	SENAIDO JUAREZ	126	JUAN HERNANDEZ	208	AMILCAR MENDEZ	290	IGLESIA ADVENTISTA DEL 7o. DIA
45	TITO OVALLE	127	MARGARITA CHILEL	209	EMILIO TUL	291	RAMON RAMOS
46	AIDA MORALES	128	FRANCISCO PEREZ LOPEZ	210	MARCELINO ADOLFO MARROQUIN LOPEZ	292	CATALINA
47	LIMBER MORALES	129	JAIME MAZARIEGOS	211	CRISTOBAL PAUL PEREZ	293	GABINO ESTEBAN
48	EMILIO FRANCISCO BALTAZAR	130	MARIA OLIMPIA MARTIN NIZ	212	ISABEL CHUM	294	ADELA RAMOS
49	FLORINDO PEREZ	131	MARIO ENRIQUE PEREZ LOPEZ	213	HERMELINDO RABANALES	295	CATALINA CASTAÑON
50	ELENA PEREZ	132	WALTER MORALES	214	SILVIA OLINDA CHILEL	296	ALBERTO CHUM
51	EDUARDO NEFTALI VASQUEZ	133	EDELTA GUZMAN	215	DORA LILI RABANALES	297	MARVIN HRTINEZ
52	VICTOR GOMEZ	134	CATALINA RAMIREZ GOMEZ	216	CLODOMIRO RABANALES	298	LUDIN NEHEMIAS MIRANDA
53	OSCAR OSWALDO CHUM	135	BENJAMIN PEREZ	217	ESMERALDA OROZCO	299	VICTOR MANUEL ESTEBAN
54	JOSE DAVID CHUM	136	RENE SALIC	218	TEODORO MENDEZ	300	MARCO ANTONIO GUILLEN
55	RENE FEDERICO CHUM RODRIGUEZ	137	JOSE FRANCISCO HERNANDEZ	219	VICENTE HERNANDEZ	301	YESICA MARIBEL MAURICIO
56	MARIA ISABEL CHUM RODRIGUEZ	138	JORGE ARAGON GOMEZ	220	CARLOS E. MADRID	302	SILVIO JOEL RODRIGUEZ RAMIREZ
57	DENIS NEHEMIAS CHUM YOC	139	NELSON ODILIO VELASQUEZ	221	EDWIN MADRID	303	AUGUSTO JUVENTINO RODRIGUEZ
58	MARIA ANGELA RODRIGUEZ	140	JORGE FLORINDO NIZ PEREZ	222	ARMANDO ERMITAÑO HERNANDEZ	304	ODDULIO SOTO
59	FREDY ARMANDO CHUM RODRIGUEZ	141	LUIS EDUARDO NIZ PEREZ	223	HORACIO HERMELINDO HERNANDEZ CHUM	305	VIRGINIA SOTO
60	THELMA RUBI RAMIREZ	142	ANTONIA ANGEL	224	OSCAR LOPEZ	306	EDY SOTO
61	RONI ALEXANDER RAMIREZ	143	LUCIA DE LEON	225	ARMANDO CHAVEZ	307	ODDIO SOTO
62	RUDY ALBERTO RAMIREZ	144	REINA LUCRECIA MONZON	226	MARCELINO CHAVEZ	308	MARGARITA RAMOS LOPEZ
63	OLIVIA MARIEL RAMIREZ	145	JUSTO CHAVEZ	227	MARVIN YOBANI CHAVEZ	309	PEDRO CHILEL
64	MARGARITO RAMIREZ	146	NERY LOPEZ GUZMAN	228	HECTOR RENE CHAVEZ	310	AUGUSTO LOPEZ HERNANDEZ
65	AURA LORENA RAMIREZ	147	ADELINA LOPEZ	229	HORTENCIA CHAVEZ	311	MANUEL RAMIREZ
66	EVELIO GAMALIEL RAMIREZ	148	NORA SALIC	230	SAMUEL DE LEON	312	MIRKA OLEGARIA RAMIREZ
67	GERARDO RAMIREZ	149	JUAN CARLOS SALIC	231	CARLOS CLEMENTE	313	URBANO PEREZ MAZARIEGOS
68	CRISOLOGO VERDUGO ESCALANTE	150	FRANCISCO HERNANDEZ PEREZ	232	ALVA LUCRECIA PEREZ LOPEZ	314	EVELIO CHILEL
69	RAFAEL RAMIREZ	151	BLANCA LETICIA HERNANDEZ	233	PERFEACTO NIZ	315	BARTTOLA LOPEZ RODAS
70	MIGUEL ANGEL RAMIREZ	152	RUBEN PRADO	234	HUMBERTO NIZ	316	SILVESTRE MENDEZ
71	INGRID MARICELA RAMIREZ	153	JORGE LUIS MAZARIEGOS	235	MIGUEL CHAVEZ MARTINEZ	317	KEVIN PACHECO
72	RODOLFO Y ROLANDO ZACARIAS	154	ESCUELA NACIONAL DE PARVULOS	236	EDGAR MEOÑO	318	TITO PACHECO
73	JUAN JOSE CHUM	155	ILEANA ISABEL ENRIQUEZ DE MAZARIEGOS	237	JUAN DE LEON	319	CHALY PACHECO
74	SAQUEO SANCHEZ	156	ANIBAL LICARDI	238	MISAEEL DE LEON	320	NOE RAMOS
75	MAURILIO VELASQUEZ	157	JUAN RAMOS	239	LUIS HERNANDEZ	321	ERNESTO DE LEON
76	MATILDE LOPEZ JUAREZ	158	RODERICO RAMOS	240	JEREMIAS OSORIO	322	AMELIA DE LEON
77	ROMY GUDIEL RODRIGUEZ	159	RUDY RODERICO RAMOS	241	NOE OSORIO	323	ANICETO CHILEL
78	OTILIA LUCIANA RAMIREZ CHUM	160	AURY CASTILLO	242	EDUARDO HERNANDEZ	324	VICTOR ANTONIO PEREZ ROMERO
79	NICOLASA NATIVIDAD CHILEL	161	LEONARDO NEFTALI RAMOS	243	EMY VASQUEZ	325	VITALINA DE LEON
80	AVILIO ERNESTO MENDEZ	162	JORGE ENRIQUE FUENTES	244	DELFINA SALVADOR	326	CRESCENCIO MAZARIEGOS
81	ALBERTO CHUM	163	BARTOLO REBACH	245	BERCY VASQUEZ	327	ERWIN RICARDO MAZARIEGOS
82	DANIEL ALERTO CHUM	164	OLIVIA NOLASCO	246	MAURA LETICIA DE LA CRUZ		







No.	BENEFICIARIOS
48	EMILIO FRANCISCO BALTAZAR
49	FLORINDO PEREZ
50	ELENA PEREZ
72	RODOLFO Y ROLANDO ZACARIAS
73	JUAN JOSE CHUM
74	SAQUEO SANCHEZ
75	MAURILIO VELASQUEZ
76	MATILDE LOPEZ JUAREZ
77	RONY GUDIEL RODRIGUEZ
78	OTILIA LUCIANA RAMIREZ CHUM
79	NICOLASA NATIVIDAD CHILEL
80	AVILIO ERNESTO MENDEZ
81	ALBERTO CHUM
82	DANIEL ALERTO CHUM
83	ARTURO HERNANDEZ
84	BERNARDO BARRIOS
85	EFRAIN BARRIOS
86	MARIA LUCINDA LOPEZ JUAREZ
87	MARIA DEL CARMEN CHUTA
88	ROLANDO
89	MIGUELINA PEREZ
90	ALEX GEOVANI YOC
91	OSCAR FRANCISCO CHAVEZ
92	RAFAEL CHAVEZ
93	MIGUEL ANGEL LOPEZ R.
94	EVA SOLIS
95	ROSA SOLIS
96	ZOILA SOLIS
97	ELVIRA SOLIS

**CONTENIDO: LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN PLANTA Y PERFIL E-0 A E-5.10**

PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

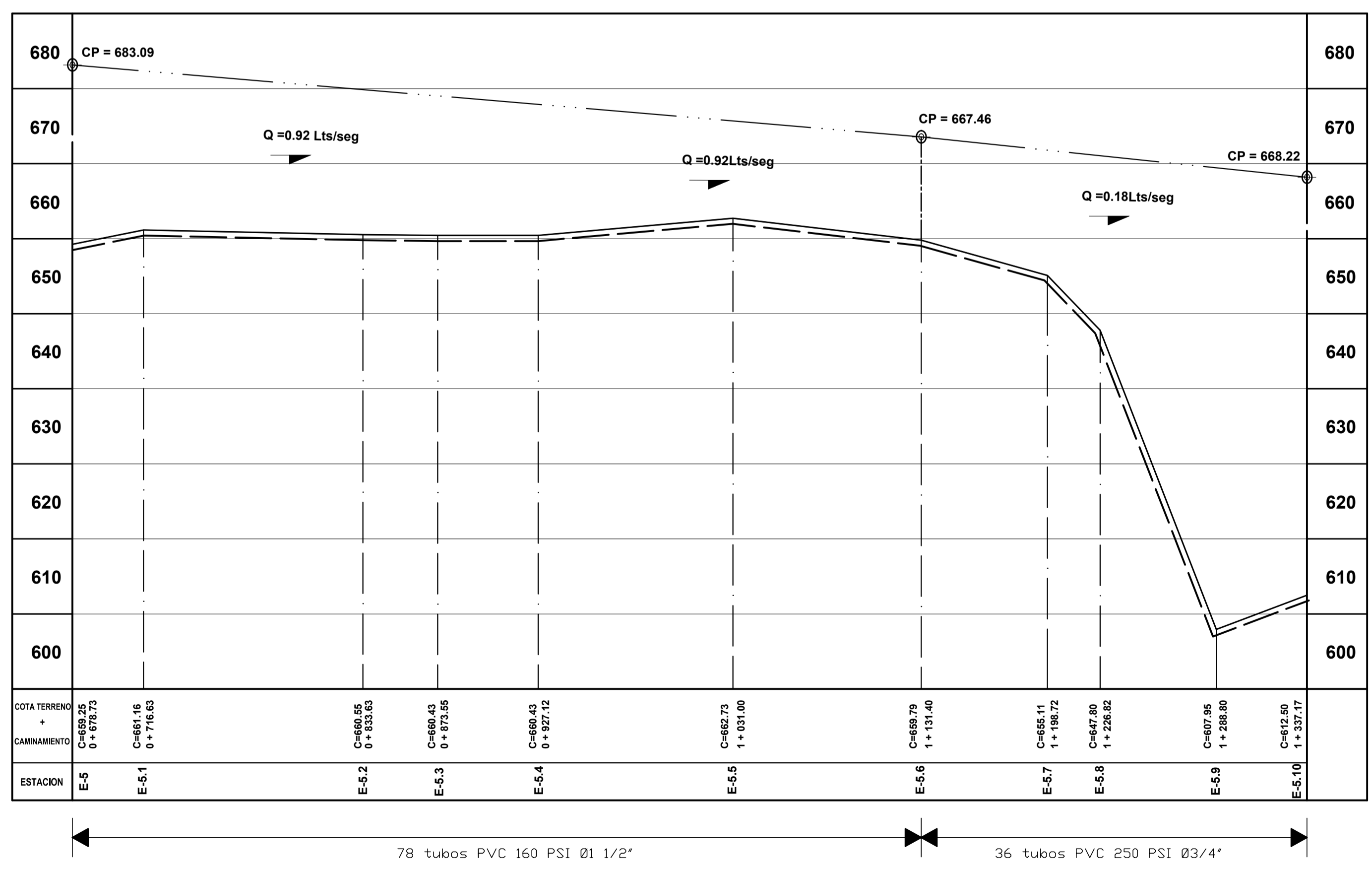
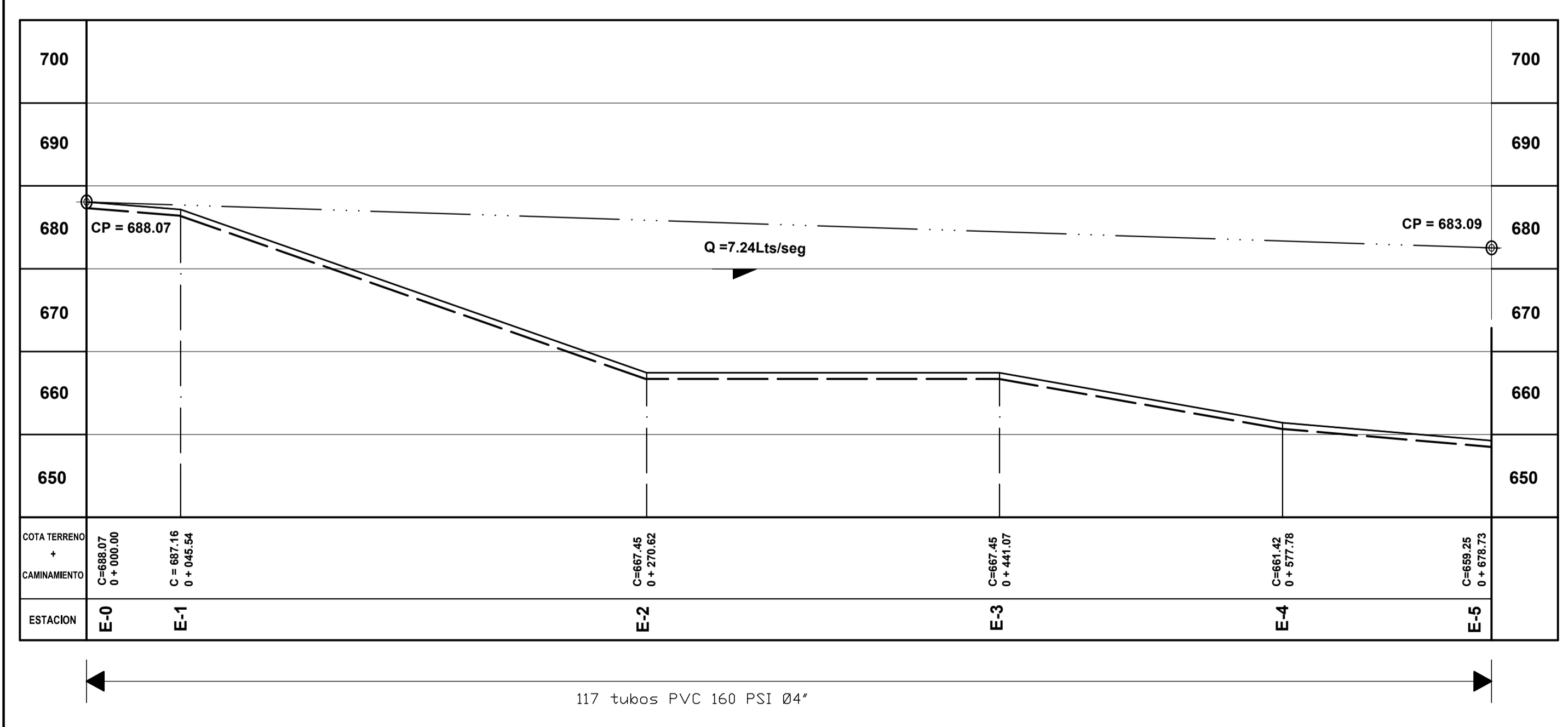
FECHA: NOVIEMBRE 2016  
 ESCALA: INDICADA  
 TOPOGRAFIA: DMP  
 DISEÑO Y CÁLCULO: KEVIN OROZCO  
 DIBUJO: KEVIN OROZCO

Lugar: CASERÍOS SANTO DOMINGO II Y EL RANJAL  
 Municipio: SAN PABLO  
 Departamento: SAN MARCOS

HOJA No. 15 / 25

F) PROPIETARIO F) ASESOR UNIDAD EPS

SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	CAJA DE CAPTACIÓN
	CAJA UNIFICADORA DE CAUDALES
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
	CAJA RMPE PRESION SIN VALVULA DE FLOTE
	TUBERIA DE CONDUCCIÓN
	LÍNEA DE TERREND
	LÍNEA PIEZOMETRICA
	TUBERIA DE DISTRIBUCIÓN
	ESTACIÓN
	CODO A 90°
	CODO A 45°
	TEE
	CRUZ
	REDUCIDOR BUSHING
	TAPÓN HEMBRA
	VALVULA DE COMPUERTA
	VALVULA DE AIRE
	VALVULA DE LIMPIEZA
	CASA



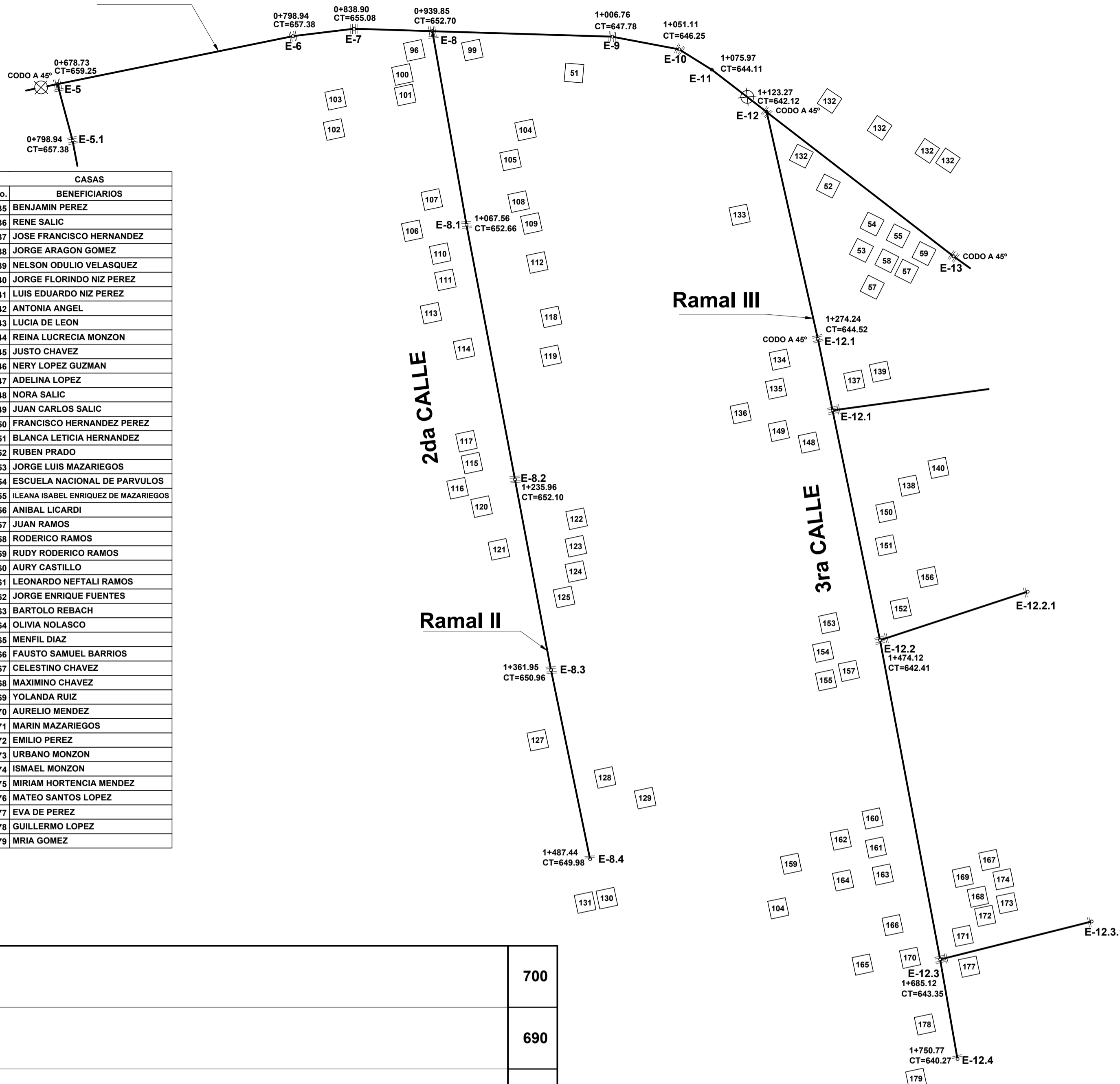
**PLANTA Y PERFIL**  
Eje Central I

ESCALA :  
Vertical : 1 / 500  
Horizontal : 1 / 2000

**PLANTA Y PERFIL**  
Ramal I

ESCALA :  
Vertical : 1 / 500  
Horizontal : 1 / 2000

### Eje Central I



CASAS		CASAS	
No.	BENEFICIARIOS	No.	BENEFICIARIOS
51	EDUARDO NEFTALI VASQUEZ	135	BENJAMIN PEREZ
93	MIGUEL ANGEL LOPEZ R.	136	RENE SALIC
94	EVA SOLIS	137	JOSE FRANCISCO HERNANDEZ
95	ROSA SOLIS	138	JORGE ARAGON GOMEZ
96	ZOILA SOLIS	139	NELSON ODULIO VELASQUEZ
97	ELVIRA SOLIS	140	JORGE FLORINDO NIZ PEREZ
98	FRANCISCO VELASQUEZ	141	LUIS EDUARDO NIZ PEREZ
99	RODEMIRO MENDEZ	142	ANTONIA ANGEL
100	WILFIDO LOPEZ	143	LUCIA DE LEON
101	MARIANO LOPEZ MAZARIEGOS	144	REINA LUCRECIA MONZON
102	PIEDAD BLANDINA ALMENGOR	145	JUSTO CHAVEZ
103	NORMA LISBETH VELASQUEZ	146	NERY LOPEZ GUZMAN
104	GONZALO ROBLERO PEREZ	147	ADELINA LOPEZ
105	JUAN DE LEON	148	NORA SALIC
106	CESAR AUGUSTO CHAVEZ	149	JUAN CARLOS SALIC
107	ARNULFO VELASQUEZ	150	FRANCISCO HERNANDEZ PEREZ
108	LILIAN AMARILIS MENDEZ ANGEL	151	BLANCA LETICIA HERNANDEZ
109	JUAN TOMAS RODRIGUEZ	152	RUBEN PRADO
110	PEDRO CHILEL MENDEZ	153	JORGE LUIS MAZARIEGOS
111	IRIS MAGALY CHILEL	154	ESCUELA NACIONAL DE PARVULOS
112	SIDERIO VERDUO ESCALANTE	155	ILEANA ISABEL ENRIQUEZ DE MAZARIEGOS
113	ODILIA SOTO	156	ANIBAL LICARDI
114	CAROLINA MARTIN	157	JUAN RAMOS
115	ROSA PEREZ LOPEZ	158	RODERICO RAMOS
116	CELIO AMADEO LOPEZ	159	RUDY RODERICO RAMOS
117	ODILIA DE RAMIREZ	160	AURY CASTILLO
118	ROBERTA MACARIO	161	LEONARDO NEFTALI RAMOS
119	NAALIA MELCHOR	162	JORGE ENRIQUE FUENTES
120	MARCOS ROBLERO MORALES	163	BARTOLO REBACH
121	JUANA MELCHOR	164	OLIVIA NOLASCO
122	FELIX ANGEL	165	MENFIL DIAZ
123	HEBER ANGEL	166	FAUSTO SAMUEL BARRIOS
124	FELIX FRANCISCO ANGEL	167	CELESTINO CHAVEZ
125	SERGIO ISAJA LOPEZ	168	MAXIMINO CHAVEZ
126	JUAN HERNANDEZ	169	YOLANDA RUIZ
127	MARGARITA CHILEL	170	AURELIO MENDEZ
128	FRANCISCO PEREZ LOPEZ	171	MARIN MAZARIEGOS
129	JAIME MAZAIEGOS	172	EMILIO PEREZ
130	MARIA OLIMPIA MARTIN NIZ	173	URBANO MONZON
131	MARIO ENRIQUE PEREZ LOPEZ	174	ISMAEL MONZON
132	WALTHER MORALES	175	MIRIAM HORTENCIA MENDEZ
133	EDELFA GUZMAN	176	MATEO SANTOS LOPEZ
134	CATALINA RAMIREZ GOMEZ	177	EVA DE PEREZ
		178	GUILLERMO LOPEZ
		179	MRIA GOMEZ

**CONTENIDO: LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN PLANTA Y PERFIL E-5 A E-12.4**

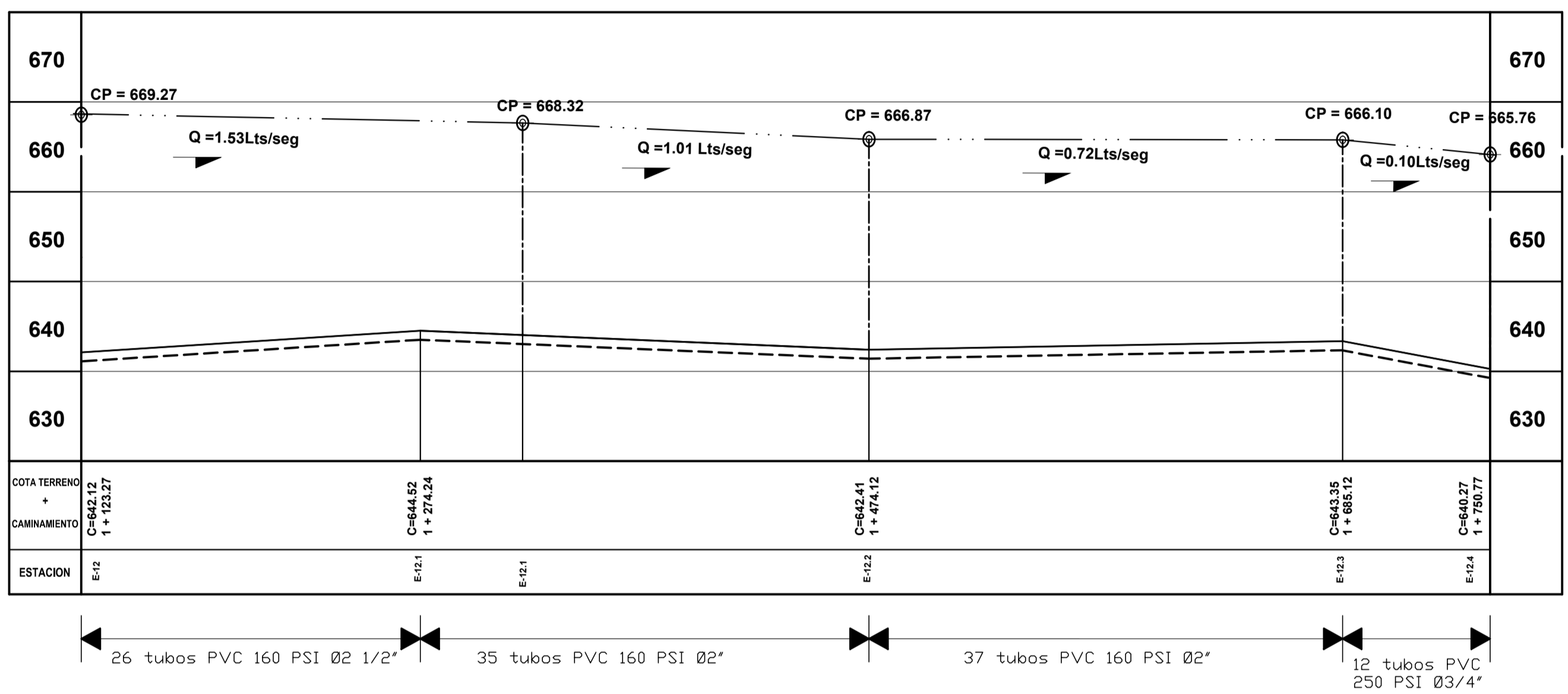
PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

FECHA: NOVIEMBRE 2016  
 ESCALA: 1:500  
 TOPOGRAFIA: DMP  
 DISEÑO Y CALCULO: KEVIN OROZCO  
 DIBUJO: KEVIN OROZCO

Lugar: CASERIOS SANTO DOMINGO II Y EL RANAJAL  
 Municipio: SAN PABLO  
 Departamento: SAN MARCOS

HOJA No. 16 / 25

F) PROPIETARIO F) ASESOR UNIDAD EPS

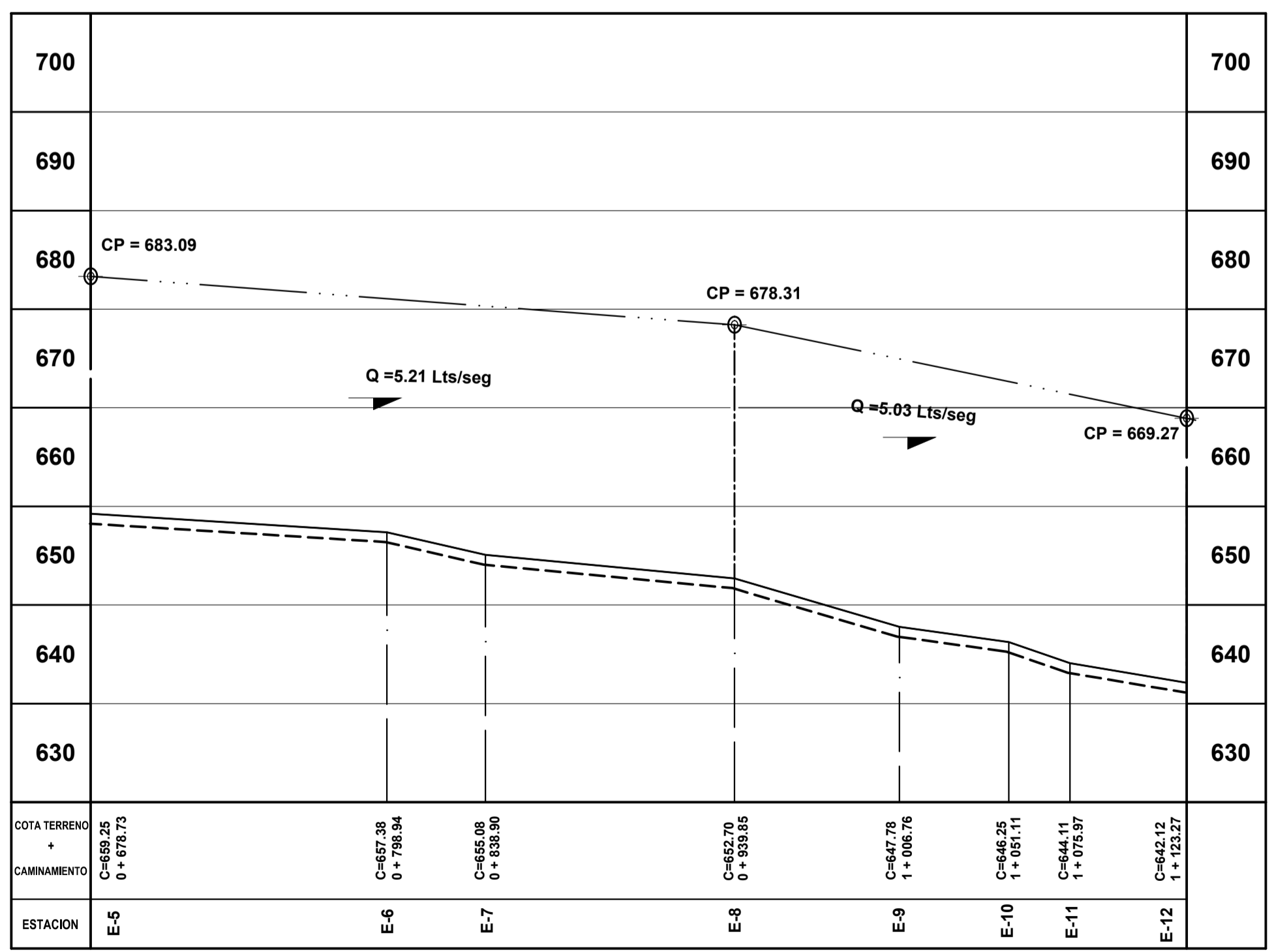


**PLANTA Y PERFIL**  
 Ramal III

ESCALA:  
 Vertical: 1 / 500  
 Horizontal: 1 / 2000

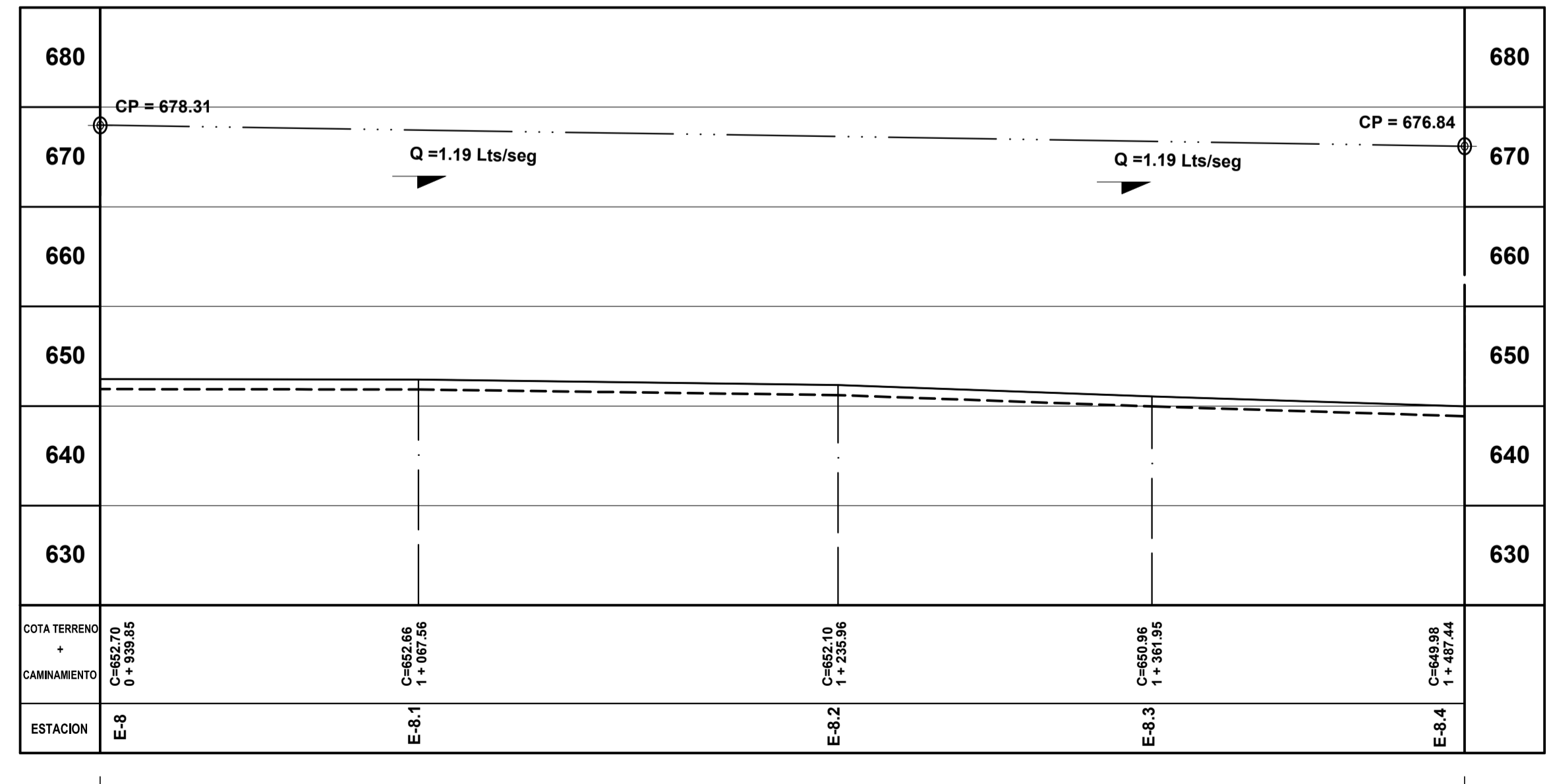
### SANTO DOMINGO II

SIMBOLOGIA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
■	CAJA DE CAPTACION
□	CAJA UNIFICADORA DE CAUDALES
▣	TANQUE DE DISTRIBUCION
▤	CAJA ROMPE PRESION SIN VALVULA DE FLOTE
---	TUBERIA DE CONDUCCION
---	LÍNEA DE TERRENDO
---	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
---	TUBERIA DE DISTRIBUCION
○	ESTACION
○	CCDD A 90°
○	CCDD A 45°
+	TEE
+	CRUZ
+	REDUCIDOR BUSHING
+	TAPON HEMBRA
+	VALVULA DE COMPUERTA
+	VALVULA DE AIRE
+	VALVULA DE LIMPIEZA
+	CASA



**PLANTA Y PERFIL**  
 Eje Central I

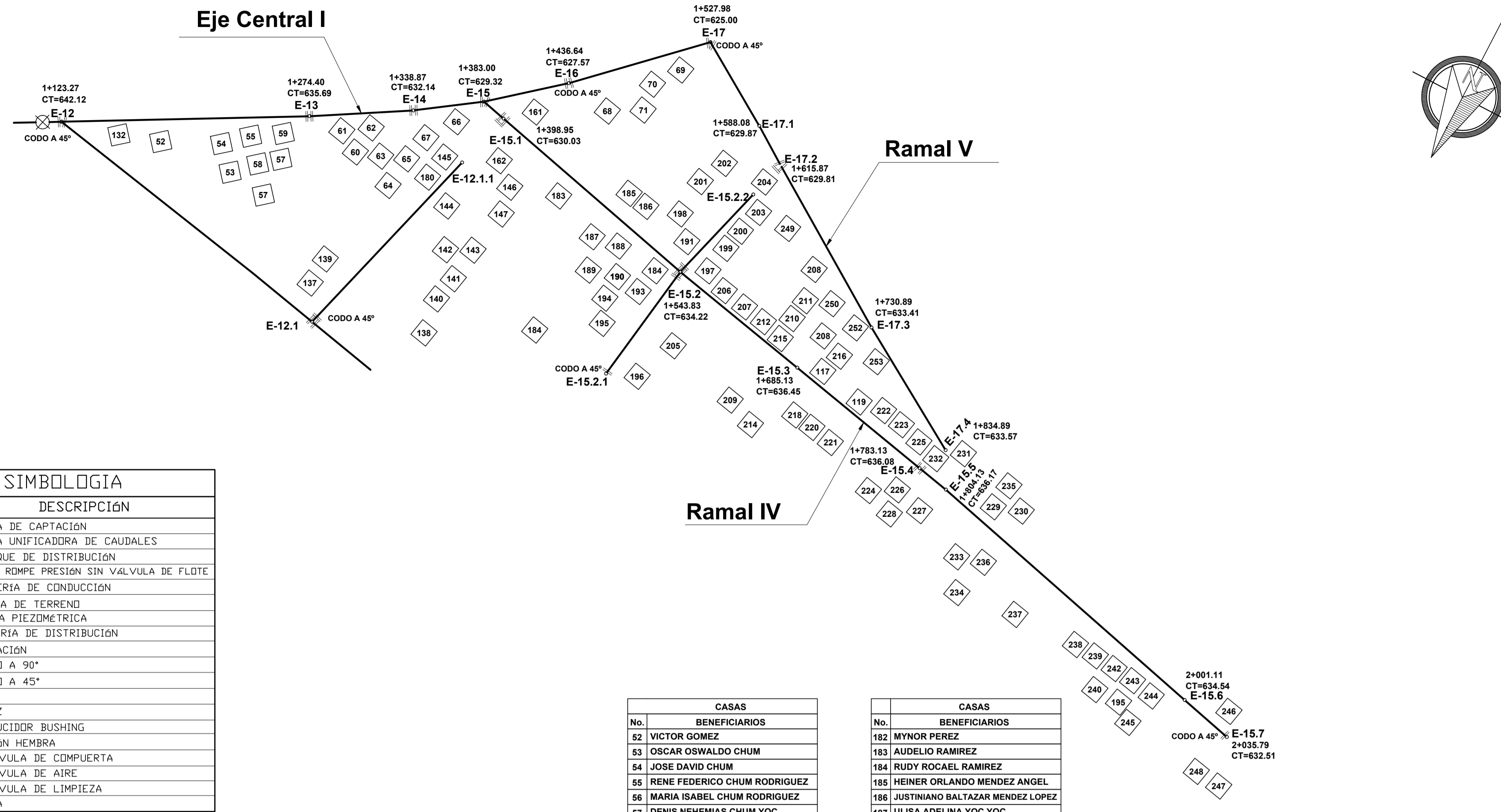
ESCALA:  
 Vertical: 1 / 500  
 Horizontal: 1 / 2000



**PLANTA Y PERFIL**  
 Ramal II

ESCALA:  
 Vertical: 1 / 500  
 Horizontal: 1 / 2000





SIMBOLOGIA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
■	CAJA DE CAPTACIÓN
□	CAJA UNIFICADORA DE CAUDALES
□	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
□	CAJA ROMPE PRESIÓN SIN VALVULA DE FLOTE
---	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN
---	LÍNEA DE TERRENO
---	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
---	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN
○	ESTACIÓN
⊙	CODO A 90°
⊙	CODO A 45°
+	TEE
+	CRUZ
+	REDUCIDOR BUSHING
+	TAPÓN HEMBRA
+	VALVULA DE COMPUERTA
+	VALVULA DE AIRE
+	VALVULA DE LIMPIEZA
□	CASA

CASAS	
No.	BENEFICIARIOS
52	VICTOR GOMEZ
53	OSCAR OSWALDO CHUM
54	JOSE DAVID CHUM
55	RENE FEDERICO CHUM RODRIGUEZ
56	MARIA ISABEL CHUM RODRIGUEZ
57	DENIS NEHEMIAS CHUM YOC
58	MARIA ANGELA RODRIGUEZ
59	FREDY ARMANDO CHUM RODRIGUEZ
60	THELMA RUBI RAMIREZ
61	RONI ALEXANDER RAMIREZ
62	RUDY ALBERTO RAMIREZ
63	OLIVIA MARIEL RAMIREZ
64	MARGARITO RAMIREZ
65	AURA LORENA RAMIREZ
66	EVELIO GAMALIEL RAMIREZ
67	GERARDO RAMIREZ
132	WALTHER MORALES
137	JOSE FRANCISCO HERNANDEZ
138	JORGE ARAGON GOMEZ
139	NELSON ODULIO VELASQUEZ
140	JORGE FLORINDO NIZ PEREZ
141	LUIS EDUARDO NIZ PEREZ
142	ANTONIA ANGEL
143	LUCIA DE LEON
144	REINA LUCRECIA MONZON
145	JUSTO CHAVEZ
146	NERY LOPEZ GUZMAN
147	ADELINA LOPEZ
150	FRANCISCO HERNANDEZ PEREZ
151	BLANCA LETICIA HERNANDEZ
152	RUBEN PRADO
153	JORGE LUIS MAZARIEGOS
154	ESCUELA NACIONAL DE PARVULOS
155	ILEANA ISABEL ENRIQUEZ DE MAZARIEGOS
156	ANIBAL LICARDI
157	JUAN RAMOS
158	RODERICO RAMOS
159	RUDY RODERICO RAMOS
160	AURY CASTILLO
161	LEONARDO NEFTALI RAMOS
162	JORGE ENRIQUE FUENTES
163	DARTOLO REBACH
164	OLIVIA NOLASCO
165	MENFIL DIAZ
166	FAUSTO SAMUEL BARRIOS
167	CELESTINO CHAVEZ
168	MAXIMINO CHAVEZ
169	YOLANDA RUIZ
170	AURELIO MENDEZ
171	MARIN MAZARIEGOS
172	EMILIO PEREZ
173	URBANO MONZON
174	ISMAEL MONZON
175	MIRIAM HORTENCIA MENDEZ
176	MATEO SANTOS LOPEZ
177	EVA DE PEREZ
178	GUILLERMO LOPEZ
179	MRIA GOMEZ
180	ESWIN RAMIREZ
181	JUAN RAMIREZ

CASAS	
No.	BENEFICIARIOS
182	MYNOR PEREZ
183	AUDELIO RAMIREZ
184	RUDY ROCAEL RAMIREZ
185	HEINER ORLANDO MENDEZ ANGEL
186	JUSTINIANO BALTAZAR MENDEZ LOPEZ
187	ULISA ADELINA YOC YOC
188	ABNER ESTUARDOMENDEZ ANGEL
189	LILIAN ADELAYDA MENDEZ ANGEL
190	LUIS ALEXANDER MENDE ANGEL
191	MARIBEL CLEMENCIA LOPEZ BRAVO
192	GREGORIO BALTAZAR
193	DAVID OCHOA
194	DAVID NEFTALI OCHOA
195	AIDA MARIFLOR ARTEMIO
196	ARTEMIO ROLANDO KOPEZ GARCIA
197	PAULINO LEONEL LOPEZ
198	SILVESTRE FUENTES
199	EDY YOC MENDEZ
200	NELSON YOC MENDEZ
201	MANFREDO GAMBOA
202	HILMER DOMINGUEZ
203	IGLESIA EVANGELICA ARBOL DE VIDA
204	MARGARITO PEREZ MENDEZ
205	CRISOLOGO VERDUGO
206	RUBEN VASQUEZ
207	PEDRO AUGUSTO VASQUEZ
208	AMILCAR MENDEZ
209	EMILIO TUL
210	MARCELINO ADOLFO MARROQUIN LOPEZ
211	CRISTOBAL PAUL PEREZ
212	ISABEL CHUM
213	HERMELINDO RABANALES
214	SILVIA OLINDA CHILEL
215	DORA LILI RABANALES
216	CLODOMIRO RABANALES
217	ESMERALDA OROZCO
218	TEODORO MENDEZ
219	VICENTE HERNANDEZ
220	CARLOS E. MADRID
221	EDWIN MADRID
222	ARMANDO ERMITAÑO HERNANDEZ
223	HORACIO HERMELINDO HERNANDEZ CHUM
224	OSCAR LOPEZ
225	ARMANDO CHAVEZ
226	MARCELINO CHAVEZ
227	MARVIN YOBANI CHAVEZ
228	HECTOR RENE CHAVEZ
229	HORTENCIA CHAVEZ
230	SAMUEL DE LEON
231	CARLOS CLEMENTE
232	ALVA LUCRECIA PEREZ LOPEZ
233	PERFEACTO NIZ
234	HUMBERTO NIZ
235	MIGUEL CHAVEZ MARTINEZ
236	EDGAR MEÑO
237	JUAN DE LEON
238	MISAEEL DE LEON
239	LUIS HERNANDEZ
240	JEREMIAS OSORIO
241	NOE OSORIO
242	EDUARDO HERNANDEZ
243	EMY VASQUEZ
244	DELFINA SALVADOR
245	BERCY VASQUEZ
246	MAURA LETICIA DE LA CRUZ
247	OLIMPIA RAMIREZ

CONTENIDO: LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN  
PLANTA Y PERFIL E-12 A E-17.4

PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

FECHA: NOVIEMBRE 2016  
Lugar: CASERÍOS SANTO DOMINGO II Y EL NARANJAL

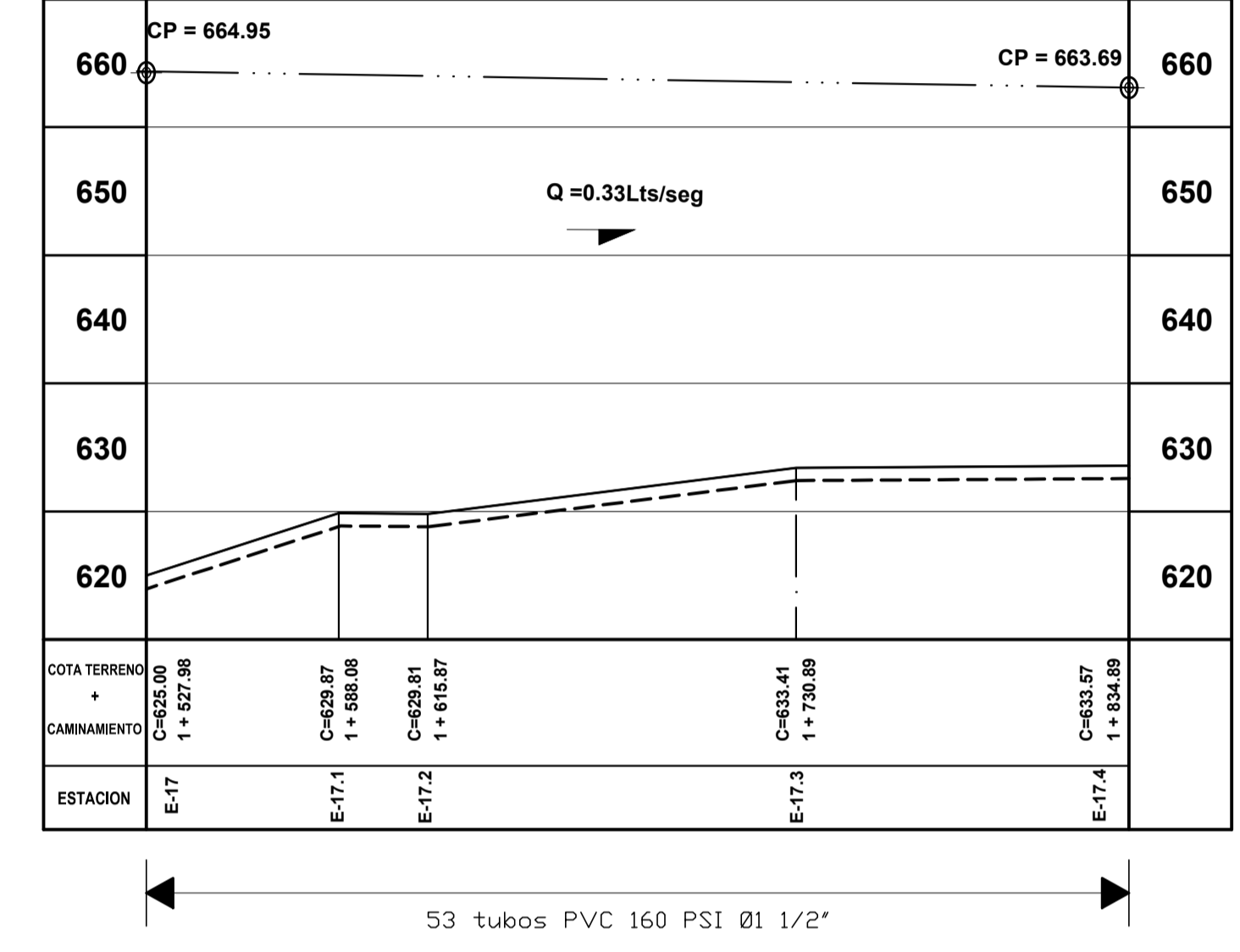
ESCALA: 1:500  
Municipio: SAN PABLO

TOPOGRAFIA: DMP  
Departamento: SAN MARCOS

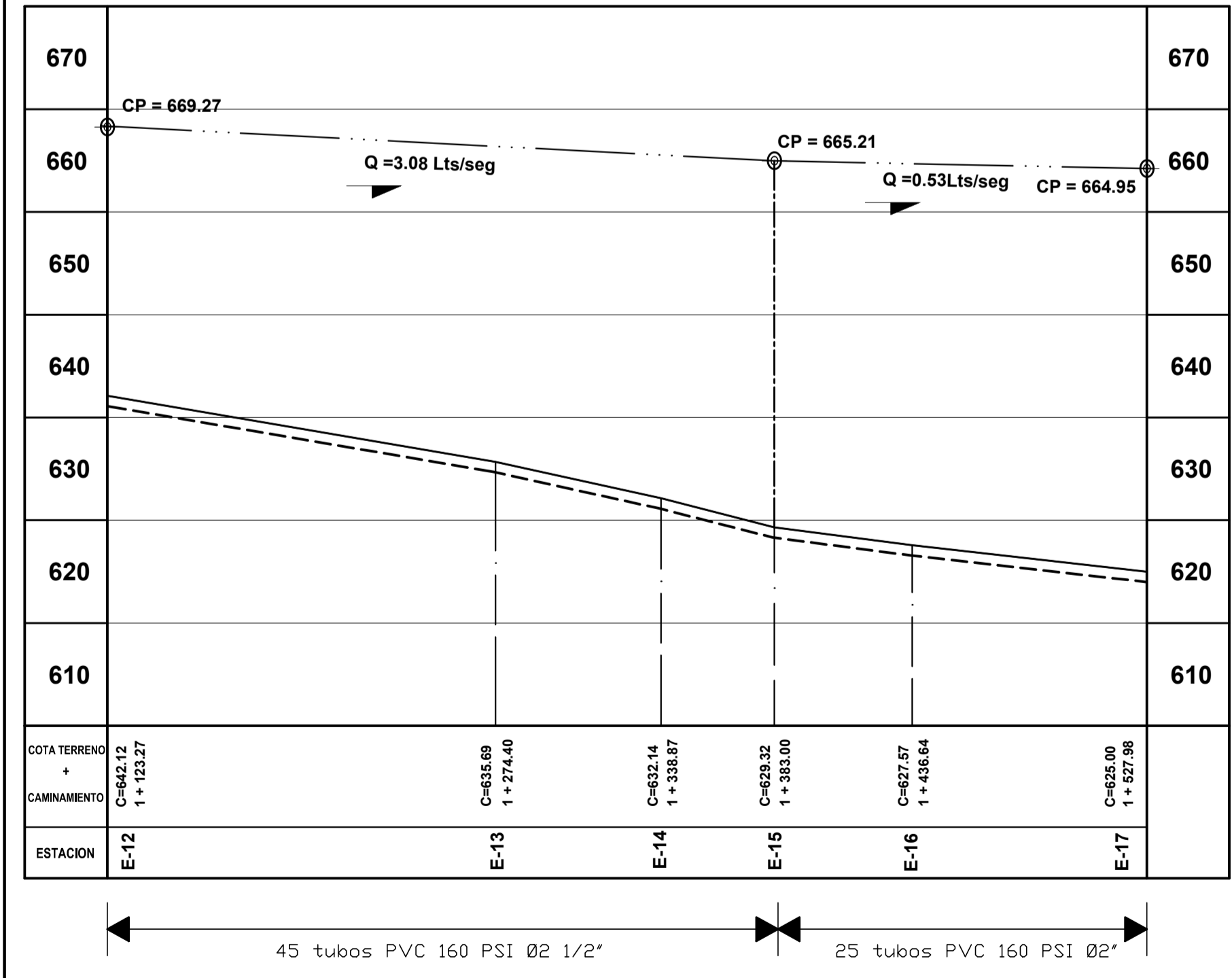
DISEÑO Y CÁLCULO: KEVIN OROZCO  
DIBUJO: KEVIN OROZCO

HOJA No. 17 / 25

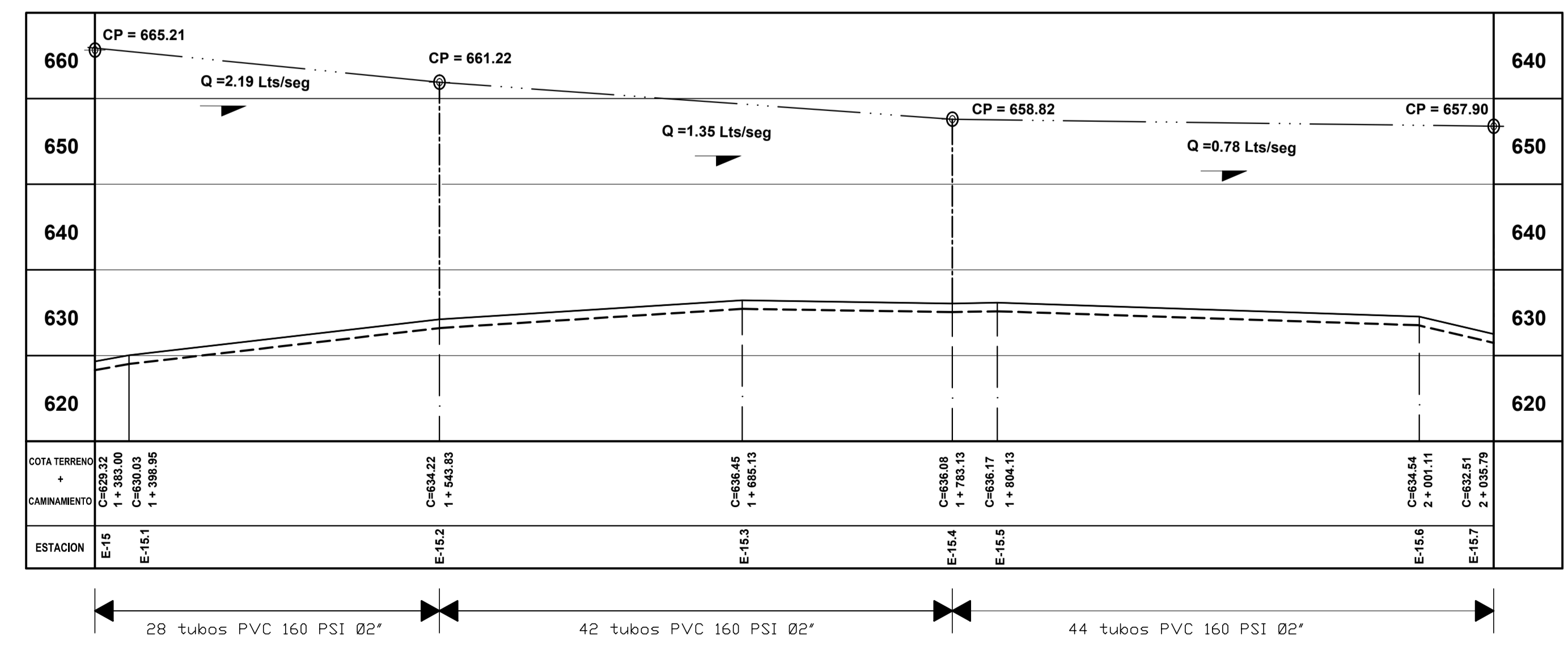
F) PROPIETARIO F) ASESOR UNIDAD EPS



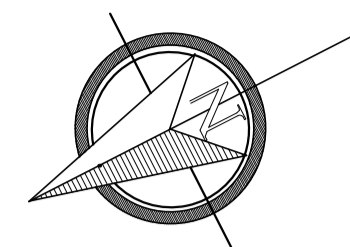
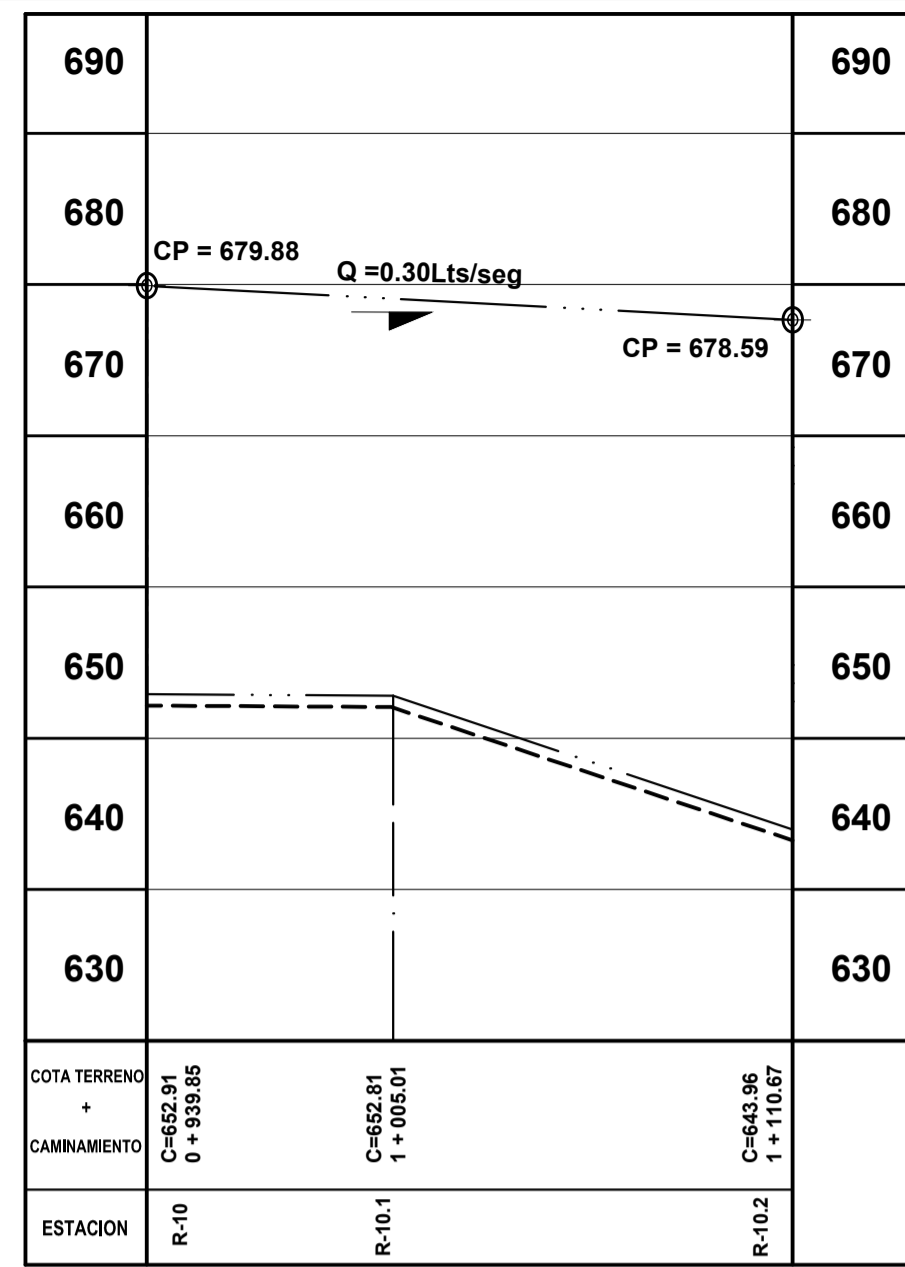
PLANTA Y PERFIL  
Ramal V  
ESCALA: Vertical: 1 / 500  
Horizontal: 1 / 2000



PLANTA Y PERFIL  
Eje Central I  
ESCALA: Vertical: 1 / 500  
Horizontal: 1 / 2000



PLANTA Y PERFIL  
Ramal IV  
ESCALA: Vertical: 1 / 500  
Horizontal: 1 / 2000



SIMBOLOGIA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
■	CAJA DE CAPTACION
□	CAJA UNIFICADORA DE CAUDALES
□	TANQUE DE DISTRIBUCION
□	CAJA ROMPE PRESION SIN VALVULA DE FLOTE
---	TUBERIA DE CONDUCCION
---	LINEA DE TERRENO
---	LINEA PIEZOMETRICA
---	TUBERIA DE DISTRIBUCION
○	ESTACION
○	CORDO A 90°
○	CORDO A 45°
+	TEE
+	CRUZ
+	REDUCIDOR BUSHING
+	TAPON HEMBRA
+	VALVULA DE COMPUERTA
+	VALVULA DE AIRE
+	VALVULA DE LIMPIEZA
+	CASA

# EL NARANJAL

CASAS	
No.	BENEFICIARIOS
1	MARIO MARTINEZ GOMEZ
2	LORENZO RAFAEL LOPEZ LOPEZ
3	OLENA ALBUREZ
4	ANIBAL BARRIOS LOPEZ
5	ALDO LOPEZ
6	ROMEO MAZARIEGOS
7	SALVADOR BARRIOS
8	ANIBAL BARRIOS LOPEZ
9	ALDO LOPEZ
10	ROMULO MENDEZ
11	JUAN DOMINGO LOPEZ
12	OTTO ORLANDO CHILEL
13	JOSE ANGEL MALDONADO
14	PEDRO ALTOPIA
15	CLEMENTE BALTAZAR
16	ROMEO MAZARIEGOS
17	SALVADOR BARRIOS
18	CATALINA MOTESINA CHILEL
19	HORACIO DE LEON
20	GILDA DE SOLIS
21	RIGOBERTO NAPOLEON MAZARIEGOS
22	ADAN CESAR ORTIZ
23	MARIA LUCINDA LOPEZ RAMOS
24	ELIDA ELIZABETHPAZ YOC
25	CESAR AUGUSTO YOC DIAZ
26	GUILLERMINA DE YOC
27	EDILTON YOC DIAZ
256	ERASMO RODRIGUEZ
258	GRACIELA BALTAZAR
261	RENE PEREZ CHILEL

CONTENIDO: LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN PLANTA Y PERFIL E-0 A E-R17

PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

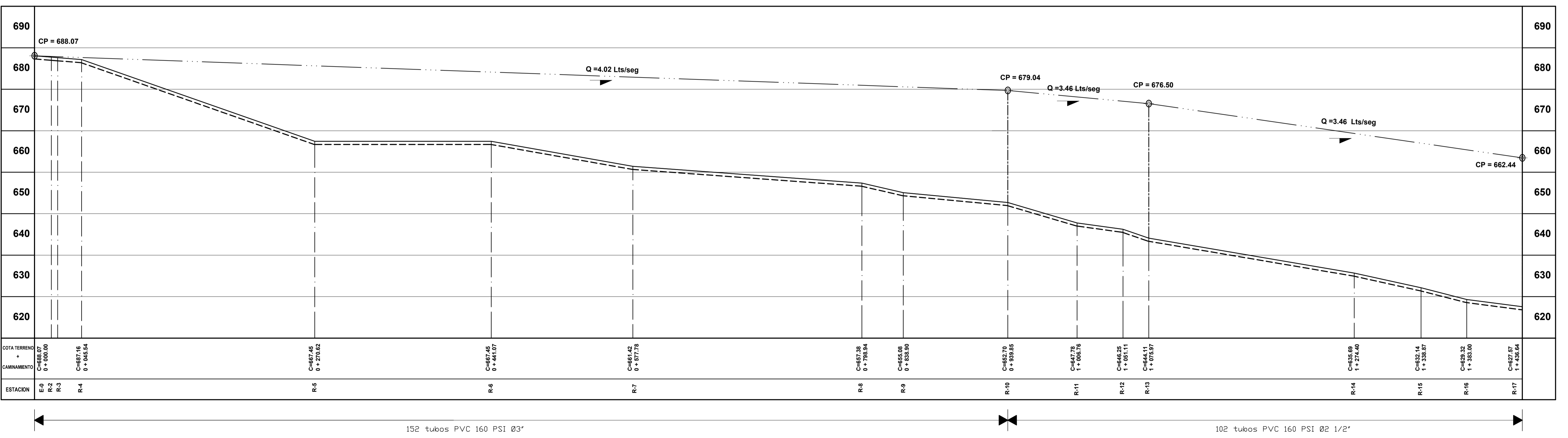
FECHA: NOVIEMBRE 2016  
 ESCALA: 1/500  
 TOPOGRAFIA: DMP  
 DISEÑO Y CÁLCULO: KEVIN OROZCO  
 DIBUJO: KEVIN OROZCO

Lugar: CASERIOS SANTO DOMINGO II Y EL NARANJAL  
 Municipio: SAN PABLO  
 Departamento: SAN MARCOS

F) PROPIETARIO F) ASESOR UNIDAD EPS

HOJA No. 18 / 25

## PLANTA Y PERFIL Ramal VI

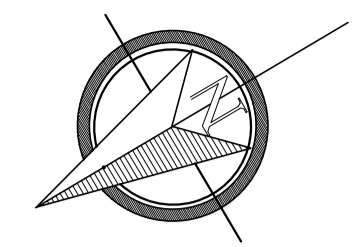
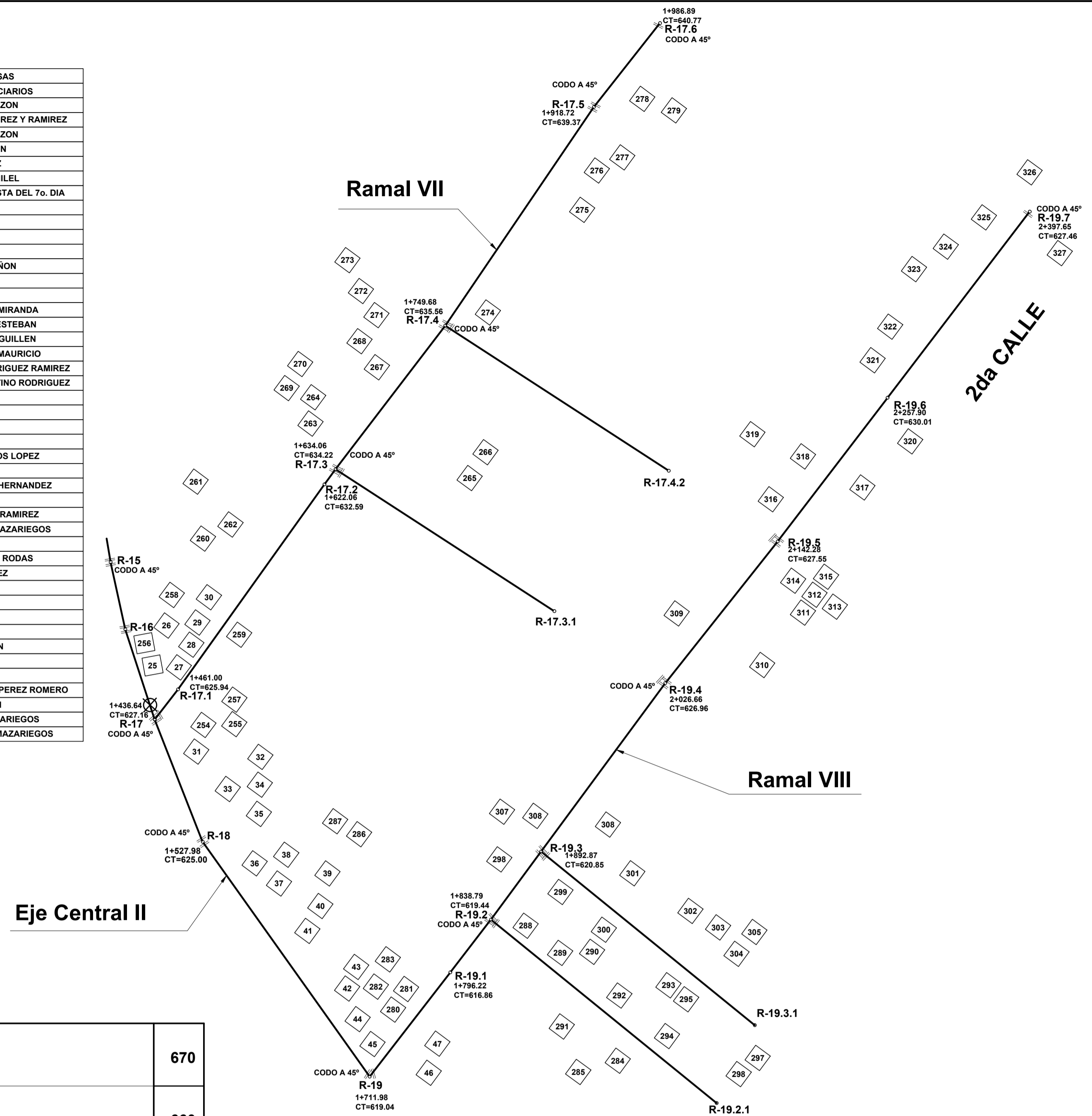


## PLANTA Y PERFIL Eje Central II

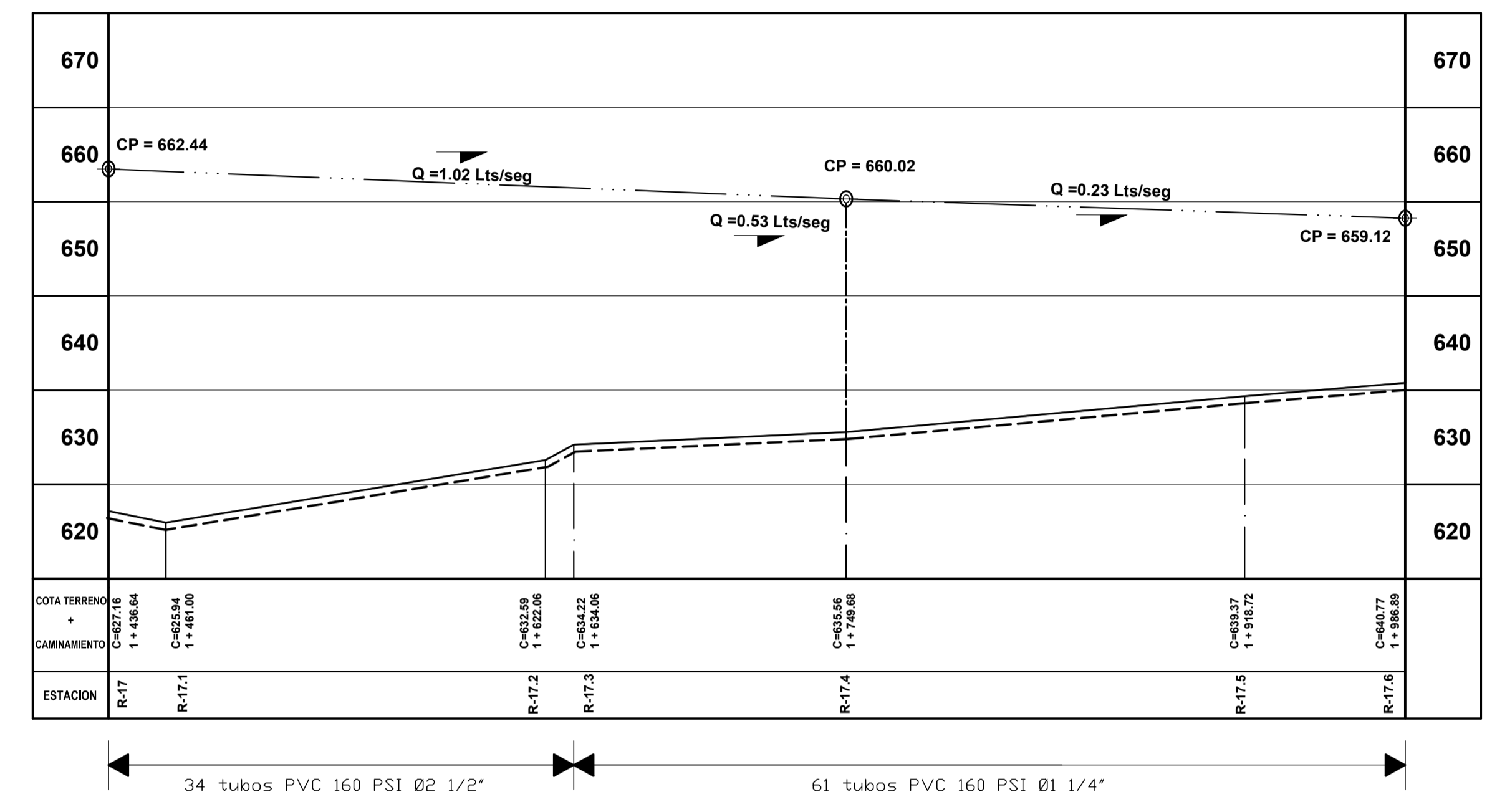
ESCALA : Vertical : 1 / 500 Horizontal : 1 / 2000



CASAS		CASAS	
No.	BENEFICIARIOS	No.	BENEFICIARIOS
28	ERWIN YOC DIAZ	284	BALDOMERO MONZON
29	CLAUDIN YOC DIAZ	285	JOSE SESUS RAMIREZ Y RAMIREZ
30	ALICIA FLORIDALMA DIAZ	286	BALDOMERO MONZON
31	JOSE BALTAZAR	287	ERIBERTO MONZON
32	WILSON PEREZ	288	FIDEL VELASQUEZ
33	MARIO PERZ	289	ABEL ANICETO CHILEL
34	ANTULIO PEREZ	290	IGLESIA ADVENTISTA DEL 7o. DIA
35	DARIO BALTAZAR	291	RAMON RAMOS
36	FAUSTINO CHUM	292	CATALINA
37	TITO EMERILDO CHUM	293	GABINO ESTEBAN
38	YOHAIIDA CHUM	294	ADELA RAMOS
39	ERIBERTO EVELIO SANTOS	295	CATALINA CASTAÑON
40	ALBERTO ALEJANDRO LOPEZ	296	ALBERTO CHUM
41	PATRICIA LOPEZ	297	MARVIN MRTINEZ
42	JOSE JUAREZ	298	LUDIN NEHEMIAS MIRANDA
43	INGRID JUAREZ	299	VICTOR MANUEL ESTEBAN
44	SENAIDO JUAREZ	300	MARCO ANTONIO GUILLEN
45	TITO OVALLE	301	YESICA MARIBEL MAURICIO
46	AIDA MORALES	302	SILVIO JOEL RODRIGUEZ RAMIREZ
47	LIMBER MORALES	303	AUGUSTO JUVENTINO RODRIGUEZ
254	TERESA RAMIREZ	304	OBDULIO SOTO
255	MARY ROXANA BALTAZAR	305	VIRGINIA SOTO
256	ERASMO RODRIGUEZ	306	EDY SOTO
257	GUDIEL RODRIGUEZ	307	OVIDIO SOTO
258	GRACIELA BALTAZAR	308	MARGARITA RAMOS LOPEZ
259	ELFEGO FEDERICO YOC	309	PEDRO CHILEL
260	THELMA ELIZABETH CHILEL	310	AUGUSTO LOPEZ HERNANDEZ
261	RENE PEREZ CHILEL	311	MANUEL RAMIREZ
262	MARIA ROSARIO RAMOS	312	MIRKA OLEGARIA RAMIREZ
263	NOE ROMERO	313	URBANO PEREZ MAZARIEGOS
264	PAULO JACINTO LAINEZ	314	EVELIO CHILEL
265	OSMAR MARINO CHUM RODRIGUEZ	315	BARTOLA LOPEZ RODAS
266	FRANCISCO PEREZ	316	SILVESTRE MENDEZ
267	CELIA LUCILA MENDEZ	317	KEVIN PACHECO
268	FRANCISCO JAVIER PEREZ MENDEZ	318	TITO PACHECO
269	EDMAN MARTIN	319	CHALY PACHECO
270	MARIA GONZALEZ	320	NOE RAMOS
271	NERY MARTIN	321	ERNESTO DE LEON
272	AGUSTIN MARTIN	322	AMELIA DE LEON
273	MYNOR MARTIN	323	ANICETO CHILEL
274	IRENE MENDEZ	324	VICTOR ANTONIO PEREZ ROMERO
275	EVELIO MIRANDA	325	VITALINA DE LEON
276	GILBERTO DE LEON	326	CRESCENCIO MAZARIEGOS
277	JUAN DE LEON	327	ERWIN RICARDO MAZARIEGOS
278	LUCILA CLEMENTE		
279	WILSON CHIM		
280	ALICIA DE RAMIREZ		
281	ISABEL LOPEZ DE ECHEVERRIA		
282	ISMAEL HERNANDEZ ECHEVERRIA		
283	RODOLFO RAMIREZ		

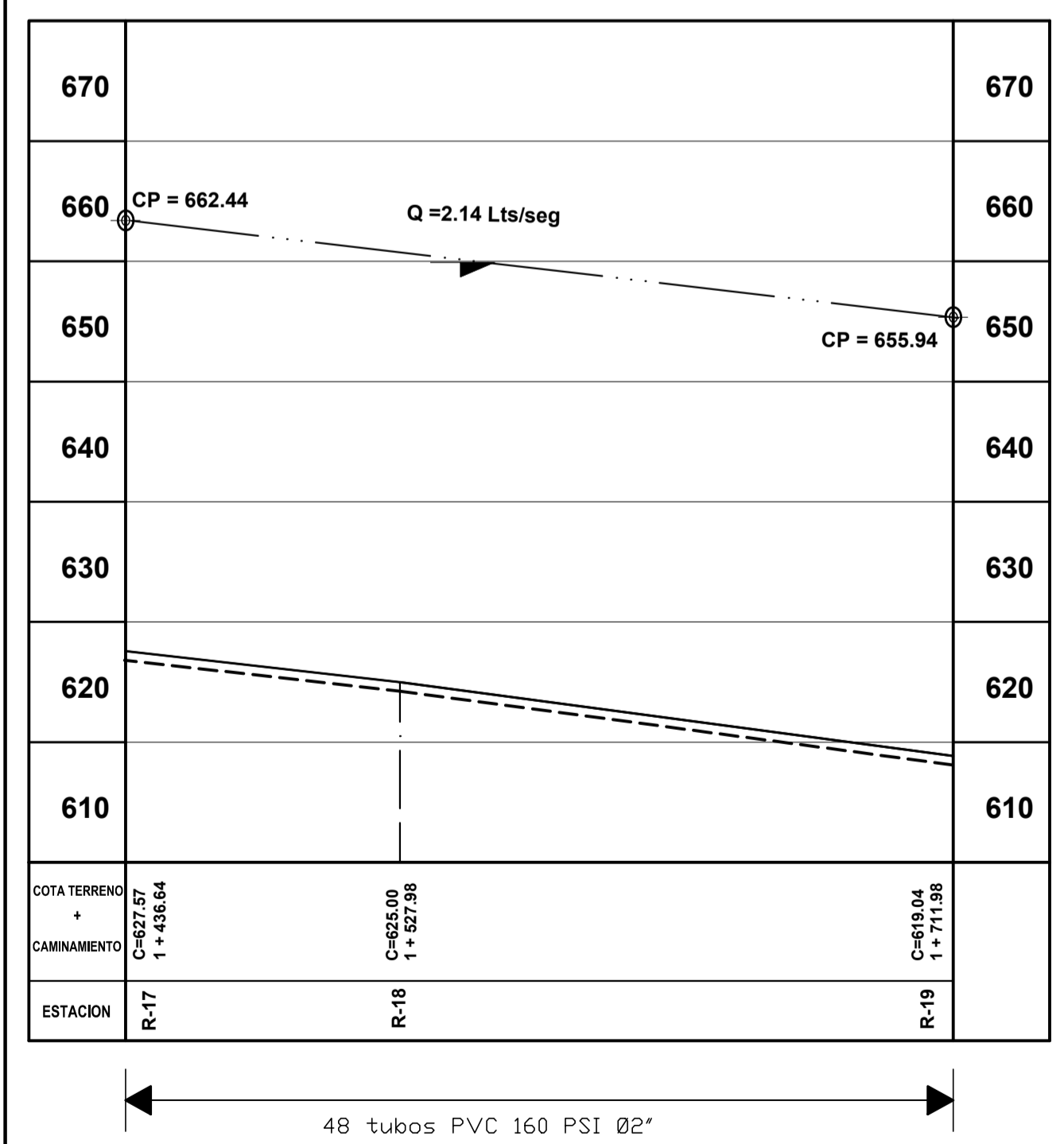


CONTENIDO: LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN PLANTA Y PERFIL E-R15 A E-R19.4		  HOJA No. 19 / 25
PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	Lugar: CASERIOS SANTO DOMINGO II Y EL NARANJAL	
FECHA: NOVIEMBRE 2016	Municipio: SAN PABLO	
ESCALA: INDICADA	Departamento: SAN MARCOS	
TOPOGRAFIA: DMP		
DISEÑO Y CALCULO: KEVIN OROZCO		
DIBUJO: KEVIN OROZCO		
F) PROPIETARIO	F) ASESOR UNIDAD EPS	



PLANTA Y PERFIL  
Ramal VII

ESCALA :  
Vertical : 1 / 500  
Horizontal : 1 / 2000

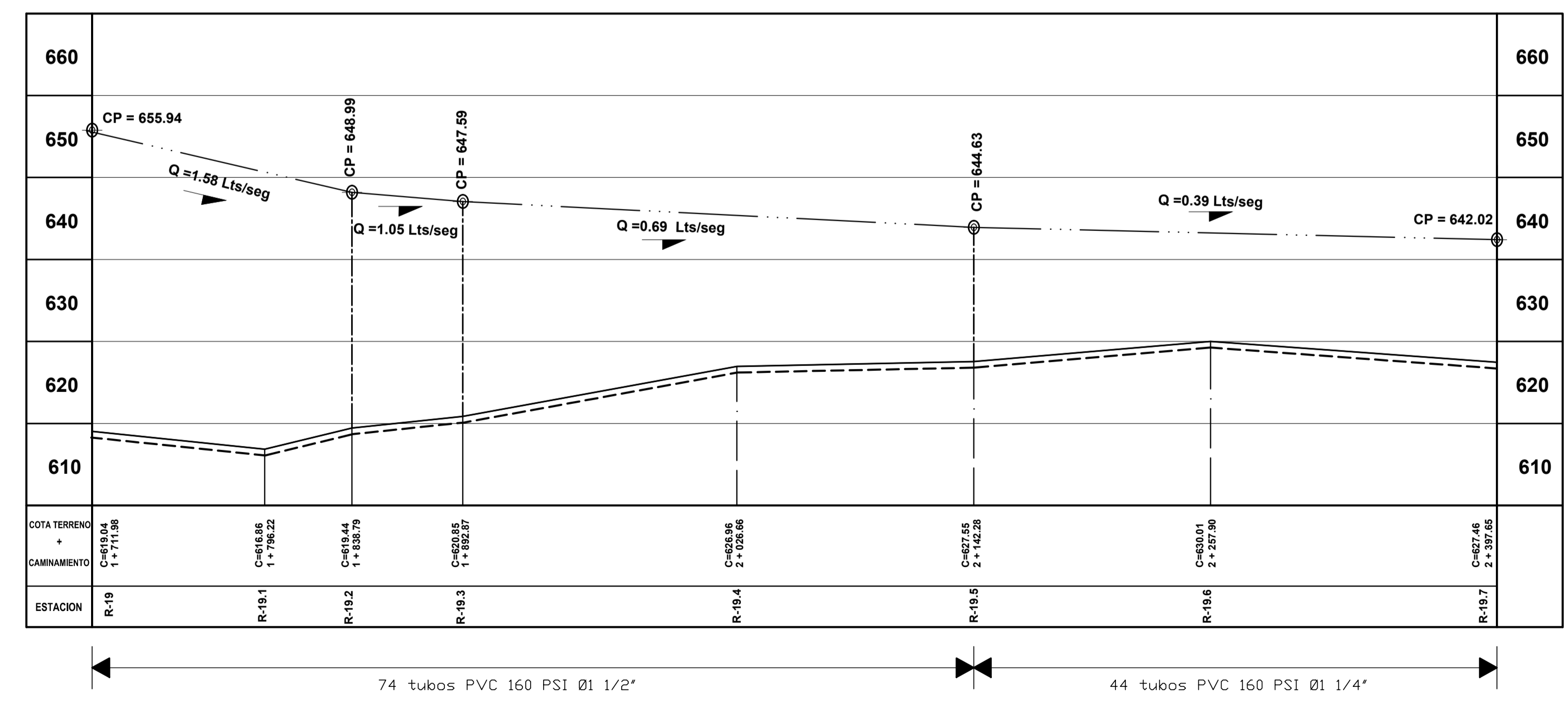


48 tubos PVC 160 PSI 02"

PLANTA Y PERFIL  
Eje Central II

ESCALA :  
Vertical : 1 / 500  
Horizontal : 1 / 2000

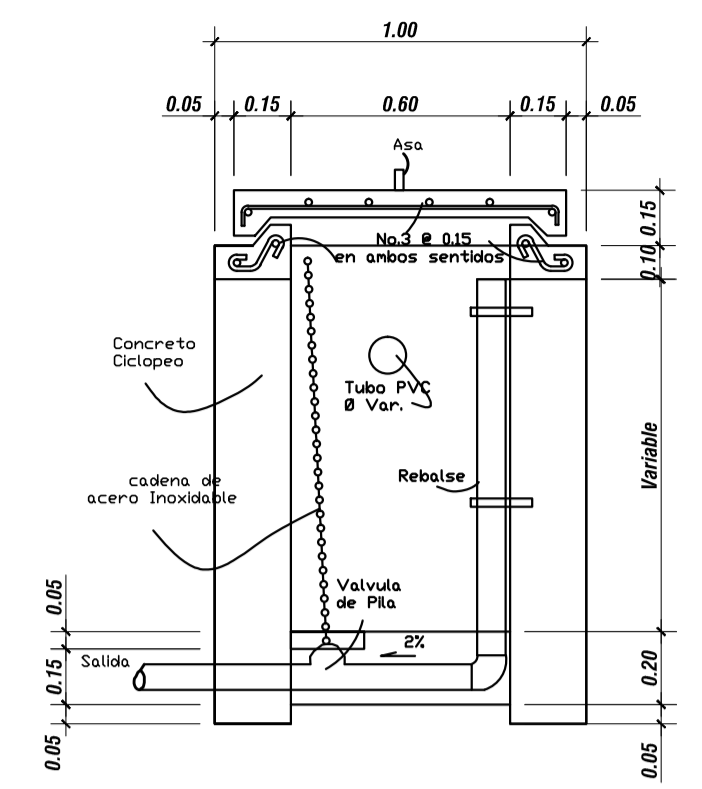
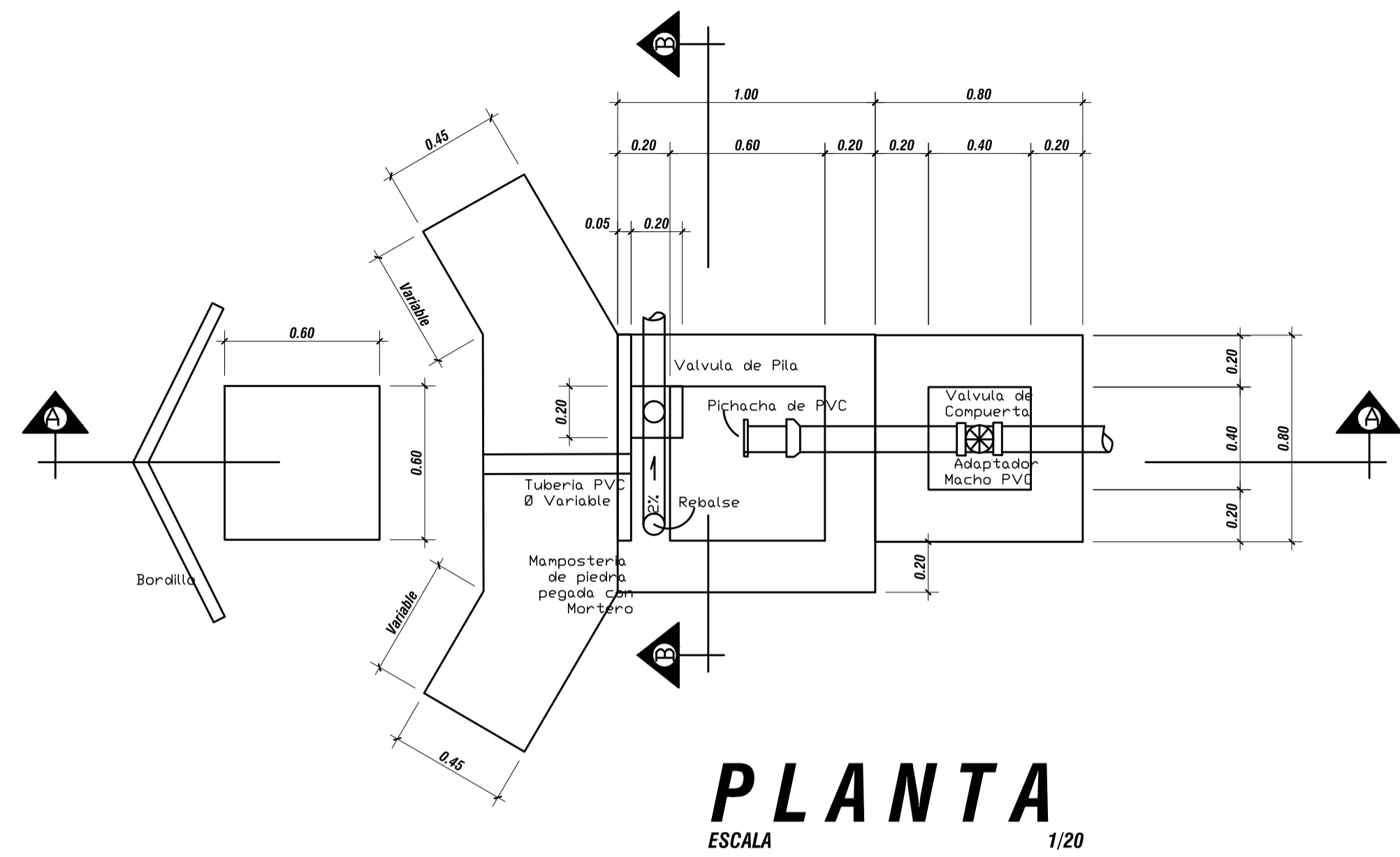
SIMBOLOGIA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
■	CAJA DE CAPTACIÓN
□	CAJA UNIFICADORA DE CAUDALES
▣	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
▤	CAJA ROMPE PRESION SIN VÁLVULA DE FLOTE
—	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN
- - -	LÍNEA DE TERRENO
—	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
—	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN
○	ESTACIÓN
⊙	CORDO A 90°
⊙	CORDO A 45°
+	TEE
+	CRUZ
+	REDUCIDOR BUSHING
+	TAPÓN HEMBRA
+	VÁLVULA DE COMPUERTA
+	VÁLVULA DE AIRE
+	VÁLVULA DE LIMPIEZA
+	CASA



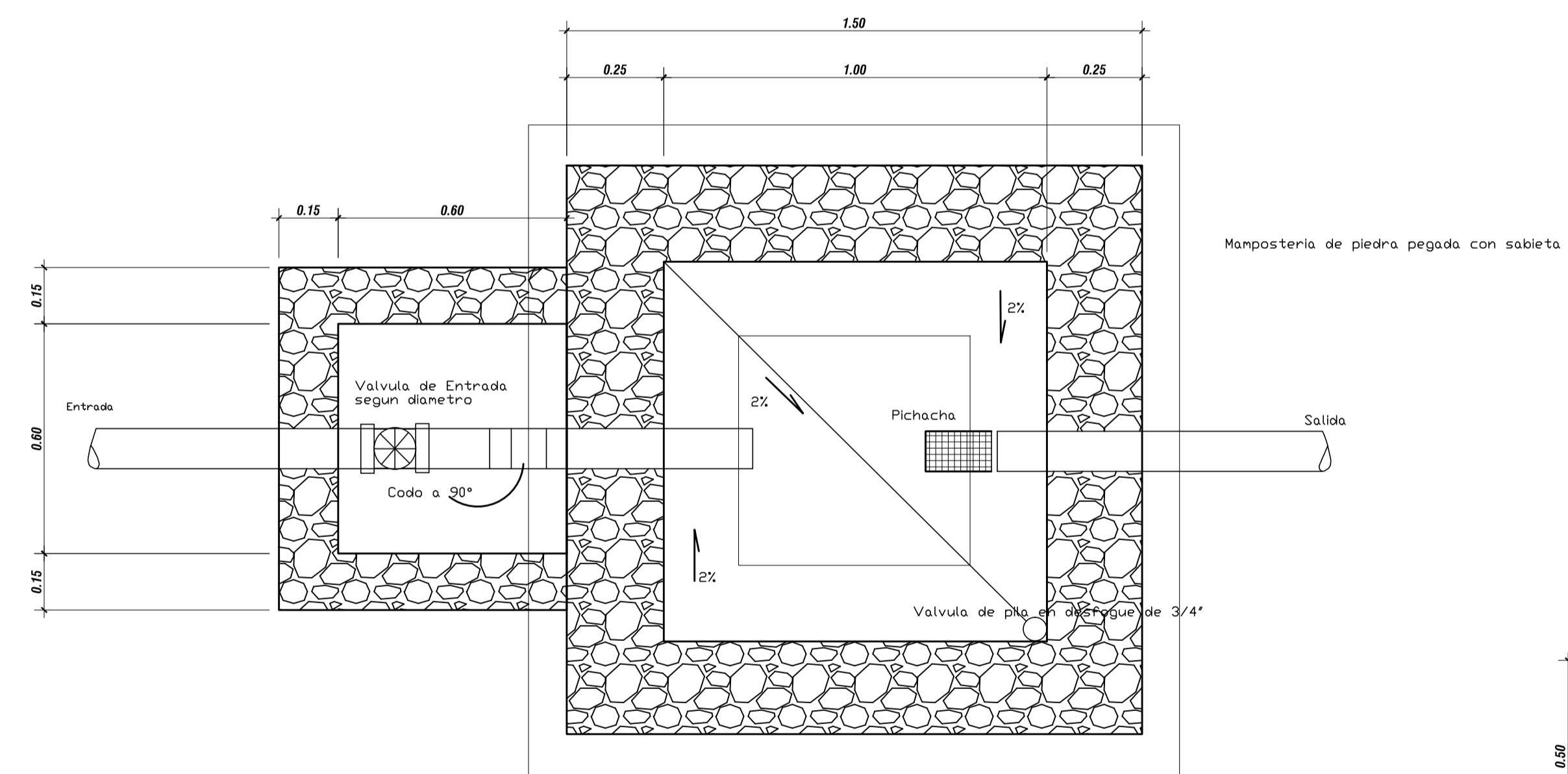
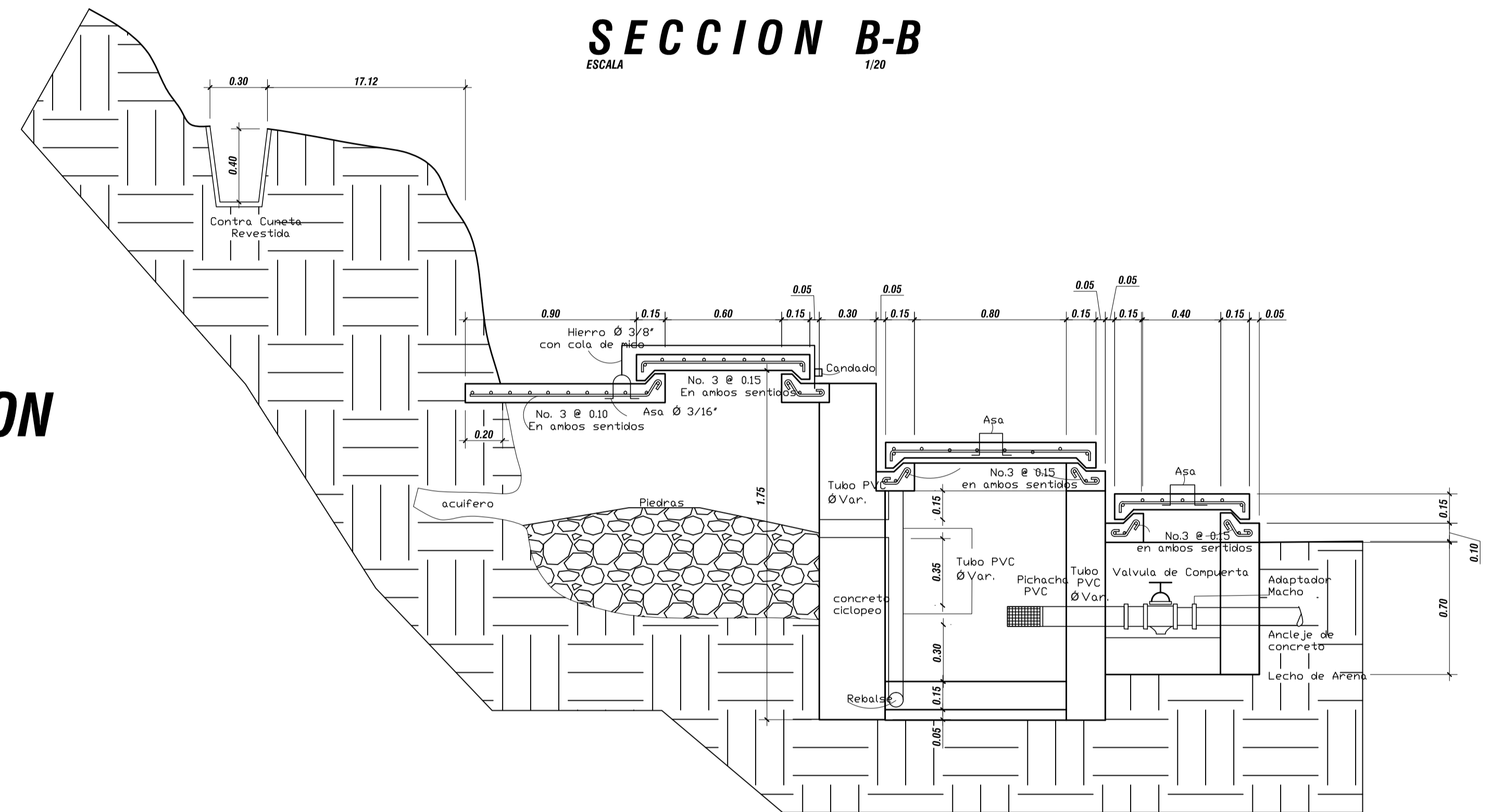
74 tubos PVC 160 PSI 01 1/2"      44 tubos PVC 160 PSI 01 1/4"

PLANTA Y PERFIL  
Ramal VIII

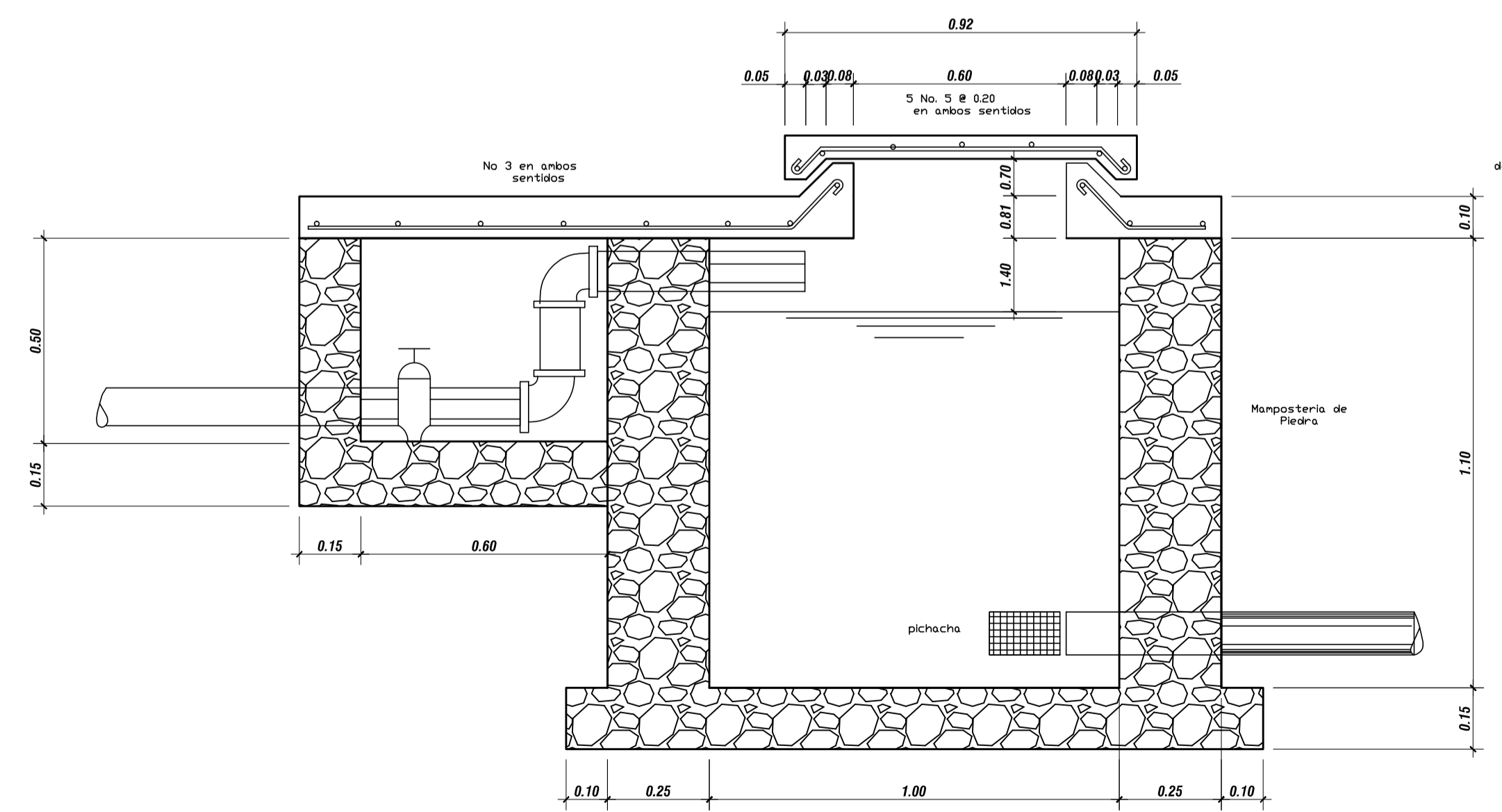
ESCALA :  
Vertical : 1 / 500  
Horizontal : 1 / 2000




**CAJA DE CAPTACION**



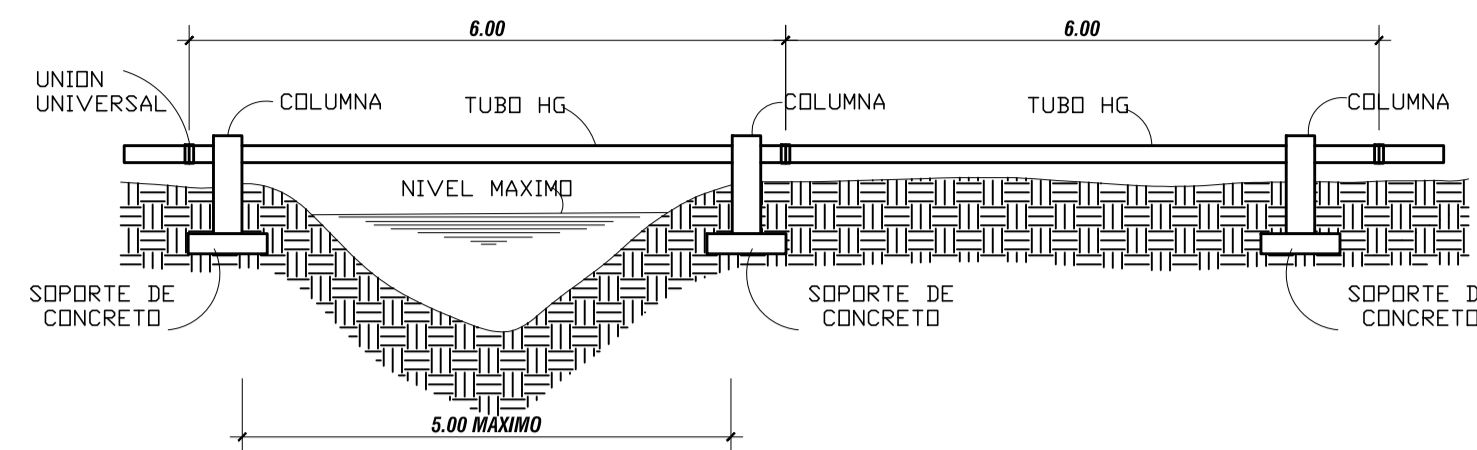
**SECCION A-A**



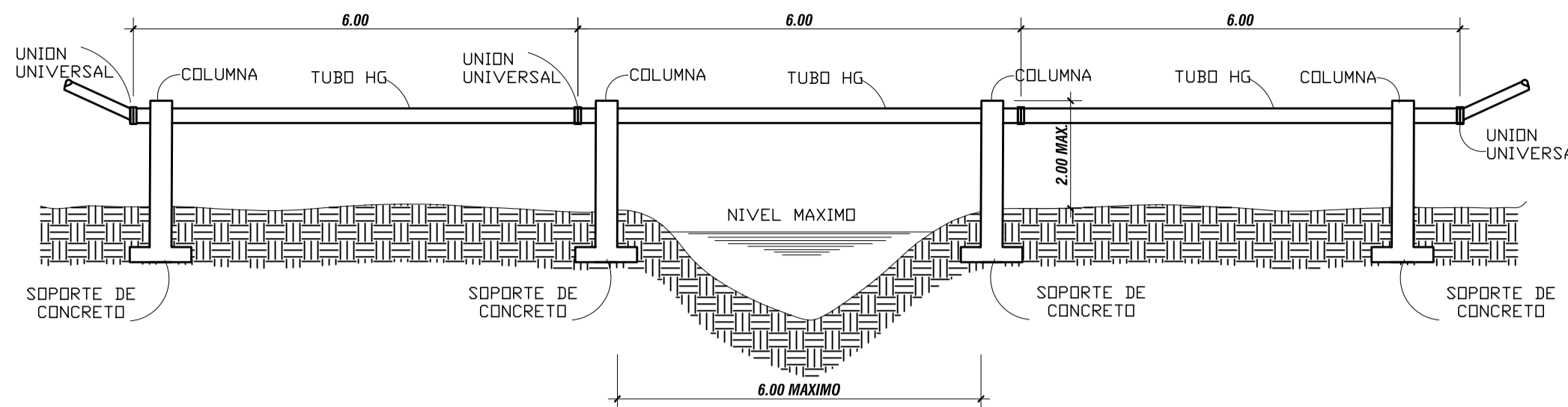
**CAJA ROMPE PRESION SIN VALVULA DE FLOTE**  
ESCALA 1/12.5

CONTENIDO: CAPTACION + CAJA ROMPE PRESION SIN VALVULA DE FLOTE		 
PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE		
FECHA: MAYO 2017	Lugar: CASERIOS SANTO DOMINGO II Y EL NARANJAL	HOJA No. 20 / 25
ESCALA: INDICADA	Municipio: SAN PABLO	
TOPOGRAFIA: DMP	Departamento: SAN MARCOS	
DISEÑO Y CALCULO: KEVIN OROZCO		
DIBUJO: KEVIN OROZCO		
F) PROPIETARIO		F) ASESOR UNIDAD EPS

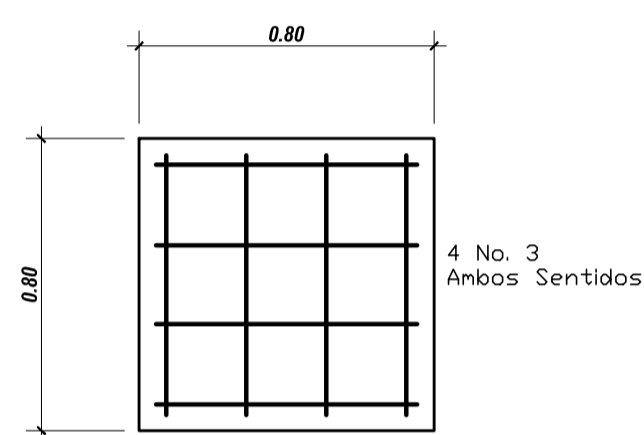




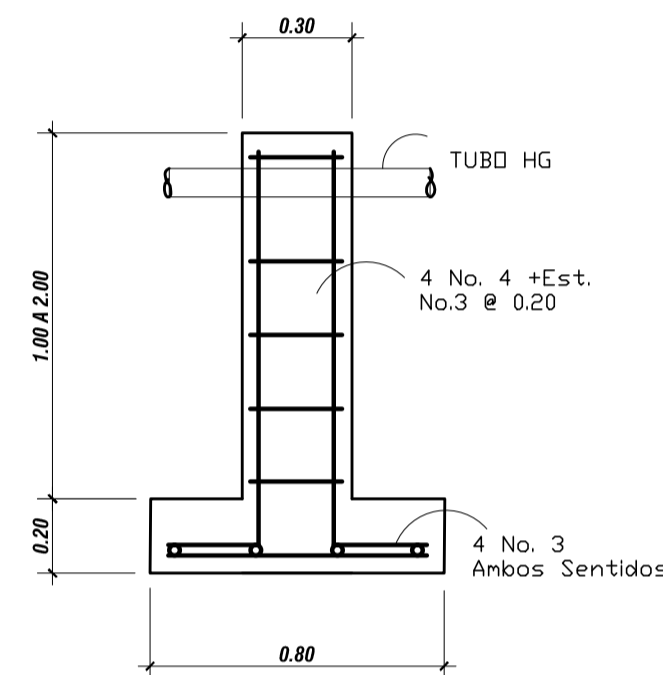
**PASO DE ZANJON TIPO "B"**  
ESCALA 1/75



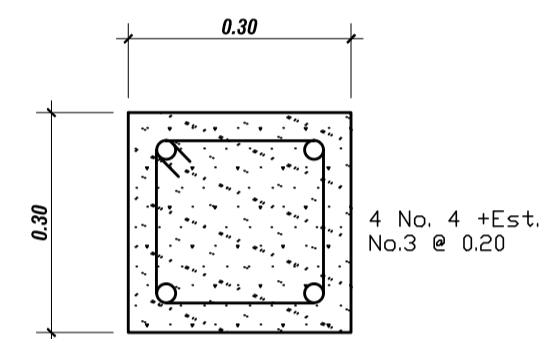
**PASO DE ZANJON TIPO "A"**  
ESCALA 1/75



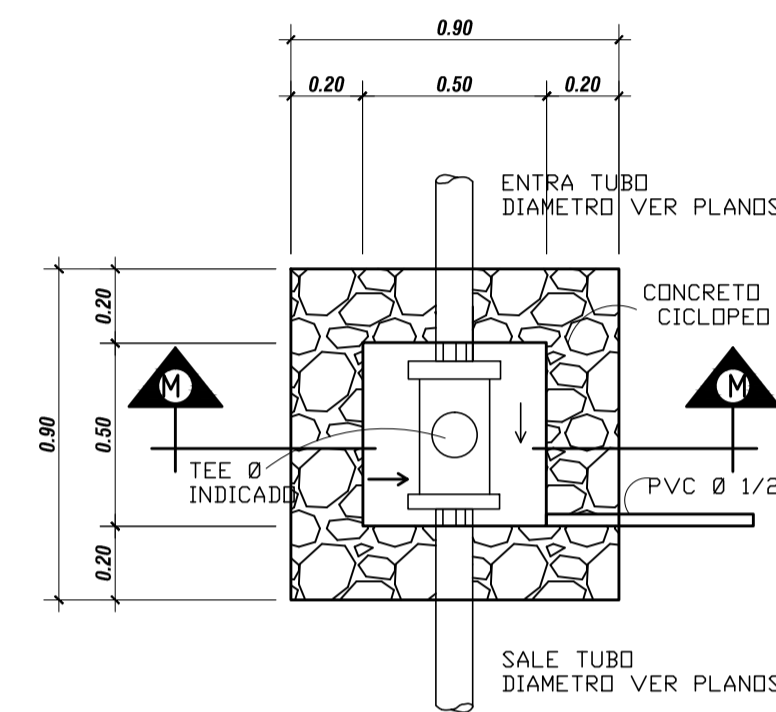
**PLANTA**



**ELEVACION**

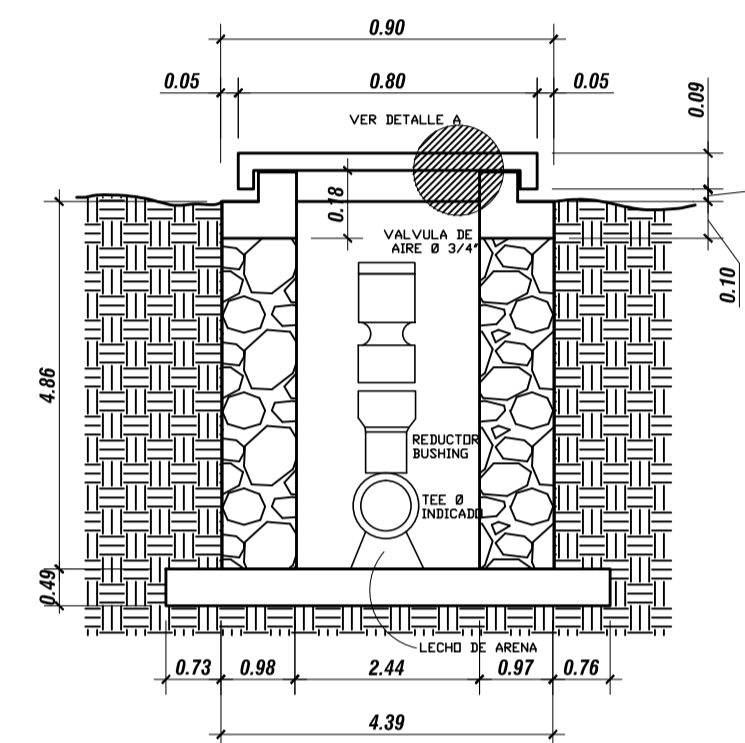


**COLUMNA**

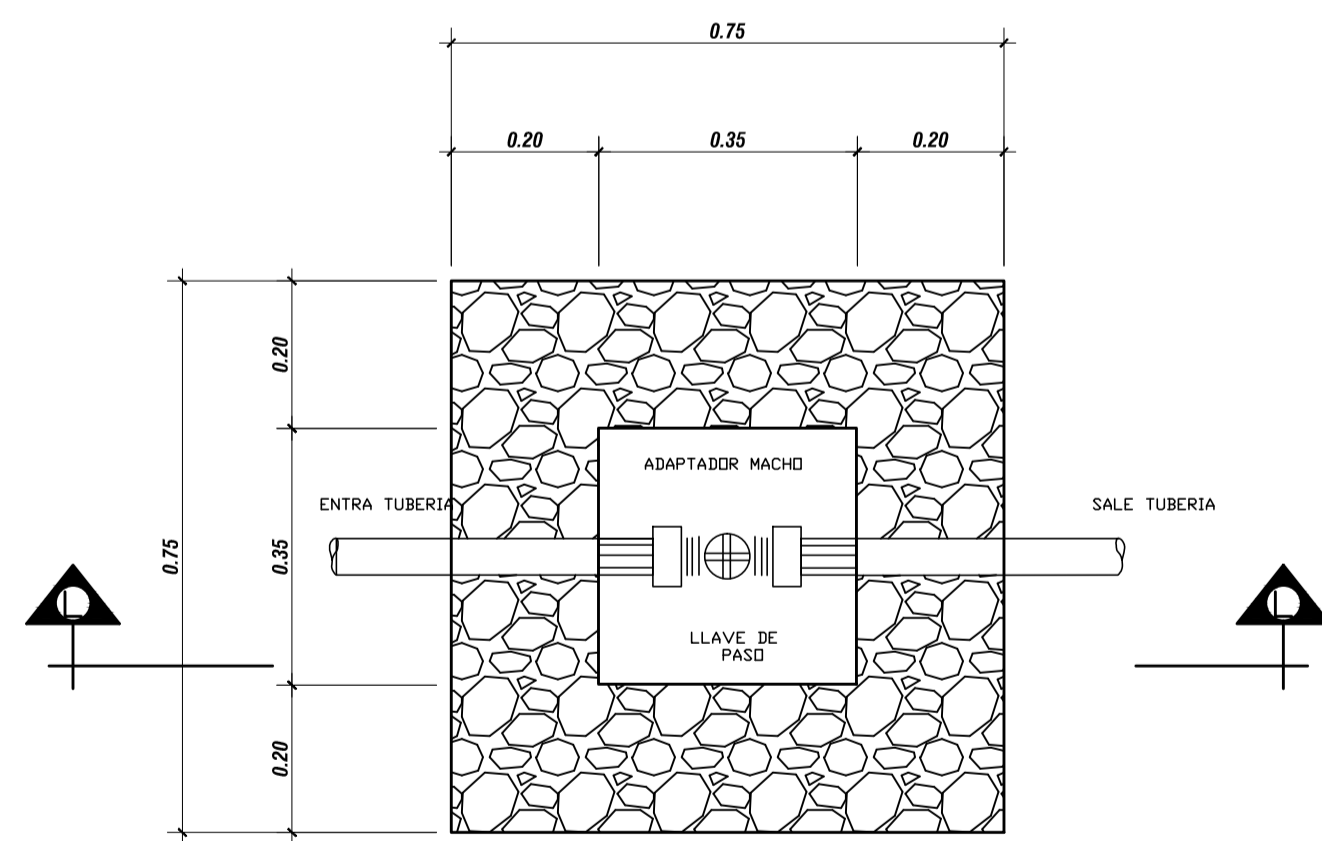


**PLANTA**

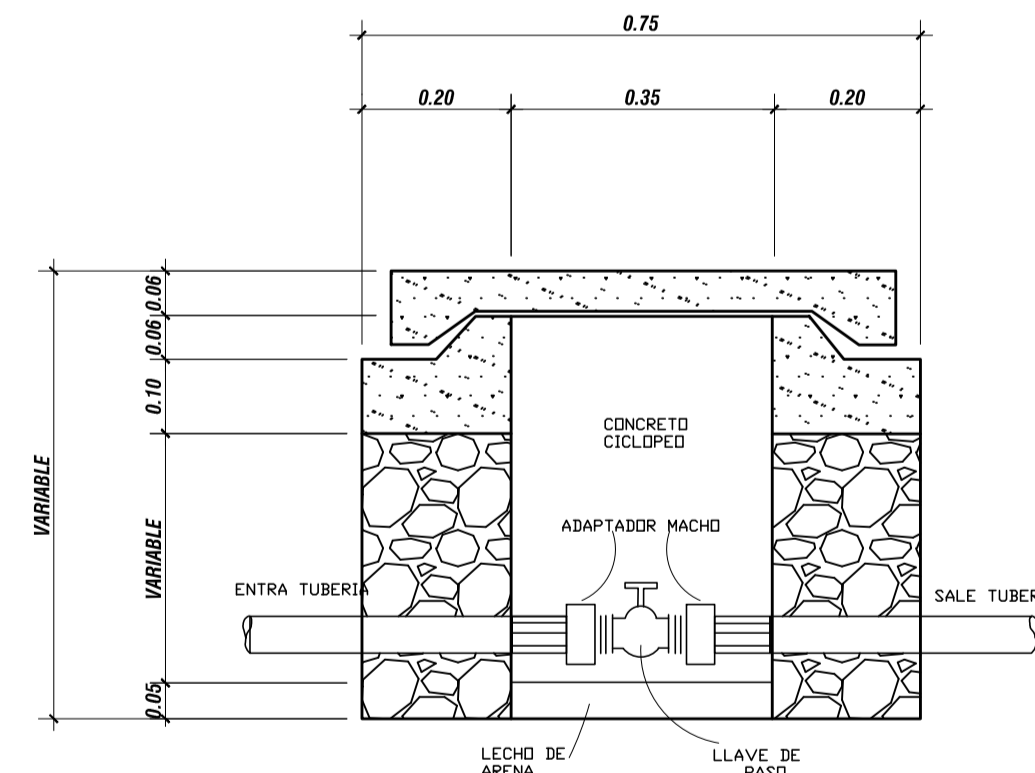
**CAJA VALVULA DE AIRE**  
ESCALA 1/20



**SECCION M - M**

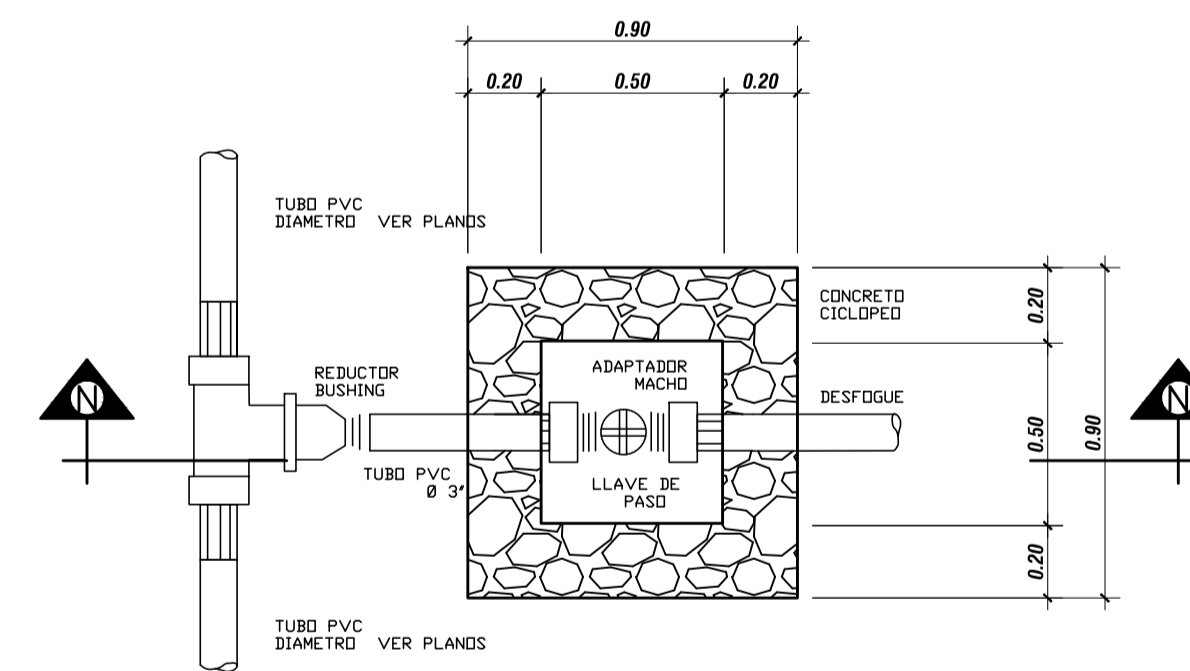


**PLANTA**



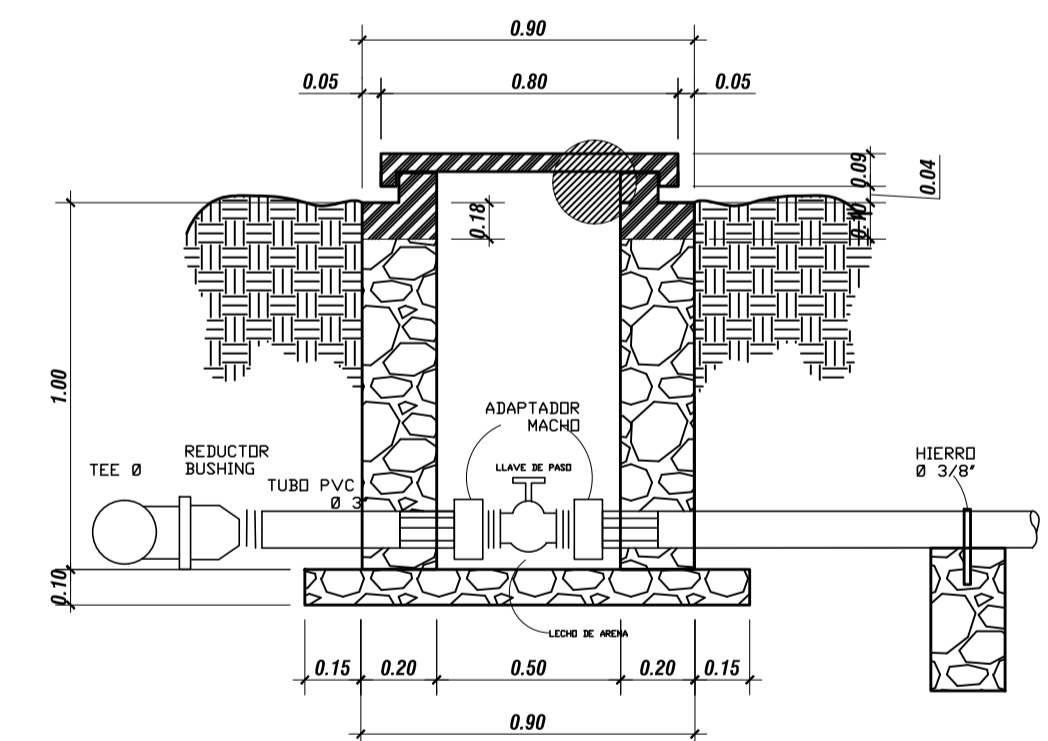
**SECCION F-F**

**CAJA DE VALVULA DE COMPUERTA**  
ESCALA 1/10





**PLANTA**

**CAJA VALVULA DE LIMPIEZA**  
ESCALA 1/20

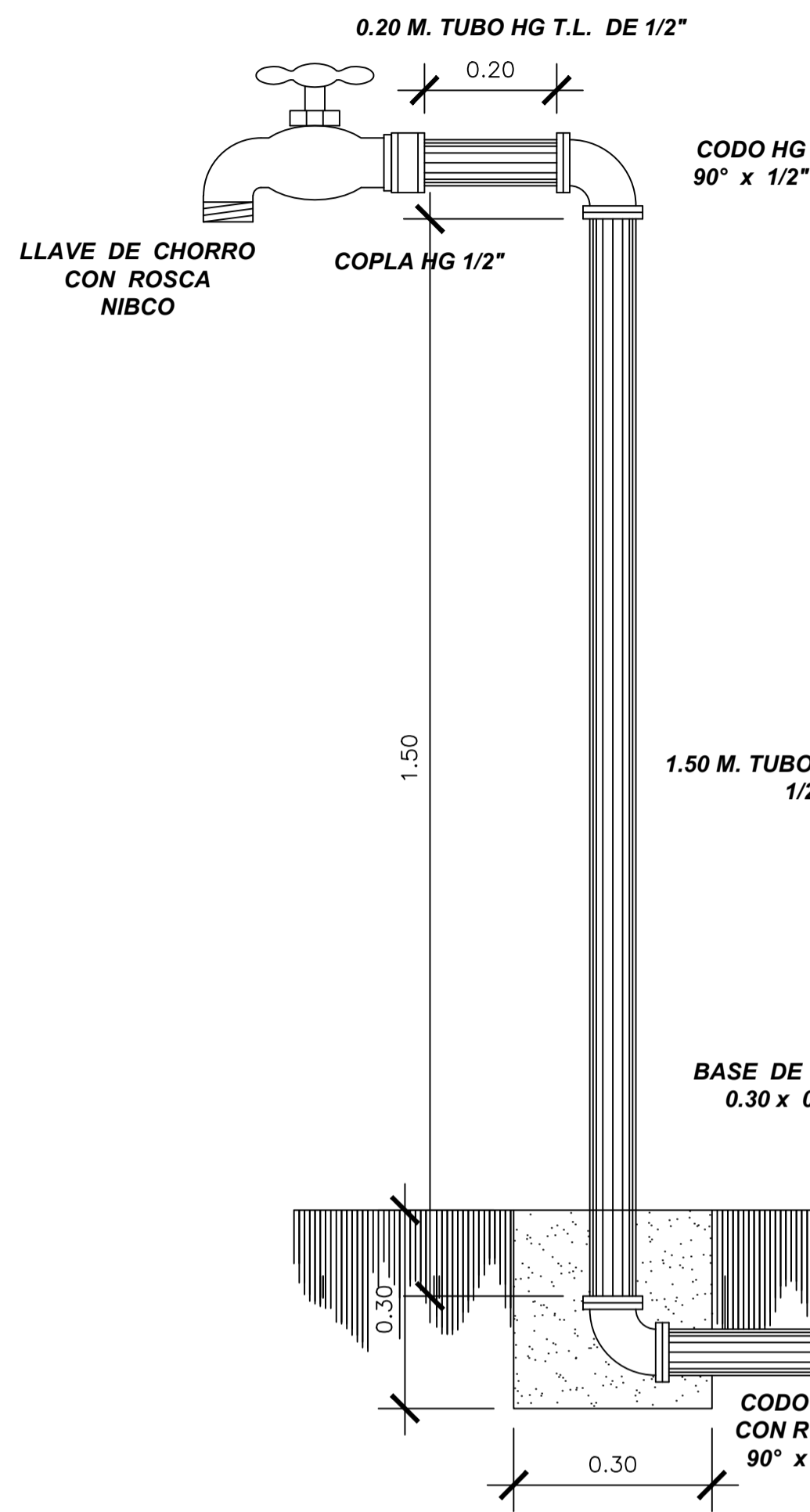


**SECCION N-N**

CONTENIDO: PAZO DE ZANJÓN TIPO B + CAJAS DE VÁLVULAS		 
PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE		
FECHA: MAYO 2017	Lugar: CASERÍOS SANTO DOMINGO II Y EL NARANJAL	<b>HOJA No.</b> 21 / 25
ESCALA: INDICADA	Municipio: SAN PABLO	
TOPOGRAFÍA: DMP	Departamento: SAN MARCOS	
DISEÑO Y CÁLCULO: KEVIN OROZCO		
DIBUJO: KEVIN OROZCO		

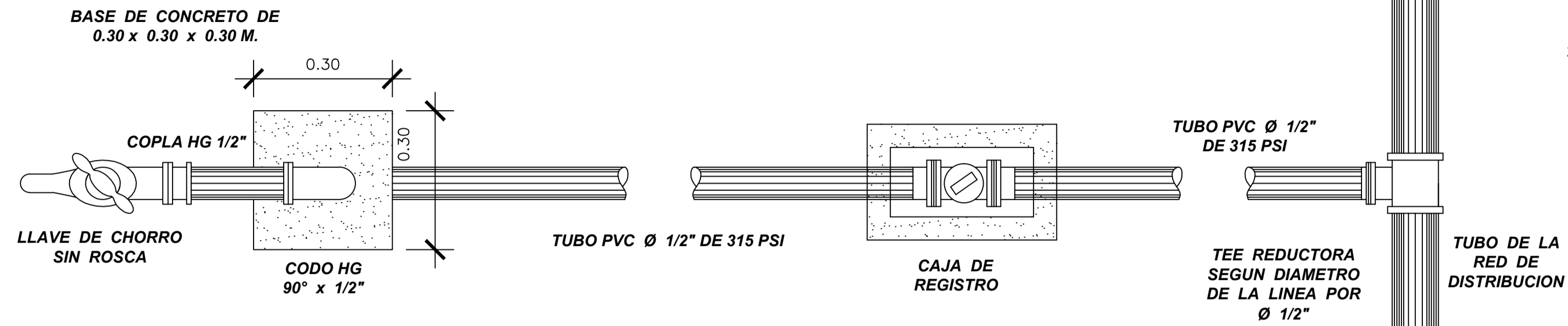






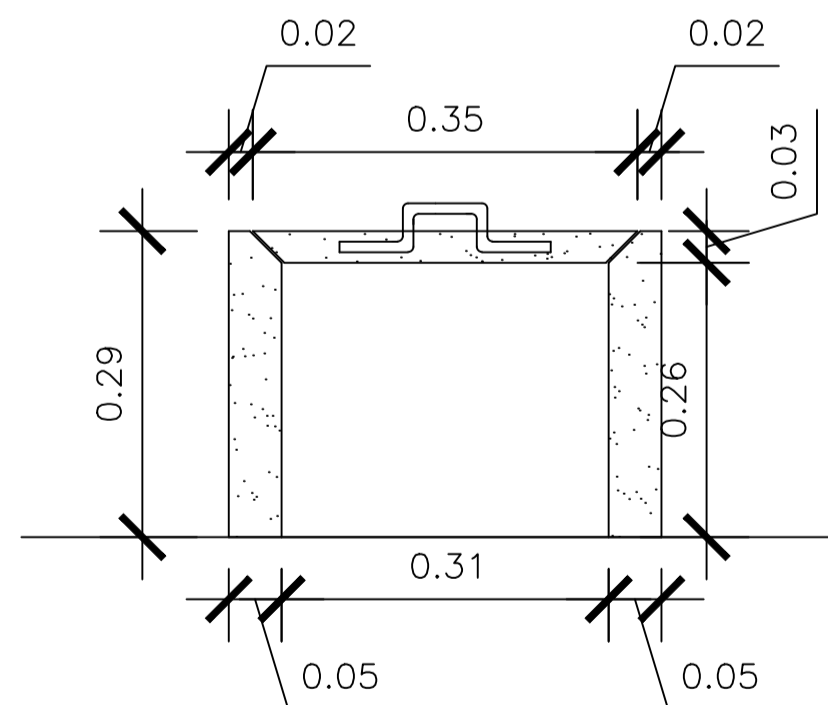
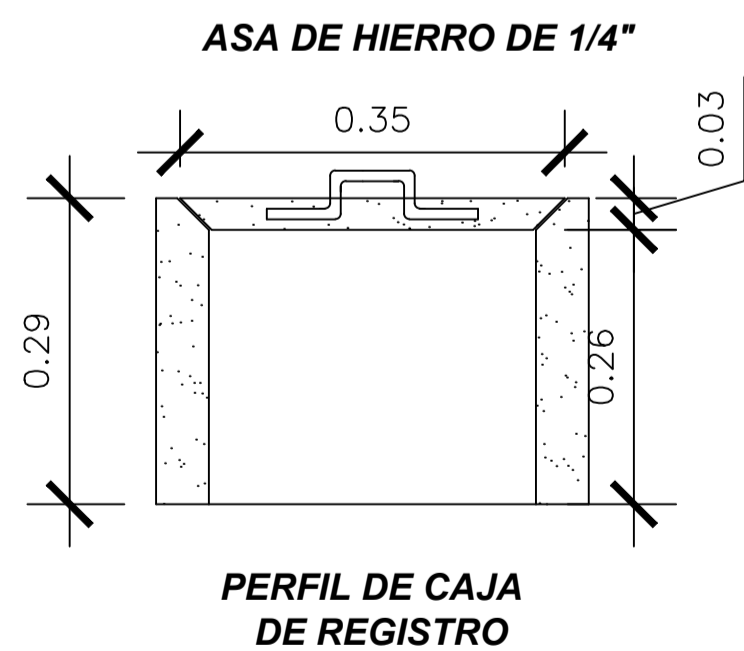
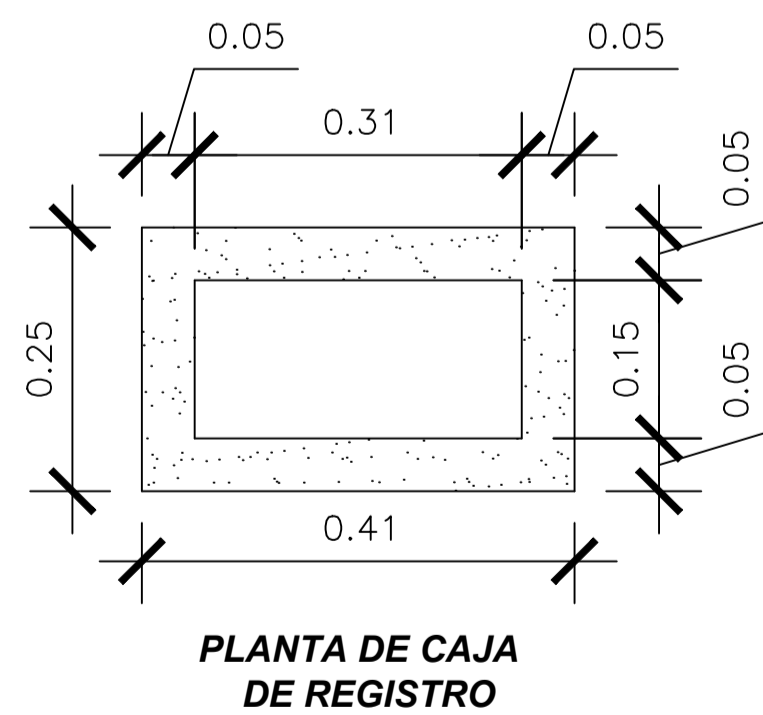
**CONEXION DOMICILIAR STANDAR**

ESCALA : 1 : 12.5



**LOCALIZACION DE LA CONEXION DOMICILIAR**

ESCALA : 1 : 12.5



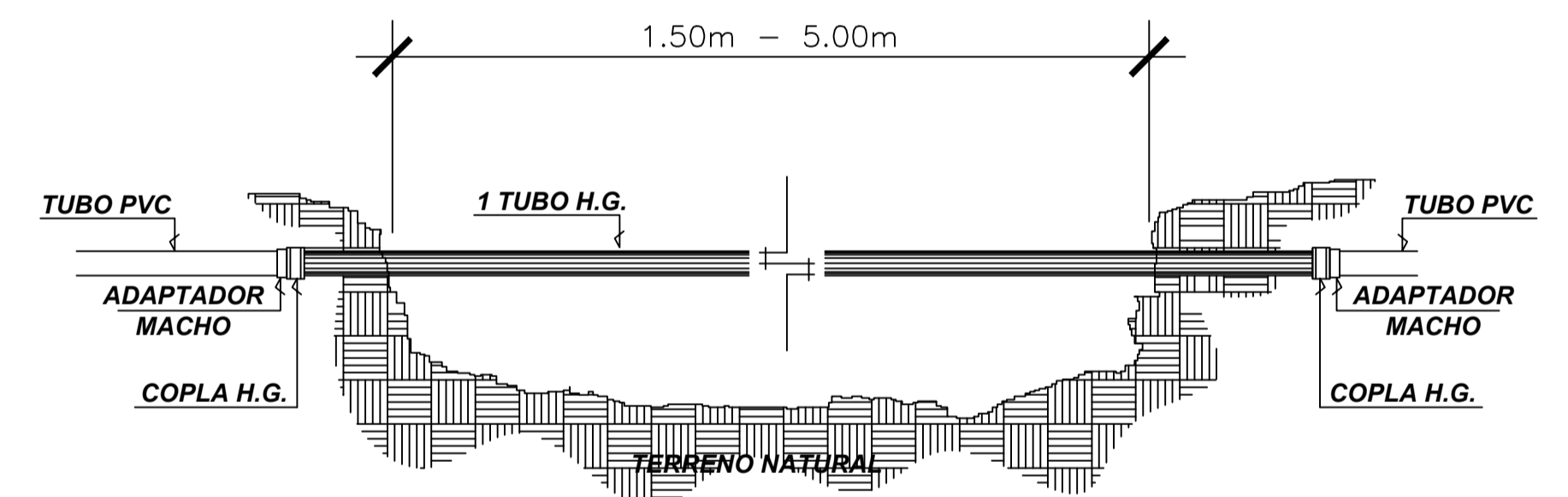
**DETALLE DE TAPADERA Y ASA**

ESCALA : 1 : 10

**ESPECIFICACIONES TECNICAS**

1. Tubería y accesorios de cloruro de polivinilo (PVC) deberá cumplir con todo lo especificado para esta clase de tubería, deberán tener una presión mínima de trabajo de 315 libras/pulg.<sup>2</sup>.
2. Llave de Paso: deberá ser de bronce, para una presión de trabajo de 315 libras/pulg.<sup>2</sup>, el tipo de unión con la tubería será con rosca hembra, teniendo en el cuerpo impreso la marca de fábrica.
3. Llave de Chorro: será de bronce, norteamericana, con rosca en el extremo de salida y para una presión mínima de 70 psi. ( 40 mca )

LISTA DE MATERIALES	
DESCRIPCION	CANTIDAD
TEE REDUCTORA PVC Ø DE LINEA Ø 1/2"	1 UNIDAD
ADAPTADOR MACHO PVC DE Ø 1/2"	2 UNIDADES
VALVULA DE PASO Ø 1/2"	1 UNIDAD
CODO A 90° HG Ø 1/2"	1 UNIDAD
COPLA HG Ø 1/2"	1 UNIDAD
LLAVE DE GRIFO DE Ø 1/2" CON ROSCA	1 UNIDAD
TUBERIA HG Ø 1/2" T.L.	2.00 M.
TUBERIA PVC Ø 1/2" 315 PSI	SEGUN TOPOGRAFIA
CODO PVC CON ROSCA Ø 1/2"	1 UNIDAD



**DETALLE DE BAJADA DE AGUA DE LLUVIA**

ESCALA : 1 : 25

CONTENIDO: CONEXIÓN PREDIAL		
PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE		
FECHA: MAYO 2017	Lugar: CASERIOS SANTO DOMINGO II Y EL NARANJAL	
ESCALA: INDICADA	Municipio: SAN PABLO	
TOPOGRAFIA: DMP	Departamento: SAN MARCOS	
DISEÑO Y CALCULO: KEVIN OROZCO		
DIBUJO: KEVIN OROZCO		HOJA No. 25 / 25
F) PROPIETARIO		F) ASESOR UNIDAD EPS

**Apéndice 3. Renglones unitarios de sistema de abastecimiento de agua potable para caseríos Santo Domingo II y El Naranjal, municipio de San Pablo, San Marcos**

REGLÓN	RÓTULO
MEDIDA:	UNIDAD
COSTO UNITARIO:	Q 3 185,34

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
LÁMINA LISA NEGRA DE 3/64" DE 4' x 8' CHAPA	1	U	Q 315,25	Q 315,25
TUBO CUADRADO 2" x 2" x CHAPA 20	1,55	U	Q 134,00	Q 207,70
TUBO "C" DE 2" X 4" X 3/16"	3	U	Q 110,00	Q 330,00
ANGULAR DE 2" X 4"	1	U	Q 34,00	Q 34,00
HIERRO DE 5/8"	1	varilla	Q 114,52	Q 114,52
PINTURA ANTICORROSIVA	0,75	Gal	Q 155,00	Q 116,25
THINNER	0,60	Gal	Q 45,00	Q 27,00
MANTA VINÍLICA	2,98	m2	Q 2,98	Q 8,88
ELECTRODO 1/8" PUNTO CAFÉ	0,25	Lb	Q 11,00	Q 2,75
CEMENTO	1,00	saco	Q 74,90	Q 74,90
ARENA DE RÍO	0,25	m3	Q 123,05	Q 30,76
PIEDRÍN	0,25	m3	Q 192,60	Q 48,15
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 1 310,16</b>
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>Q 1 310,16</b>

MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
ALBAÑIL	1	DIA	Q 190,00	Q 190,00
HERRERO	1	DIA	Q 200,00	Q 200,00
AYUDANTE	2	DIA	Q 100,00	Q 200,00
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 590,00</b>
PRESTACIONES LABORALES	83,87 %		Q 590,00	Q 494,83
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 494,83</b>
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 1 084,83</b>

<b>TOTAL DIRECTO</b>	<b>Q 2 394,99</b>
----------------------	-------------------

ADMINISTRACIÓN	5 %		Q 119,75
FIANZAS E IMPUESTOS	10 %		Q 239,50
IMPREVISTOS	3 %		Q 71,85
DIRECCIÓN TÉCNICA	5 %		Q 119,75
UTILIDAD	10 %		Q 239,50
<b>TOTAL INDIRECTO</b>			<b>Q 790,35</b>

<b>TOTAL UNITARIO</b>	<b>Q 3 185,34</b>
-----------------------	-------------------

Fuente: elaboración propia.

Continuación apéndice 3.

<b>REGLÓN</b>	TOPOGRAFÍA
<b>MEDIDA:</b>	KM
<b>COSTO UNITARIO:</b>	Q 2 094,50

**MATERIALES Y EQUIPO**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
PINTURA ESMALTE	0,11	Gal	Q 75,00	Q 8,25
LIBRETA DE CAMPO	1	UNIDAD	Q 30,00	Q 30,00
EQUIPO DE TOPOGRAFÍA Rendimiento 1.75 Km/día	1	DÍA	Q 280,00	Q 280,00
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 318,25</b>
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>Q 318,25</b>

**MANO DE OBRA**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
TOPÓGRAFO	1	DÍA	Q 300,00	Q 300,00
CADENEROS	2	DIA	Q 95,00	Q 190,00
PEONES	2	DIA	Q 90,00	Q 180,00
HERRAMIENTA	1	GLOBAL	Q 13,40	Q 13,40
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 683,40</b>
PRESTACIONES LABORALES	83,87 %		Q 683,40	Q 573,17
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 573,17</b>
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 1 256,57</b>

<b>TOTAL DIRECTO</b>	<b>Q 1 574,82</b>
----------------------	-------------------

ADMINISTRACIÓN	5 %			Q 78,74
FIANZAS E IMPUESTOS	10 %			Q 157,48
IMPREVISTOS	3 %			Q 47,24
DIRECCIÓN TÉCNICA	5 %			Q 78,74
UTILIDAD	10 %			Q 157,48
<b>TOTAL INDIRECTO</b>				<b>Q 519,68</b>

<b>TOTAL UNITARIO</b>	<b>Q 2 094,50</b>
-----------------------	-------------------

Continuación apéndice 3.

REGLÓN:	CAPTACIÓN
MEDIDA:	UNIDAD
COSTO UNITARIO:	Q 14 633,22

MATERIALES

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
CEMENTO	36	saco	Q 74,90	Q 2 696,40
ARENA DE RÍO	3	m <sup>3</sup>	Q 123,05	Q 369,15
PIEDRÍN	3	m <sup>3</sup>	Q 192,60	Q 577,80
PIEDRA BOLA	5	m <sup>2</sup>	Q 192,60	Q 963,00
HIERRO DE 3/8"	10	varilla	Q 41,33	Q 413,34
HIERRO DE 1/4"	6	varilla	Q 13,73	Q 82,37
HIERRO DE 1/2"	1	varilla	Q 73,30	Q 73,30
ALAMBRE DE AMARRE	7	lb.	Q 6,00	Q 42,00
MADERA	33	pt.	Q 5,46	Q 180,18
CLAVO	5	lb.	Q 6,00	Q 30,00
CANDADO	1	u	Q 125,00	Q 125,00
TUBERÍA PVC Ø 2" 125 PSI drenaje	1	u	Q 134,72	Q 134,72
CODO PVC Ø 2" x 90º para drenaje	9	u	Q 14,94	Q 134,46
ADAPTADOR MACHO PVC Ø 4"	3	u	Q 54,87	Q 164,61
CEMENTO SOLVENTE	0,08	galon	Q 462,05	Q 36,96
TEFLÓN	1	U	Q 2,25	Q 2,25
TUBERÍA PVC Ø 2" 160 PSI	0,5	tubo	Q 126,98	Q 63,49
VÁLVULA DE COMPUERTA Ø 2" BR	1	u	Q 291,50	Q 291,50
PICHACHA PVC Ø 2"	1	u	Q 200,00	Q 200,00
POSTES BROTONES	0	U	Q 7,00	-
ALAMBRE ESPIGADO	100	Vrs	Q 5,00	Q 500,00
GRAPAS PARA CERCO	0	Lb	Q 5,00	-
AGUA	200	Gal	Q 0,50	Q 100,00
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 7 180,53</b>
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>Q 7 180,53</b>

MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
EXCAVACIÓN PARA MUROS Y CAJAS	3,5	M3	Q 21,00	Q 73,50
EXCAVACIÓN PARA CONTRACUNETA	1,2	M3	Q 21,00	Q 25,20
COLOCACIÓN DE PIEDRA DE FILTRO	6	M3	Q 19,50	Q 117,00
HECHURA DE TAPADERA	3	UNIDAD	Q 78,00	Q 234,00
HECHURA DE BATIENTE	2	UNIDAD	Q 78,00	Q 156,00
FUNDICIÓN DE LOSA SOBRE FILTRO DE PIEDRA	2,24	M2	Q 13,91	Q 31,16
FUNDICIÓN DE DIENTE SOBRE FILTRO	3,2	ML	Q 5,85	Q 18,72
FUNDICIÓN DE BORDILLO SOBRE DIENTE DE 5X 10 CM.	3,2	ML	Q 1,30	Q 4,16
FUNDICIÓN DE CONTRACUNETA	5	M2	Q 13,91	Q 69,55
FUNDICIÓN DE CONCRETO CICLOPEO	3	M3	Q 58,50	Q 175,50
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE CAJAS Y MURO DE CONTENCIÓN	12	M2	Q 32,50	Q 390,00
PICADO Y ALISADO	12	M2	Q 8,45	Q 101,40
COLOCACIÓN DE VÁLVULAS Y ACCESORIOS	1	GLOBAL	Q 620,00	Q 620,00
INSTALACIÓN DE CERCO	16	ML	Q 3,90	Q 62,40
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 2 078,59</b>
PRESTACIONES LABORALES	83,87 %		Q 2 078,59	Q 1 743,31
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 1 743,31</b>
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 3 821,90</b>

<b>TOTAL DIRECTO</b>				<b>Q 11 002,43</b>
----------------------	--	--	--	--------------------

ADMINISTRACIÓN	5 %			Q 550,12
FIANZAS E IMPUESTOS	10 %			Q 1 100,24
IMPREVISTOS	3 %			Q 330,07
DIRECCIÓN TÉCNICA	5 %			Q 550,12
UTILIDAD	10 %			Q 1 100,24
<b>TOTAL INDIRECTO</b>				<b>Q 3 630,79</b>

<b>TOTAL UNITARIO</b>				<b>Q 14 633,22</b>
-----------------------	--	--	--	--------------------



Continuación apéndice 3.

REGLÓN:	CAJA REUNIDORA DE CAUDALES
MEDIDA:	UNIDAD
COSTO UNITARIO:	Q 6 716,82

MATERIALES

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
CEMENTO	9	saco	Q 74,90	Q 674,10
ARENA DE RÍO	0,6	m <sup>3</sup>	Q 123,05	Q 73,83
PIEDRÍN	0,8	m <sup>3</sup>	Q 192,60	Q 154,08
PIEDRA BOLA	1,1	m <sup>3</sup>	Q 192,60	Q 211,86
HIERRO DE 3/8"	4,5	varilla	Q 41,33	Q 186,00
HIERRO DE 1/2"	0,25	varilla	Q 73,30	Q 18,32
ALAMBRE DE AMARRE	1	lb.	Q 6,00	Q 6,00
CLAVO	2	lb.	Q 6,00	Q 12,00
MADERA	30	pt.	Q 5,46	Q 163,80
CANDADO	2	u	Q 125,00	Q 250,00
POSTES BROTONES	11	U	Q 7,00	Q 77,00
ALAMBRE ESPIGADO	120	Vrs	Q 5,00	Q 600,00
GRAPAS PARA CERCO	1	Lb	Q 5,00	Q 5,00
CODO PVC Ø 2" x 90º para drenaje	4	u	Q 14,94	Q 59,76
TUBERÍA PVC Ø 2" 125 PSI drenaje	1	u	Q 134,72	Q 134,72
VÁLVULA DE COMPUERTA Ø 2" BR	2	u	Q 291,50	Q 583,00
ADAPTADOR MACHO PVC Ø 2"	6	u	Q 10,23	Q 61,38
PICHACHA PVC Ø 2"	1	u	Q 200,00	Q 200,00
PEGAMENTO PVC PINTA	0,22	U	Q 66,09	Q 14,69
TEFLÓN	4	U	Q 2,25	Q 9,00
HERRAMIENTA	1	Global	Q 69,89	Q 69,89
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>Q 3 564,43</b>

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
Fundición concreto ciclopeo	1,8	M3	Q 82,00	Q 147,60
Armadura hierro 3/8"	1,5	ML	Q 0,65	Q 0,98
Hechura de tapadera de caja válvulas	1	unidad	Q 31,00	Q 31,00
Hechura de tapadera de caja mayor	1	unidad	Q 35,00	Q 35,00
Encofrado y desencofrado cajas	5,4	m2	Q 33,50	Q 180,90
Picado y Alisado	6,64	M2	Q 9,45	Q 62,75
Instalación de Accesorios y Tubería	1	global	Q 350,00	Q 350,00
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 808,23</b>
PRESTACIONES LABORALES	83,87 %		Q 808,23	Q 677,86
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 677,86</b>
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 1 486,09</b>

<b>TOTAL DIRECTO</b>	<b>Q 5 050,52</b>
----------------------	-------------------

ADMINISTRACIÓN	5 %		Q 252,53
FIANZAS E IMPUESTOS	10 %		Q 505,05
IMPREVISTOS	3 %		Q 151,52
DIRECCIÓN TÉCNICA	5 %		Q 252,34
UTILIDAD	10 %		Q 504,86
<b>TOTAL INDIRECTO</b>			<b>Q 1 666,30</b>
<b>TOTAL UNITARIO</b>			<b>Q 6 716,82</b>

Continuación apéndice 3.

<b>REGLÓN:</b>	Tubería PVC ø 3/4" 250 PSI
<b>MEDIDA:</b>	m
<b>COSTO UNITARIO:</b>	Q 13,24
<b>METROS DE INSTALACIÓN</b>	6,00

**MATERIALES**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
Tubería PVC ø 3/4" 250 PSI	1,00	tubo	Q 34,97	Q 34,97
CEMENTO SOLVENTE	0,002	galon	Q 462,05	Q 0,72
WIPPE	0,05	Lb	Q 9,95	Q 0,50
LIJA DE AGUA	0,25	pliego	Q 3,40	Q 0,85
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 37,04</b>
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>Q 37,04</b>

**MANO DE OBRA**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
INSTALACIÓN TUBERÍA PVC	1,00	unidad	Q 4,10	Q 4,10
PEGADO DE TUBERÍA PVC	1,00	unidad	Q 8,00	Q 8,00
HERRAMIENTA	1,00	Global	Q 0,24	Q 0,24
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 12,34</b>
PRESTACIONES LABORALES	83,87 %		Q 12,34	Q 10,35
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 10,35</b>
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 22,69</b>

<b>TOTAL DIRECTO</b>	<b>Q 59,73</b>
----------------------	----------------

ADMINISTRACIÓN	5 %		Q 2,99
FIANZAS E IMPUESTOS	10 %		Q 5,97
IMPREVISTOS	3 %		Q 1,79
DIRECCIÓN TÉCNICA	5 %		Q 2,99
UTILIDAD	10 %		Q 5,97
<b>TOTAL INDIRECTO</b>			<b>Q 19,71</b>
<b>TOTAL</b>			<b>Q 79,44</b>
<b>TOTAL UNITARIO</b>			<b>Q 13,24</b>

Continuación apéndice 3.

<b>REGLÓN:</b>	Tubería PVC ø 1" 160 PSI
<b>MEDIDA:</b>	m
<b>COSTO UNITARIO:</b>	Q 15,74
<b>METROS DE INSTALACIÓN</b>	6,00

**MATERIALES**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
Tubería PVC ø 1" 160 PSI	1,00	tubo	Q 45,99	Q 45,99
CEMENTO SOLVENTE	0,002	galon	Q 462,05	Q 0,96
WIPPE	0,05	Lb	Q 9,95	Q 0,50
LIJA DE AGUA	0,25	pliego	Q 3,40	Q 0,85
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 48,30</b>
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>Q 48,30</b>

**MANO DE OBRA**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
INSTALACIÓN TUBERÍA PVC	1,00	unidad	Q 4,10	Q 4,10
PEGADO DE TUBERÍA PVC	1,00	unidad	Q 8,00	Q 8,00
HERRAMIENTA	1,00	Global	Q 0,24	Q 0,24
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 12,34</b>
PRESTACIONES LABORALES	83,87 %		Q 12,34	Q 10,35
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 10,35</b>
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 22,69</b>

<b>TOTAL DIRECTO</b>	<b>Q 70,99</b>
----------------------	----------------

ADMINISTRACIÓN	5 %			Q 3,55
FIANZAS E IMPUESTOS	10 %			Q 7,10
IMPREVISTOS	3 %			Q 2,13
DIRECCIÓN TÉCNICA	5 %			Q 3,55
UTILIDAD	10 %			Q 7,10
<b>TOTAL INDIRECTO</b>				<b>Q 23,43</b>
<b>TOTAL</b>				<b>Q 94,42</b>
<b>TOTAL UNITARIO</b>				<b>Q 15,74</b>

Continuación apéndice 3.

<b>REGLÓN:</b>	Tubería PVC ø 1½" 160 PSI
<b>MEDIDA:</b>	m
<b>COSTO UNITARIO:</b>	Q 19,40
<b>METROS DE INSTALACIÓN</b>	6,00

**MATERIALES**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
Tubería PVC ø 1½" 160 PSI	1,00	tubo	Q 62,31	Q 62,31
CEMENTO SOLVENTE	0,003	galon	Q 462,05	Q 1,16
WIPPE	0,05	Lb	Q 9,95	Q 0,50
LIJA DE AGUA	0,25	pliego	Q 3,40	Q 0,85
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 64,82</b>
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>Q 64,82</b>

**MANO DE OBRA**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
INSTALACIÓN TUBERÍA PVC	1,00	unidad	Q 4,10	Q 4,10
PEGADO DE TUBERÍA PVC	1,00	unidad	Q 8,00	Q 8,00
HERRAMIENTA	1,00	Global	Q 0,24	Q 0,24
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 12,34</b>
PRESTACIONES LABORALES	83,87 %		Q 12,34	Q 10,35
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 10,35</b>
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 22,69</b>

<b>TOTAL DIRECTO</b>	<b>Q 87,51</b>
----------------------	----------------

ADMINISTRACIÓN	5 %			Q 4,38
FIANZAS E IMPUESTOS	10 %			Q 8,75
IMPREVISTOS	3 %			Q 2,63
DIRECCIÓN TÉCNICA	5 %			Q 4,38
UTILIDAD	10 %			Q 8,75
<b>TOTAL INDIRECTO</b>				<b>Q 28,89</b>
<b>TOTAL</b>				<b>Q 116,40</b>
<b>TOTAL UNITARIO</b>				<b>Q 19,40</b>

Continuación apéndice 3.

<b>REGLÓN:</b>	Tubería PVC ø 1½" 160 PSI
<b>MEDIDA:</b>	m
<b>COSTO UNITARIO:</b>	Q 23,71
<b>METROS DE INSTALACIÓN</b>	6,00

**MATERIALES**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
Tubería PVC ø 1½" 160 PSI	1,00	tubo	Q 81,49	Q 81,49
CEMENTO SOLVENTE	0,003	galon	Q 462,05	Q 1,44
WIPPE	0,05	Lb	Q 9,95	Q 0,50
LIIJA DE AGUA	0,25	pliego	Q 3,40	Q 0,85
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 84,28</b>
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>Q 84,28</b>

**MANO DE OBRA**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
INSTALACIÓN TUBERÍA PVC	1,00	unidad	Q 4,10	Q 4,10
PEGADO DE TUBERÍA PVC	1,00	unidad	Q 8,00	Q 8,00
HERRAMIENTA	1,00	Global	Q 0,24	Q 0,24
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 12,34</b>
PRESTACIONES LABORALES	83,87 %		Q 12,34	Q 10,35
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 10,35</b>
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 22,69</b>

<b>TOTAL DIRECTO</b>	<b>Q 106,97</b>
----------------------	-----------------

ADMINISTRACIÓN	5 %			Q 5,35
FIANZAS E IMPUESTOS	10 %			Q 10,70
IMPREVISTOS	3 %			Q 3,21
DIRECCIÓN TÉCNICA	5 %			Q 5,35
UTILIDAD	10 %			Q 10,70
<b>TOTAL INDIRECTO</b>				<b>Q 35,31</b>
<b>TOTAL</b>				<b>Q 142,28</b>
<b>TOTAL UNITARIO</b>				<b>Q 23,71</b>

Continuación apéndice 3.

<b>REGLÓN:</b>	Tubería PVC ø
<b>MEDIDA:</b>	2" 160 PSI
<b>COSTO UNITARIO:</b>	Q 33,99
<b>METROS DE INSTALACIÓN</b>	6,00

**MATERIALES**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
Tubería PVC ø 2" 160 PSI	1,00	tubo	Q 126,98	Q 126,98
CEMENTO SOLVENTE	0,005	galon	Q 462,05	Q 2,31
WIPPE	0,05	Lb	Q 9,95	Q 0,50
LIJA DE AGUA	0,25	pliego	Q 3,40	Q 0,85
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 130,64</b>
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>Q 130,64</b>

**MANO DE OBRA**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
INSTALACIÓN TUBERÍA PVC	1,00	unidad	Q 4,10	Q 4,10
PEGADO DE TUBERÍA PVC	1,00	unidad	Q 8,00	Q 8,00
HERRAMIENTA	1,00	Global	Q 0,24	Q 0,24
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 12,34</b>
PRESTACIONES LABORALES	83,87 %		Q 12,34	Q 10,35
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 10,35</b>
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 22,69</b>

<b>TOTAL DIRECTO</b>	<b>Q 153,33</b>
----------------------	-----------------

ADMINISTRACIÓN	5 %			Q 7,67
FIANZAS E IMPUESTOS	10 %			Q 15,33
IMPREVISTOS	3 %			Q 4,60
DIRECCIÓN TÉCNICA	5 %			Q 7,67
UTILIDAD	10 %			Q 15,33
<b>TOTAL INDIRECTO</b>				<b>Q 50,60</b>
<b>TOTAL</b>				<b>Q 203,93</b>
<b>TOTAL UNITARIO</b>				<b>Q 33,99</b>

Continuación apéndice 3.

<b>REGLÓN:</b>	Tubería PVC Ø 2½" 160 PSI
<b>MEDIDA:</b>	m
<b>COSTO UNITARIO:</b>	Q 49,53
<b>METROS DE INSTALACIÓN</b>	6,00

**MATERIALES**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
Tubería PVC Ø 2½" 160 PSI	1,00	tubo	Q 196,10	Q 196,10
CEMENTO SOLVENTE	0,007	galon	Q 462,05	Q 3,30
WIPPE	0,05	Lb	Q 9,95	Q 0,50
LIJA DE AGUA	0,25	pliego	Q 3,40	Q 0,85
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 200,75</b>
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>Q 200,75</b>

**MANO DE OBRA**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
INSTALACIÓN TUBERÍA PVC	1,00	unidad	Q 4,10	Q 4,10
PEGADO DE TUBERÍA PVC	1,00	unidad	Q 8,00	Q 8,00
HERRAMIENTA	1,00	Global	Q 0,24	Q 0,24
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 12,34</b>
PRESTACIONES LABORALES	83,87 %		Q 12,34	Q 10,35
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 10,35</b>
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 22,69</b>

<b>TOTAL DIRECTO</b>	<b>Q 223,44</b>
----------------------	-----------------

ADMINISTRACIÓN	5 %			Q 11,17
FIANZAS E IMPUESTOS	10 %			Q 22,34
IMPREVISTOS	3 %			Q 6,70
DIRECCIÓN TÉCNICA	5 %			Q 11,17
UTILIDAD	10 %			Q 22,34
<b>TOTAL INDIRECTO</b>				<b>Q 73,72</b>
<b>TOTAL</b>				<b>Q 297,16</b>
<b>TOTAL UNITARIO</b>				<b>Q 49,53</b>

Continuación apéndice 3.

<b>REGLÓN:</b>	Tubería PVC Ø 3" 160 PSI
<b>MEDIDA:</b>	m
<b>COSTO UNITARIO:</b>	Q 71,47
<b>METROS DE INSTALACIÓN</b>	6,00

**MATERIALES**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
Tubería PVC Ø 3" 160 PSI	1,00	tubo	Q 293,27	Q 293,27
CEMENTO SOLVENTE	0,010	galon	Q 462,05	Q 4,62
WIPPE	0,10	Lb	Q 9,95	Q 1,00
LIJA DE AGUA	0,25	pliego	Q 3,40	Q 0,85
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 299,74</b>
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>Q 299,74</b>

**MANO DE OBRA**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
INSTALACIÓN TUBERÍA PVC	1,00	unidad	Q 4,10	Q 4,10
PEGADO DE TUBERÍA PVC	1,00	unidad	Q 8,00	Q 8,00
HERRAMIENTA	1,00	Global	Q 0,24	Q 0,24
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 12,34</b>
PRESTACIONES LABORALES	83,87 %		Q 12,34	Q 10,35
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 10,35</b>
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 22,69</b>

<b>TOTAL DIRECTO</b>	<b>Q 322,43</b>
----------------------	-----------------

ADMINISTRACIÓN	5 %		Q 16,12
FIANZAS E IMPUESTOS	10 %		Q 32,24
IMPREVISTOS	3 %		Q 9,67
DIRECCIÓN TÉCNICA	5 %		Q 16,12
UTILIDAD	10 %		Q 32,24
<b>TOTAL INDIRECTO</b>			<b>Q 106,39</b>
<b>TOTAL</b>			<b>Q 428,82</b>
<b>TOTAL UNITARIO</b>			<b>Q 71,47</b>



Continuación apéndice 3.

<b>REGLÓN:</b>	Tubería PVC ø 4" 160 PSI
<b>MEDIDA:</b>	m
<b>COSTO UNITARIO:</b>	Q 117,83
<b>METROS DE INSTALACIÓN</b>	6,00

**MATERIALES**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
Tubería PVC ø 4" 160 PSI	1,00	tubo	Q 482,30	Q 482,30
CEMENTO SOLVENTE	0,013	galon	Q 462,05	Q 5,78
WIPPE	0,10	Lb	Q 9,95	Q 1,00
LIJA DE AGUA	0,25	pliego	Q 3,40	Q 0,85
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 489,93</b>
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>Q 489,93</b>

**MANO DE OBRA**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
INSTALACIÓN TUBERÍA PVC.	1,00	unidad	Q 7,20	Q 7,20
PEGADO DE TUBERÍA PVC.	1,00	unidad	Q 15,00	Q 15,00
HERRAMIENTA	1,00	Global	Q 0,44	Q 0,44
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 22,64</b>
PRESTACIONES LABORALES	83,87 %		Q 22,64	Q 18,99
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 18,99</b>
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 41,63</b>

<b>TOTAL DIRECTO</b>	<b>Q 531,56</b>
----------------------	-----------------

ADMINISTRACIÓN	5 %		Q 26,58
FIANZAS E IMPUESTOS	10 %		Q 53,16
IMPREVISTOS	3 %		Q 15,95
DIRECCIÓN TÉCNICA	5 %		Q 26,58
UTILIDAD	10 %		Q 53,16
<b>TOTAL INDIRECTO</b>			<b>Q 175,43</b>
<b>TOTAL</b>			<b>Q 706,99</b>
<b>TOTAL UNITARIO</b>			<b>Q 117,83</b>

Continuación apéndice 3.

REGLÓN:	VÁLVULA DE AIRE
MEDIDA:	UNIDAD
COSTO UNITARIO:	Q 3 134,71

MATERIALES

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
CEMENTO	4	saco	Q 74,90	Q 299,60
ARENA DE RÍO	1	m <sup>3</sup>	Q 123,05	Q 123,05
PIEDRÍN	1	m <sup>3</sup>	Q 192,60	Q 192,60
PIEDRA BOLA	1	m <sup>3</sup>	Q 192,60	Q 192,60
HIERRO DE 3/8"	5	varilla	Q 41,33	Q 206,67
HIERRO DE 1/4"	2,5	varilla	Q 13,73	Q 34,32
ALAMBRE DE AMARRE	5	lb.	Q 6,00	Q 30,00
MADERA	50	pt.	Q 5,46	Q 273,00
CLAVO	3	lb.	Q 6,00	Q 18,00
CANDADO	1	u	Q 125,00	Q 125,00
TEE PVC Ø 1"	1	u	Q 6,56	Q 6,56
REDUCIDOR BUSHING HG Ø 1" X 1/2"	1	u	Q 10,80	Q 10,80
ADAPTADOR HEMBRA PVC Ø 1/2"	2	u	Q 2,50	Q 5,00
NIPLE HG Ø 1/2" X 0.20 mts	1	u	Q 12,00	Q 12,00
VÁLVULA AUTOMÁTICA DE AIRE Ø 1/2" Br	1	u	Q 225,00	Q 225,00
CEMENTO SOLVENTE	0,01	galon	Q 462,05	Q 4,62
TEFLÓN	1	U	Q 2,25	Q 2,25
HERRAMIENTA	1	global	Q 35,22	Q 35,22
				Q 1 796,29
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>Q 1 796,29</b>

MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
HECHURA DE TAPADERA	1	UNIDAD	Q 31,00	Q 31,00
HECHURA DE BATIENTE	1	UNIDAD	Q 31,00	Q 31,00
ENCOFRADO Y DESENCOFADO	2,24	M2	Q 33,50	Q 75,04
FUNDICIÓN CONCRETO CICLOPEO	0,6	M3	Q 82,00	Q 49,20
PICADO Y ALISADO	2,24	M2	Q 9,45	Q 21,17
Colocación de valvula y artefactos	1	GLOBAL	Q 97,50	Q 97,50
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 304,91</b>
PRESTACIONES LABORALES	83,87 %		Q 304,91	Q 255,73
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 255,73</b>
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 560,63</b>

<b>TOTAL DIRECTO</b>	<b>Q 2 356,92</b>
----------------------	-------------------

ADMINISTRACIÓN	5 %		Q 117,85
FIANZAS E IMPUESTOS	10 %		Q 235,69
IMPREVISTOS	3 %		Q 70,71
DIRECCIÓN TÉCNICA	5 %		Q 117,85
UTILIDAD	10 %		Q 235,69
<b>TOTAL INDIRECTO</b>			<b>Q 777,79</b>
<b>TOTAL UNITARIO</b>			<b>Q 3 134,71</b>

Continuación apéndice 3.

REGLÓN:	VÁLVULA DE LIMPIEZA Ø 2"
MEDIDA:	UNIDAD
COSTO UNITARIO:	Q 3 469,09

MATERIALES

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
CEMENTO	4	saco	Q 74,90	Q 299,60
ARENA DE RÍO	1	m <sup>3</sup>	Q 123,05	Q 123,05
PIEDRÍN	1	m <sup>3</sup>	Q 192,60	Q 192,60
PIEDRA BOLA	1	m <sup>3</sup>	Q 192,60	Q 192,60
HIERRO DE 3/8"	5	varilla	Q 41,33	Q 206,67
HIERRO DE 1/4"	2,5	varilla	Q 13,73	Q 34,32
ALAMBRE DE AMARRE	5	lb.	Q 6,00	Q 30,00
MADERA	50	pt.	Q 5,46	Q 273,00
CLAVO	3	lb.	Q 6,00	Q 18,00
CANDADO	1	u	Q 125,00	Q 125,00
TEE PVC Ø 2"	1	u	Q 17,02	Q 17,02
VÁLVULA DE COMPUERTA Ø 2" BR	1	u	Q 291,50	Q 291,50
ADAPTADOR MACHO PVC Ø 2"	2	u	Q 10,23	Q 20,46
TUBERÍA PVC Ø 2" 125 PSI	1	tubo	Q 134,72	Q 134,72
CEMENTO SOLVENTE	0,011	galon	Q 462,05	Q 4,95
TEFLÓN	2	U	Q 2,25	Q 4,50
HERRAMIENTA	1	Global	Q 39,36	Q 39,36
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 2 007,36</b>
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>Q 2 007,36</b>

MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
HECHURA DE TAPADERA	1	UNIDAD	Q 31,00	Q 31,00
HECHURA DE BATIENTE	1	UNIDAD	Q 31,00	Q 31,00
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	2,56	M2	Q 33,50	Q 85,76
FUNDICIÓN CONCRETO CICLOPEO	0,7	M3	Q 82,00	Q 57,40
PICADO Y ALISADO	2,56	M2	Q 9,45	Q 24,19
Colocaciòn de valvula y artefactos	1	GLOBAL	Q 97,50	Q 97,50
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 326,85</b>
PRESTACIONES LABORALES	83,87 %		Q 326,85	Q 274,13
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 274,13</b>
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 600,98</b>

<b>TOTAL DIRECTO</b>				<b>Q 2 608,34</b>
----------------------	--	--	--	-------------------

ADMINISTRACIÓN	5 %			Q 130,42
FIANZAS E IMPUESTOS	10 %			Q 260,83
IMPREVISTOS	3 %			Q 78,25
DIRECCIÓN TÉCNICA	5 %			Q 130,42
UTILIDAD	10 %			Q 260,83
<b>TOTAL INDIRECTO</b>				<b>Q 860,75</b>
<b>TOTAL UNITARIO</b>				<b>Q 3 469,09</b>

Continuación apéndice 3.

REGLÓN:	VÁLVULA DE LIMPIEZA Ø 2½"
MEDIDA:	UNIDAD
COSTO UNITARIO:	Q 3 180,32

MATERIALES

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
CEMENTO	2,5	saco	Q 74,90	Q 187,25
ARENA DE RÍO	0,16	m³	Q 123,05	Q 19,69
PIEDRÍN	0,2	m³	Q 192,60	Q 38,52
PIEDRA BOLA	0,2	m³	Q 192,60	Q 38,52
HIERRO DE 3/8"	4,5	varilla	Q 41,33	Q 186,00
HIERRO DE 1/4"	2	varilla	Q 13,73	Q 27,46
ALAMBRE DE AMARRE	3	lb.	Q 6,00	Q 18,00
MADERA	50	pt.	Q 5,46	Q 273,00
CLAVO	3	lb.	Q 6,00	Q 18,00
CANDADO	1	u	Q 125,00	Q 125,00
TEE PVC Ø 2½"	1	u	Q 67,58	Q 67,58
VÁLVULA DE COMPUERTA Ø 2½" BR	1	u	Q 495,00	Q 495,00
ADAPTADOR MACHO PVC Ø 2½"	2	u	Q 26,99	Q 53,98
TUBERÍA PVC Ø 2½" 125 PSI	1	tubo	Q 197,69	Q 197,69
CEMENTO SOLVENTE	0,011	galon	Q 462,05	Q 4,95
TEFLÓN	2	U	Q 2,25	Q 4,50
HERRAMIENTA	1	Global	Q 35,10	Q 35,10
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 1 790,24</b>
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>Q 1 790,24</b>

MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
HECHURA DE TAPADERA	1	UNIDAD	Q 31,00	Q 31,00
HECHURA DE BATIENTE	1	UNIDAD	Q 31,00	Q 31,00
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	2,56	M2	Q 33,50	Q 85,76
FUNDICIÓN CONCRETO CICLOPEO	0,7	M3	Q 82,00	Q 57,40
PICADO Y ALISADO	2,56	M2	Q 9,45	Q 24,19
Colocación de valvula y artefactos	1	GLOBAL	Q 97,50	Q 97,50
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 326,85</b>
PRESTACIONES LABORALES	83,87 %		Q 326,85	Q 274,13
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 274,13</b>
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 600,98</b>

<b>TOTAL DIRECTO</b>				<b>Q 2 391,22</b>
----------------------	--	--	--	-------------------

ADMINISTRACIÓN	5 %			Q 119,56
FIANZAS E IMPUESTOS	10 %			Q 239,12
IMPREVISTOS	3 %			Q 71,74
DIRECCIÓN TÉCNICA	5 %			Q 119,56
UTILIDAD	10 %			Q 239,12
<b>TOTAL INDIRECTO</b>				<b>Q 789,10</b>
<b>TOTAL UNITARIO</b>				<b>Q 3 180,32</b>

Continuación apéndice 3.

REGLÓN:	CAJA ROMPEPRESIÓN 1 m <sup>3</sup> (Ø2"-Ø2½")
MEDIDA:	UNIDAD
COSTO UNITARIO:	Q 7 927,01

MATERIALES

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
CEMENTO	13	saco	Q 74,90	Q 973,70
ARENA DE RÍO	1,2	m <sup>3</sup>	Q 123,05	Q 147,66
PIEDRÍN	0,3	m <sup>3</sup>	Q 192,60	Q 57,78
PIEDRA BOLA	1,4	m <sup>3</sup>	Q 192,60	Q 269,64
HIERRO DE 3/8"	6	varilla	Q 41,33	Q 248,00
HIERRO DE 1/2"	0,5	varilla	Q 73,30	Q 36,65
ALAMBRE DE AMARRE	4	lb.	Q 6,00	Q 24,00
CLAVO	2	lb.	Q 6,00	Q 12,00
MADERA	100	pt.	Q 5,46	Q 546,00
CANDADO	2	u	Q 125,00	Q 250,00
POSTES BROTONES	11	U	Q 7,00	Q 77,00
ALAMBRE ESPIGADO	120	Vrs	Q 5,00	Q 600,00
GRAPAS PARA CERCO	1	Lb	Q 5,00	Q 5,00
CODO PVC Ø 2" x 90º para drenaje	4	u	Q 14,94	Q 59,76
TUBERÍA PVC Ø 2" 125 PSI drenaje	1	u	Q 134,72	Q 134,72
VÁLVULA DE COMPUERTA Ø 2" BR	1	u	Q 291,50	Q 291,50
ADAPTADOR MACHO PVC Ø 2"	2	u	Q 10,23	Q 20,46
PICHACHA PVC Ø 2½"	1	u	Q 225,00	Q 225,00
PEGAMENTO PVC PINTA	0,067	U	Q 66,09	Q 4,41
TEFLÓN	2	U	Q 2,25	Q 4,50
HERRAMIENTA	1	GLOBAL	Q 79,76	Q 79,76
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>Q 4 067,54</b>

MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
Fundición concreto ciclopeo	3	M3	Q 82,00	Q 246,00
Armadura hierro 3/8"	33	ML	Q 0,65	Q 21,45
Hechura de tapadera de caja válvulas	1	unidad	Q 31,00	Q 31,00
Hechura de tapadera de caja mayor	1	unidad	Q 35,00	Q 35,00
Encofrado y desencofrado cajas	7,78	m2	Q 33,50	Q 260,63
Picado y Alisado	9,02	M2	Q 9,45	Q 85,24
Instalación de Accesorios y Tubería	1	global	Q 350,00	Q 350,00
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 1 029,32</b>
PRESTACIONES LABORALES	83,87 %		Q 1 029,32	Q 863,29
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 863,29</b>
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 1 892,61</b>

<b>TOTAL DIRECTO</b>	<b>Q 5 960,15</b>
----------------------	-------------------

ADMINISTRACIÓN	5 %		Q 298,01
FIANZAS E IMPUESTOS	10 %		Q 596,02
IMPREVISTOS	3 %		Q 178,80
DIRECCIÓN TÉCNICA	5 %		Q 298,01
UTILIDAD	10 %		Q 596,02
<b>TOTAL INDIRECTO</b>			<b>Q 1 966,86</b>
<b>TOTAL UNITARIO</b>			<b>Q 7 927,01</b>

Continuación apéndice 3.

REGLÓN:	PASO AÉREO DE 15 m
CANTIDAD:	1,00
MEDIDA:	U
COSTO UNITARIO:	Q 17 144,87

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
ARENA DE RÍO	2,10	m <sup>3</sup>	Q 123,05	Q 258,41
MADERA	150,00	pt.	Q 5,46	Q 819,00
PIEDRÍN	3,45	m <sup>3</sup>	Q 192,60	Q 664,47
ALAMBRE DE AMARRE	18,00	lb.	Q 6,00	Q 108,00
CEMENTO	40,00	saco	Q 74,90	Q 2 996,00
CLAVO	8,00	lb.	Q 6,00	Q 48,00
HIERRO DE 1/2"	20,00	varilla	Q 73,30	Q 1 465,90
HIERRO DE 3/8"	10,00	varilla	Q 41,33	Q 413,34
CABLE DE 3/8"	58,00	mt.	Q 30,00	Q 1 740,00
HIERRO DE 3/4"	1,00	varilla	Q 165,08	Q 165,08
GUARDACABOS DE 3/8"	2,00	U	Q 8,50	Q 17,00
MORDAZAS DE 3/8"	69,00	U	Q 9,00	Q 621,00
TENSOR DE 5/8"	1,00	U	Q 50,00	Q 50,00
POLEA DE 4"	2,00	U	Q 80,00	Q 160,00
COJINETE DE 1 1/2"	2,00	U	Q 40,00	Q 80,00
HERRAMIENTA	1,00	global	Q 192,12	Q 192,12
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 9 798,32</b>
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>Q 9 798,32</b>

MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
LIMPIA Y CHAPEO	18,00	m <sup>2</sup>	Q 1,50	Q 27,00
EXCAVACIÓN	1,33	m <sup>3</sup>	Q 21,00	Q 27,93
FUNDICIÓN DE MUERTOS DE CONCRETO	3,00	m <sup>3</sup>	Q 110,00	Q 330,00
FUNDICIÓN Y ARMADO DE ZAPATAS	2,00	u	Q 125,00	Q 250,00
CENTRADO DE COLUMNAS	2,00	u	Q 40,00	Q 80,00
FUNDICIÓN Y ARMADO DE COLUMNAS	2,00	u	Q 210,00	Q 420,00
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE COLUMNAS	2,40	m <sup>2</sup>	Q 30,00	Q 72,00
COLOCACIÓN DE CABLES Y ACCESORIOS	1,00	global	Q 475,00	Q 475,00
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 1 681,93</b>
PRESTACIONES LABORALES	83,87 %		Q 1 681,93	Q 1 410,63
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 3 092,56</b>

<b>TOTAL DIRECTO</b>				<b>Q 12 890,88</b>
----------------------	--	--	--	--------------------

ADMINISTRACIÓN	5 %			Q 644,54
FIANZAS E IMPUESTOS	10 %			Q 1 289,09
IMPREVISTOS	3 %			Q 386,73
DIRECCIÓN TÉCNICA	5 %			Q 644,54
UTILIDAD	10 %			Q 1 289,09
<b>TOTAL INDIRECTO</b>				<b>Q 4 253,99</b>
<b>TOTAL UNITARIO</b>				<b>Q 17 144,87</b>

Continuación apéndice 3.

REGLÓN:	PAZO DE ZANJÓN TIPO B
CANTIDAD:	1,00
MEDIDA:	U
COSTO UNITARIO:	Q 4 128,46

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
ARENA DE RÍO	0,82	m <sup>3</sup>	Q 123,05	Q 100,90
PIEDRÍN	1,11	m <sup>3</sup>	Q 192,60	Q 213,79
MADERA	55,00	pt.	Q 5,46	Q 300,30
CEMENTO	14,00	saco	Q 74,90	Q 1 048,60
HIERRO DE 3/8"	6,50	varilla	Q 41,33	Q 268,67
HIERRO DE 1/2"	5,50	varilla	Q 73,30	Q 403,12
ALAMBRE DE AMARRE	3,00	lb.	Q 6,00	Q 18,00
CLAVO	3,00	lb.	Q 6,00	Q 18,00
HERRAMIENTA	1,00	global	Q 47,43	Q 47,43
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 2 371,38</b>
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>Q 2 371,38</b>

MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
LIMPIA Y CHAPEO	5,00	m <sup>2</sup>	Q 1,50	Q 7,50
TRAZO Y ESTAQUEADO	5,00	ml	Q 0,50	Q 2,50
EXCAVACIÓN	1,30	m <sup>3</sup>	Q 21,00	Q 27,30
RELLENO	0,40	m <sup>3</sup>	Q 15,00	Q 6,00
FUNDICIÓN Y ARMADO	1,48	m <sup>3</sup>	Q 240,00	Q 355,20
				Q -
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 398,50</b>
PRESTACIONES LABORALES	83,87 %		Q 398,50	Q 334,22
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 732,72</b>

<b>TOTAL DIRECTO</b>	<b>Q 3 104,10</b>
----------------------	-------------------

ADMINISTRACIÓN	5 %			Q 155,21
FIANZAS E IMPUESTOS	10 %			Q 310,41
IMPREVISTOS	3 %			Q 93,12
DIRECCIÓN TÉCNICA	5 %			Q 155,21
UTILIDAD	10 %			Q 310,41
<b>TOTAL INDIRECTO</b>				<b>Q 1 024,36</b>
<b>TOTAL UNITARIO</b>				<b>Q 4 128,46</b>

Continuación apéndice 3.

REGLÓN:	TANQUE DE 150 M <sup>3</sup> DE CONCRETO
MÉDIDA:	UNIDAD
COSTO UNITARIO:	Q 306 407,93

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
CEMENTO	602,00	saco	Q 74,90	Q 45 089,80
ARENA DE RÍO	39,12	m <sup>3</sup>	Q 123,05	Q 4 813,22
PIEDRÍN	51,24	m <sup>3</sup>	Q 192,60	Q 9 868,82
ALAMBRE DE AMARRE	610,40	lb.	Q 6,00	Q 3 662,40
MADERA	2400,00	pt.	Q 5,46	Q 13 104,00
CLAVO	135,00	lb.	Q 6,00	Q 810,00
HIERRO DE 1/4"	36,40	varilla	Q 13,73	Q 499,70
HIERRO DE 3/8"	1 044,40	varilla	Q 41,33	Q 43 169,33
HIERRO DE 1/2"	509,60	varilla	Q 73,30	Q 37 351,13
HIERRO DE 5/8"	30,80	varilla	Q 114,52	Q 3 527,28
TUBERÍA HG Ø 3/4" TL	6,00	tubo	Q 177,50	Q 1 065,00
CODO PVC Ø 3" x 90º	3,00	u	Q 78,71	Q 236,13
NIPLE PVC Ø 3" X 2 MTS	3,00	u	Q 103,10	Q 309,30
CODO PVC Ø 1" x 90º	3,00	u	Q 6,80	Q 20,40
ADAPTADOR MACHO PVC Ø 1"	6,00	u	Q 5,14	Q 30,84
VÁLVULA DE COMPUERTA Ø 1" BR	3,00	u	Q 99,00	Q 297,00
ADAPTADOR MACHO PVC Ø 2"	12,00	u	Q 10,23	Q 122,76
PICHACHA PVC Ø 2"	2,00	u	Q 200,00	Q 400,00
CODO PVC Ø 2" x 90º	6,00	u	Q 14,94	Q 89,64
VÁLVULA DE COMPUERTA Ø 2" Br	4,00	u	Q 291,50	Q 1 166,00
TEE PVC Ø 2"	2,00	u	Q 17,02	Q 34,04
TUBERÍA PVC Ø 2" 125 psi drenaje	2,00	u	Q 134,72	Q 269,45
POSTES BROTONES	150,00	U	Q 7,00	Q 1 050,00
ALAMBRE ESPIGADO	480,00	Vrs	Q 5,00	Q 2 400,00
GRAPAS PARA CERCO	6,00	Lb	Q 5,00	Q 30,00
CANDADO	8,00	u	Q 125,00	Q 1 000,00
HERRAMIENTA	1,00	global	Q 3 408,33	Q 3 408,33
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 173 824,58</b>
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>Q 173 824,58</b>

MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
TRAZO Y ESTAQUEADO	108,00	ml	Q 3,75	Q 405,00
NIVELACIÓN Y COMPACTACION DEL FONDO DEL TANQUE	128,00	m <sup>2</sup>	Q 24,75	Q 3 168,00
FUNDIR PISO DE CONCRETO	22,50	m <sup>3</sup>	Q 110,00	Q 2 475,00
FUNDIR MURO DE CONCRETO	24,00	m <sup>3</sup>	Q 125,00	Q 3 000,00
FUNDIR LOSA Y TAPADERA	10,00	m <sup>3</sup>	Q 850,00	Q 8 496,60
CURADO DE LOSA DE CONCRETO	30,00	m <sup>2</sup>	Q 7,50	Q 225,00
PICADO Y ALISADO DE MUROS Y FONDO DEL TANQUE	420,00	m <sup>2</sup>	Q 9,50	Q 3 990,00
REPELLO Y AFINADO EN MUROS Y LOSA	420,00	m <sup>2</sup>	Q 15,00	Q 6 300,00
INSTALACIÓN DE ESCALERAS Y VENTILACION	2,00	u	Q 400,00	Q 800,00
INSTALACIÓN TUBERÍA, ACCESORIOS Y VÁLVULAS	2,00	global	Q 350,00	Q 700,00
HACER CAJAS PARA VÁLVULAS DE ENTRADA Y SALIDA	6,00	u	Q 200,00	Q 1 200,00
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 30 759,60</b>
PRESTACIONES LABORALES	83,87 %		Q 30 759,60	Q 25 798,08
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 25 798,08</b>
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 56 557,68</b>

<b>TOTAL DIRECTO</b>	<b>Q 230 382,26</b>
----------------------	---------------------

ADMINISTRACIÓN	5 %			Q 11 519,11
FIANZAS E IMPUESTOS	10 %			Q 23 038,23
IMPREVISTOS	3 %			Q 6 911,43
DIRECCIÓN TÉCNICA	5 %			Q 11 519,13
UTILIDAD	10 %			Q 23 037,77
<b>TOTAL INDIRECTO</b>				<b>Q 76 025,67</b>

<b>TOTAL UNITARIO</b>	<b>Q 306 407,93</b>
-----------------------	---------------------



Continuación apéndice 3.

REGLÓN	TANQUE DE 150 M <sup>3</sup> DE MAMPOSTERÍA
MEDIDA:	UNIDAD
COSTO UNITARIO:	Q 322 692,97

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
ARENA DE RÍO	87,12	M3	Q 123,05	Q 10 720,12
MADERA	1729,00	pt.	Q 5,46	Q 9 440,34
PIEDRA BOLA	121,95	m <sup>3</sup>	Q 192,60	Q 23 487,57
PIEDRÍN	7,92	M3	Q 192,60	Q 1 525,39
ALAMBRE DE AMARRE	140,40	lb.	Q 6,00	Q 842,40
CANDADO	8,00	u	Q 125,00	Q 1 000,00
CEMENTO	844,20	saco	Q 74,90	Q 63 230,58
CLAVO	84,00	lb.	Q 6,00	Q 504,00
HIERRO DE 1/4"	58,00	varilla	Q 13,73	Q 796,23
HIERRO DE 3/8"	250,00	varilla	Q 41,33	Q 10 333,53
HIERRO DE 1/2"	16,00	varilla	Q 73,30	Q 1 172,72
HIERRO DE 5/8"	12,00	varilla	Q 114,52	Q 1 374,27
HEMBRA DE 1/4" x 2"	4,00	mts	Q 18,00	Q 72,00
CODO HG Ø 3/4" x 90º	4,00	u	Q 9,23	Q 36,92
CODO PVC Ø 3" x 90º	8,00	u	Q 78,71	Q 629,68
NIPLE HG Ø 3/4" x 3 mts	2,00	u	Q 77,60	Q 155,20
NIPLE PVC Ø 3" x 0.60 mts	4,00	u	Q 36,55	Q 146,20
ADAPTADOR MACHO PVC Ø 3/4"	4,00	u	Q 2,50	Q 10,00
ADAPTADOR MACHO PVC Ø 2 1/2"	8,00	u	Q 26,99	Q 215,92
ADAPTADOR MACHO PVC Ø 3"	4,00	u	Q 38,59	Q 154,36
CODO PVC Ø 3" x 90º	6,00	u	Q 78,71	Q 472,26
PICHACHA PVC Ø 3/4"	2,00	u	Q 40,00	Q 80,00
PICHACHA PVC Ø 2 1/2"	4,00	u	Q 225,00	Q 900,00
TEE PVC Ø 3" para drenaje	4,00	u	Q 85,99	Q 343,96
TUBERÍA PVC Ø 3" 125 psi drenaje	2,00	U	Q 294,11	Q 588,22
VÁLVULA DE COMPUERTA Ø 3/4" Br	2,00	U	Q 66,00	Q 132,00
VÁLVULA DE COMPUERTA Ø 2 1/2" Br	4,00	U	Q 495,00	Q 1 980,00
VÁLVULA DE COMPUERTA Ø 3" Br	2,00	U	Q 605,00	Q 1 210,00
VÁLVULA DE PILA Ø 3" para drenaje	2,00	U	Q 75,00	Q 150,00
POSTES BROTONES	100,00	U	Q 7,00	Q 700,00
ALAMBRE ESPIGADO	360,00	Vrs	Q 5,00	Q 1 800,00
GRAPAS PARA CERCO	6,00	Lb	Q 5,00	Q 30,00
HERRAMIENTA	1,00	GLOBAL	Q 2 684,68	Q 2 684,68
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 136 918,54</b>
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>Q 136 918,54</b>

MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
TRAZO Y ESTAQUEADO	92,80	ml	Q 3,75	Q 348,00
HACER CERCO PERIMETRAL	100,00	ml	Q 5,00	Q 500,00
NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN DEL FONDO DEL TANQUE	208,00	m <sup>2</sup>	Q 24,75	Q 5 148,00
FUNDIR PISO DE CONCRETO CICLOPEO	21,60	m <sup>3</sup>	Q 110,00	Q 2 376,00
FUNDIR MURO DE CONCRETO CICLOPEO	159,66	m <sup>3</sup>	Q 125,00	Q 19 957,50
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MUROS	272,00	m <sup>2</sup>	Q 30,00	Q 8 160,00
FUNDIR LOSA + TAPADERA + VIGA	10,30	m <sup>3</sup>	Q 850,00	Q 8 755,00
HACER Y DESHACER ANDAMIO	92,80	ml	Q 45,00	Q 4 176,00
CURADO DE LOSA DE CONCRETO	144,00	m <sup>2</sup>	Q 7,50	Q 1 080,00
REPELLO Y AFINADO EN MUROS Y LOSA	336,00	m <sup>2</sup>	Q 15,00	Q 5 040,00
INSTALACIÓN DE ESCALERAS Y VENTILACIÓN	2,00	u	Q 400,00	Q 800,00
INSTALACIÓN TUBERÍA, ACCESORIOS Y VÁLVULAS	1,00	global	Q 350,00	Q 350,00
HACER CAJAS PARA VÁLVULAS DE ENTRADA Y SALIDA	4,00	u	Q 200,00	Q 800,00
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 57 490,50</b>
PRESTACIONES LABORALES	83,87 %		Q 57 490,50	Q 48 217,28
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 48 217,28</b>
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 105 707,78</b>

<b>TOTAL DIRECTO</b>	<b>Q 242 626,32</b>
----------------------	---------------------

ADMINISTRACIÓN	5 %			Q 12 131,32
FIANZAS E IMPUESTOS	10 %			Q 24 262,63
IMPREVISTOS	3 %			Q 7 278,79
DIRECCIÓN TÉCNICA	5 %			Q 12 131,33
UTILIDAD	10 %			Q 24 262,58
<b>TOTAL INDIRECTO</b>				<b>Q 80 066,65</b>

<b>TOTAL UNITARIO</b>	<b>Q 322 692,97</b>
-----------------------	---------------------

Continuación apéndice 3.

REGLÓN:	EXCAVACIÓN DE ZANJA
MEDIDA:	M3
COSTO UNITARIO:	Q 57,37

MATERIALES

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
HERRAMIENTA	1	GLOBAL	Q 0,85	Q 0,85
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 0,85</b>
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>Q 0,85</b>

MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
Excavación de Zanja	1	M3	Q 23,00	Q 23,00
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 23,00</b>
PRESTACIONES LABORALES	83,87 %		Q 23,00	Q 19,29
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 19,29</b>
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 42,29</b>

<b>TOTAL DIRECTO</b>				<b>Q 43,14</b>
----------------------	--	--	--	----------------

ADMINISTRACIÓN	5 %			Q 2,16
FIANZAS E IMPUESTOS	10 %			Q 4,31
IMPREVISTOS	3 %			Q 1,29
DIRECCIÓN TÉCNICA	5 %			Q 2,16
UTILIDAD	10 %			Q 4,31
<b>TOTAL INDIRECTO</b>				<b>Q 14,23</b>
<b>TOTAL UNITARIO</b>				<b>Q 57,37</b>

Continuación apéndice 3.

REGLÓN:	RELLENO DE ZANJA
MEDIDA:	M3
COSTO UNITARIO:	Q 62,36

MATERIALES

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
HERRAMIENTA	1	GLOBAL	Q 0,92	Q 0,92
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 0,92</b>
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>Q 0,92</b>

MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
Relleno de Zanja	1	M3	Q 25,00	Q 25,00
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 25,00</b>
PRESTACIONES LABORALES	83,87 %		Q 25,00	Q 20,97
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 20,97</b>
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 45,97</b>

<b>TOTAL DIRECTO</b>	<b>Q 46,89</b>
----------------------	----------------

ADMINISTRACIÓN	5 %			Q 2,34
FIANZAS E IMPUESTOS	10 %			Q 4,69
IMPREVISTOS	3 %			Q 1,41
DIRECCIÓN TÉCNICA	5 %			Q 2,34
UTILIDAD	10 %			Q 4,69
<b>TOTAL INDIRECTO</b>				<b>Q 15,47</b>
<b>TOTAL UNITARIO</b>				<b>Q 62,36</b>

Continuación apéndice 3.

REGLÓN:	HIPOCLORADOR
MEDIDA:	UNIDAD
COSTO UNITARIO:	Q 8 241,48

MATERIALES

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
ARENA DE RÍO	0,55	m <sup>3</sup>	Q 123,05	Q 67,68
PIEDRÍN	0,75	m <sup>3</sup>	Q 192,60	Q 144,45
MADERA	100	pt.	Q 5,46	Q 546,00
ALAMBRE DE AMARRE	3	lb.	Q 6,00	Q 18,00
CEMENTO	10	saco	Q 74,90	Q 749,00
CLAVO	2	lb.	Q 6,00	Q 12,00
HIERRO DE 1/2"	1	varilla	Q 73,30	Q 73,30
HIERRO DE 3/8"	12	varilla	Q 41,33	Q 496,01
ADAPTADOR HEMBRA PVC Ø 1/2"	1	u	Q 2,50	Q 2,50
ADAPTADOR MACHO PVC Ø 1/2"	6	u	Q 1,33	Q 7,98
CODO PVC Ø 1/2" x 45º	1	u	Q 4,77	Q 4,77
CODO PVC Ø 1/2" x 90º	4	u	Q 1,72	Q 6,88
CODO PVC Ø 1/2" x 90º roscado	1	u	Q 2,95	Q 2,95
DOSIFICADOR	1	U	Q 2 000,00	Q 2 000,00
TEE REDUCIDORA PVC Ø 1½" x 1/2"	1	u	Q 22,57	Q 22,57
TUBERÍA PVC Ø 1/2" 315 PSI	2	tubo	Q 27,56	Q 55,12
VÁLVULA DE COMPUERTA Ø 1/2" Br	2	u	Q 46,20	Q 92,40
VÁLVULA DE COMPUERTA Ø 1/2" PLASTICA	1	u	Q 22,00	Q 22,00
VÁLVULA DE FLOTE Ø 1/2" Br	1	u	Q 75,00	Q 75,00
HERRAMIENTA	1	GLOBAL	Q 87,97	Q 87,97
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 4 486,57</b>
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>Q 4 486,57</b>

MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
DEPÓSITO DE CONCRETO ARMADO	1	UNIDAD	Q 780,00	Q 780,00
TUBERÍA Y ACCESORIOS	1	GLOBAL	Q 150,00	Q 150,00
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 930,00</b>
PRESTACIONES LABORALES	83,87 %		Q 930,00	Q 779,99
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 779,99</b>
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 1 709,99</b>

<b>TOTAL DIRECTO</b>	<b>Q 6 196,56</b>
----------------------	-------------------

ADMINISTRACIÓN	5 %		Q 309,83
FIANZAS E IMPUESTOS	10 %		Q 619,66
IMPREVISTOS	3 %		Q 185,94
DIRECCIÓN TÉCNICA	5 %		Q 309,83
UTILIDAD	10 %		Q 619,66
<b>TOTAL INDIRECTO</b>			<b>Q 2 044,92</b>
<b>TOTAL UNITARIO</b>			<b>Q 8 241,48</b>

Continuación apéndice 3.

REGLÓN:	CONEXIÓN PREDIAL
MEDIDA:	UNIDAD
COSTO UNITARIO:	Q 1 049,79

MATERIALES

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
CEMENTO	0,07	saco	Q 74,90	Q 5,13
ARENA DE RÍO	0,01	m <sup>3</sup>	Q 123,05	Q 0,64
PIEDRÍN	0,01	m <sup>3</sup>	Q 192,60	Q 1,32
CODO PVC Ø 3/4" x 90º	4,00	u	Q 2,93	Q 11,72
CODO PVC Ø 3/4" x 90º ROSCADO	1,00	u	Q 7,96	Q 7,96
ADAPTADOR MACHO PVC Ø 3/4"	3,00	u	Q 2,50	Q 7,50
CEMENTO SOLVENTE	0,01	galon	Q 462,05	Q 2,64
CAJA DE REGISTRO CONCRETO	1,00	u	Q 60,00	Q 60,00
CODO HG Ø 1/2" x 90º	1,00	u	Q 6,18	Q 6,18
TUBERÍA PVC Ø 1/2" 315 PSI	6,00	tubo	Q 27,56	Q 165,36
NIPLE HG Ø 1/2" x 1.50 MTS	1,00	u	Q 35,00	Q 35,00
NIPLE HG Ø 1/2" x 0.30 MTS	1,00	u	Q 15,30	Q 15,30
COPLA HG Ø 1/2"	1,00	u	Q 6,24	Q 6,24
LLAVE DE PASO Ø 1/2" BRONCE	1,00	u	Q 48,00	Q 48,00
LLAVE DE CHORRO Ø 1/2" BRONCE ROSCA	1,00	u	Q 32,00	Q 32,00
TEFLÓN	1,50	U	Q 2,25	Q 3,38
HERRAMIENTA	1	GLOBAL	Q 8,17	Q 8,17
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 416,54</b>
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>Q 416,54</b>

MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
Fundición concreto de 3000 PSI	0,02	M3	Q 121,75	Q 2,44
Instalación de Accesorios y TUBERÍA	1	GLOBAL	Q 200,30	Q 200,30
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 202,74</b>
PRESTACIONES LABORALES	83,87 %		Q 202,74	Q 170,03
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 170,03</b>
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 372,77</b>

<b>TOTAL DIRECTO</b>	<b>Q 789,31</b>
----------------------	-----------------

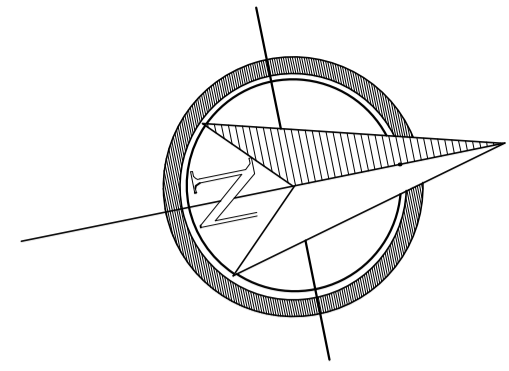
ADMINISTRACIÓN	5 %		Q 39,47
FIANZAS E IMPUESTOS	10 %		Q 78,93
IMPREVISTOS	3 %		Q 23,68
DIRECCIÓN TÉCNICA	5 %		Q 39,47
UTILIDAD	10 %		Q 78,93
<b>TOTAL INDIRECTO</b>			<b>Q 260,48</b>
<b>TOTAL UNITARIO</b>			<b>Q 1 049,79</b>

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Planos constructivos de pavimento rígido para el  
caserío Nuevo San Carlos, municipio de San Pablo, San Marcos**

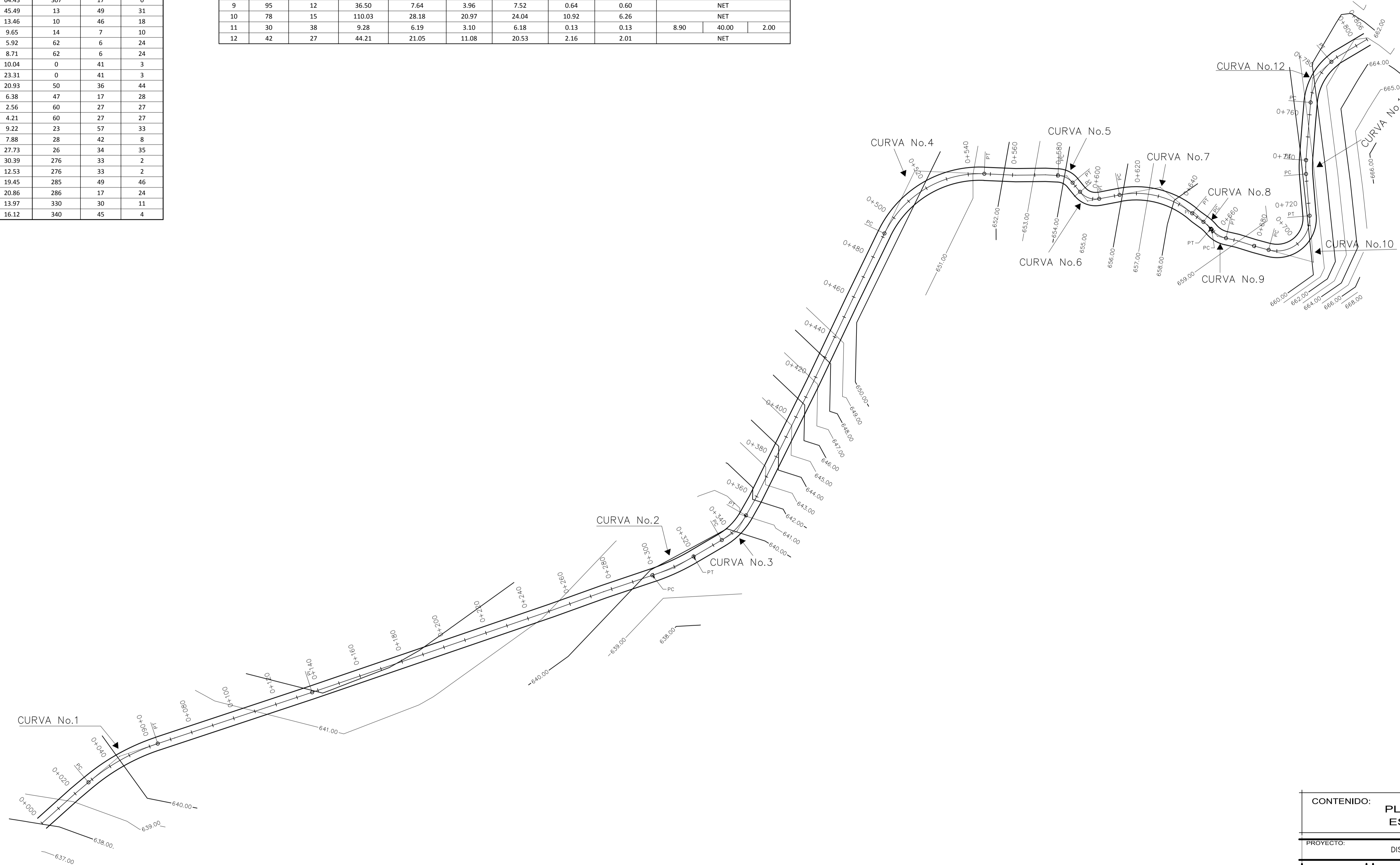
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.





LIBRETA TOPOGRÁFICA					
ESTACION		DIST [m]	AZIMUT		
De	P.O.		GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
E-0	E-1	20.00	329	33	20
E-1	E-2	26.09	331	19	39
E-2	E-3	26.31	353	2	26
E-3	E-4	65.23	353	2	26
E-4	E-5	113.78	352	30	36
E-5	E-6	25.23	351	37	34
E-6	E-7	33.39	352	46	5
E-7	E-8	18.95	341	2	60
E-8	E-9	14.08	341	2	60
E-9	E-10	16.58	310	59	58
E-10	E-11	58.75	307	44	36
E-11	E-12	41.17	306	46	13
E-12	E-13	64.43	307	17	0
E-13	E-14	45.49	13	49	31
E-14	E-15	13.46	10	46	18
E-15	E-16	9.65	14	7	10
E-16	E-17	5.92	62	6	24
E-17	E-18	8.71	62	6	24
E-18	E-19	10.04	0	41	3
E-19	E-20	23.31	0	41	3
E-20	E-21	20.93	50	36	44
E-21	E-22	6.38	47	17	28
E-22	E-23	2.56	60	27	27
E-23	E-24	4.21	60	27	27
E-24	E-25	9.22	23	57	33
E-25	E-26	7.88	28	42	8
E-26	E-27	27.73	26	34	35
E-27	E-28	30.39	276	33	2
E-28	E-29	12.53	276	33	2
E-29	E-30	19.45	285	49	46
E-30	E-31	20.86	286	17	24
E-31	E-32	13.97	330	30	11
E-32	E-33	16.12	340	45	4

RESUMEN DE CURVAS HORIZONTALES											
Curva No.	Grado de Curvatura G	Radio de Giro R	Deflexión Δ	Longitud de Curva Lc	Sub-tangente St	Cuerda Máxima Cm	External E	Ordenada Media M	e%	Ls	Sa
1	12	95	21.71	36.00	18.22	35.79	1.73	1.70	4.20	19.00	1.10
2	11	100	11.72	20.45	10.26	20.42	0.53	0.52	3.80	17.00	1.00
3	38	30	30.05	15.74	8.05	15.56	1.06	1.03	9.80	44.00	2.40
4	24	48	66.54	55.51	31.36	52.44	9.37	7.83	7.50	34.00	1.60
5	127	9	47.99	7.54	4.01	7.32	0.85	0.78		NET	
6	127	9	61.42	9.65	5.35	9.19	1.47	1.26		NET	
7	29	40	49.93	34.86	18.62	33.76	4.12	3.74	8.50	38.00	1.90
8	57	20	13.17	4.60	2.31	4.59	0.13	0.13		NET	
9	95	12	36.50	7.64	3.96	7.52	0.64	0.60		NET	
10	78	15	110.03	28.18	20.97	24.04	10.92	6.26		NET	
11	30	38	9.28	6.19	3.10	6.18	0.13	0.13	8.90	40.00	2.00
12	42	27	44.21	21.05	11.08	20.53	2.16	2.01		NET	

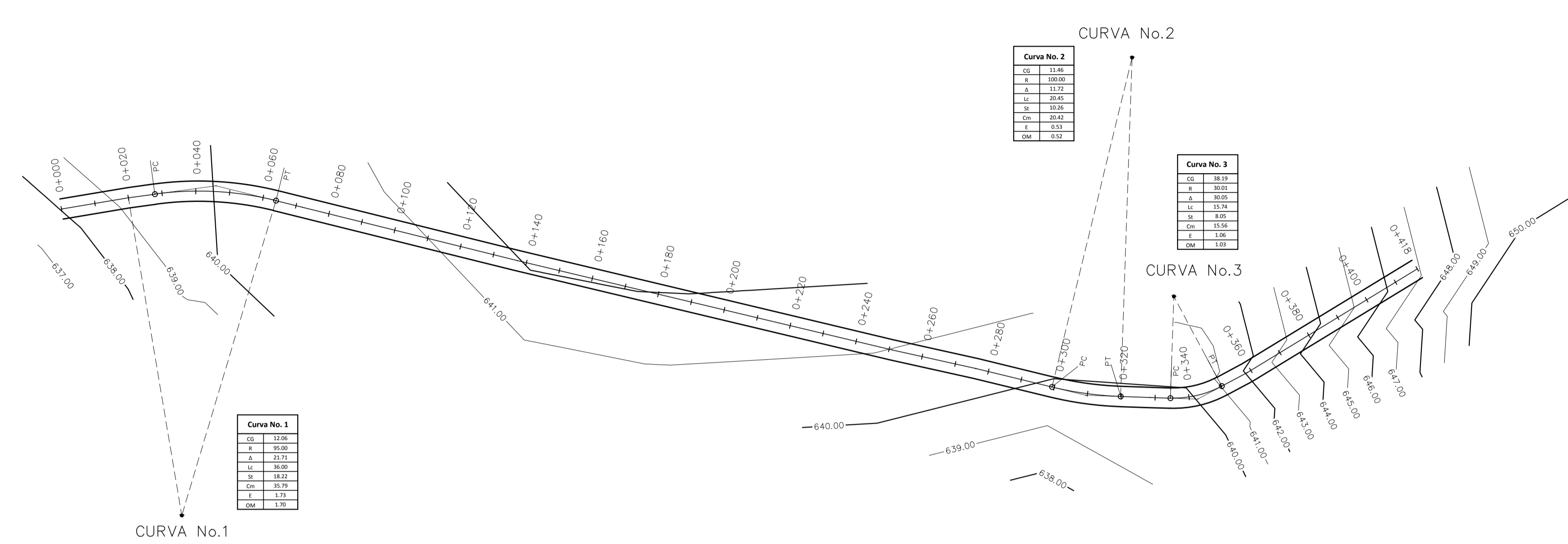
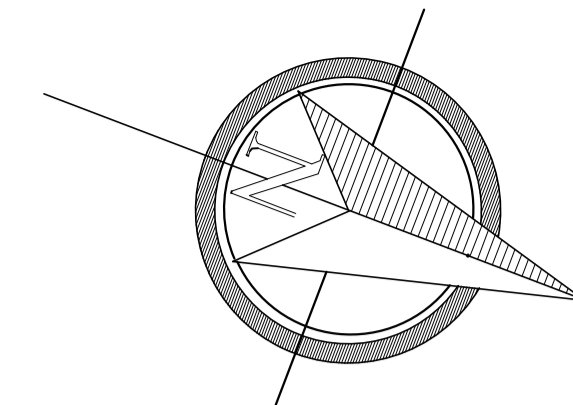


# PLANTA CAMINO RURAL

ESCALA HORIZONTAL 1:1000

CONTENIDO:		PLANTA CAMINO RURAL EST 0+000 A EST 0+805		
PROYECTO:		DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO		
FECHA:	ABRIL 2017	Lugar:	CASERIO NUEVO SAN CARLOS	
ESCALA:	INDICADA	Municipio:	SAN PABLO	
TOPOGRAFIA:	DMP	Departamento:	SAN MARCOS	
DISEÑO Y CALCULO:	KEVIN OROZCO			HOJA No.
DIBUJO:	KEVIN OROZCO			1 / 7
F) PROPIETARIO		F) ASESOR UNIDAD EPS		

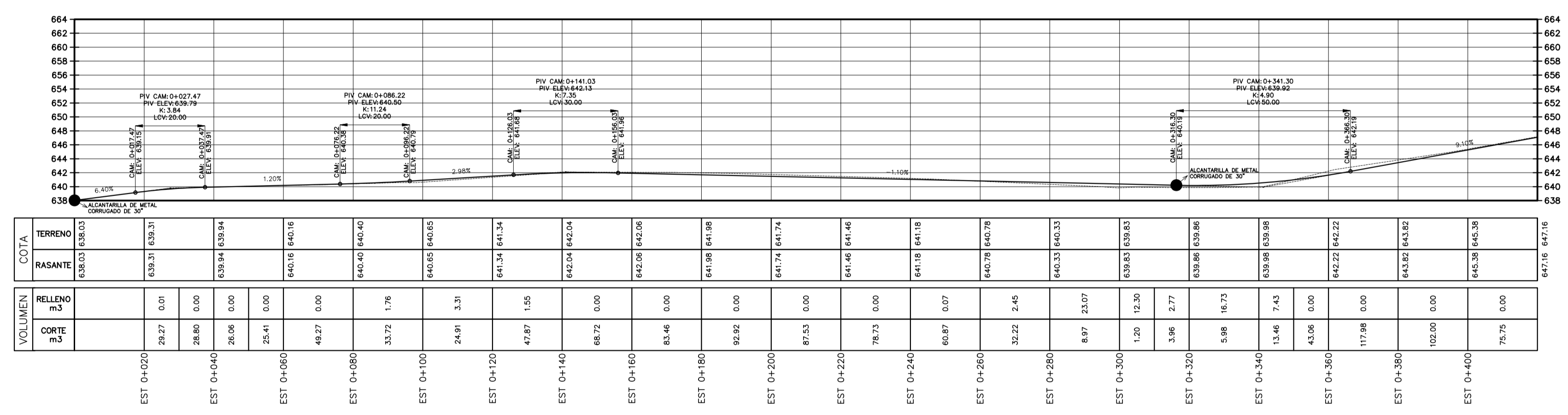




# PLANTA CAMINO RURAL

ESCALA HORIZONTAL 1:1000

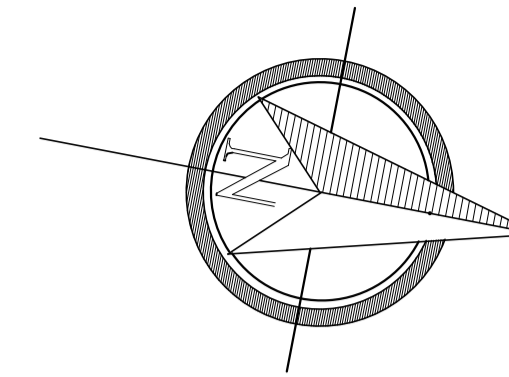
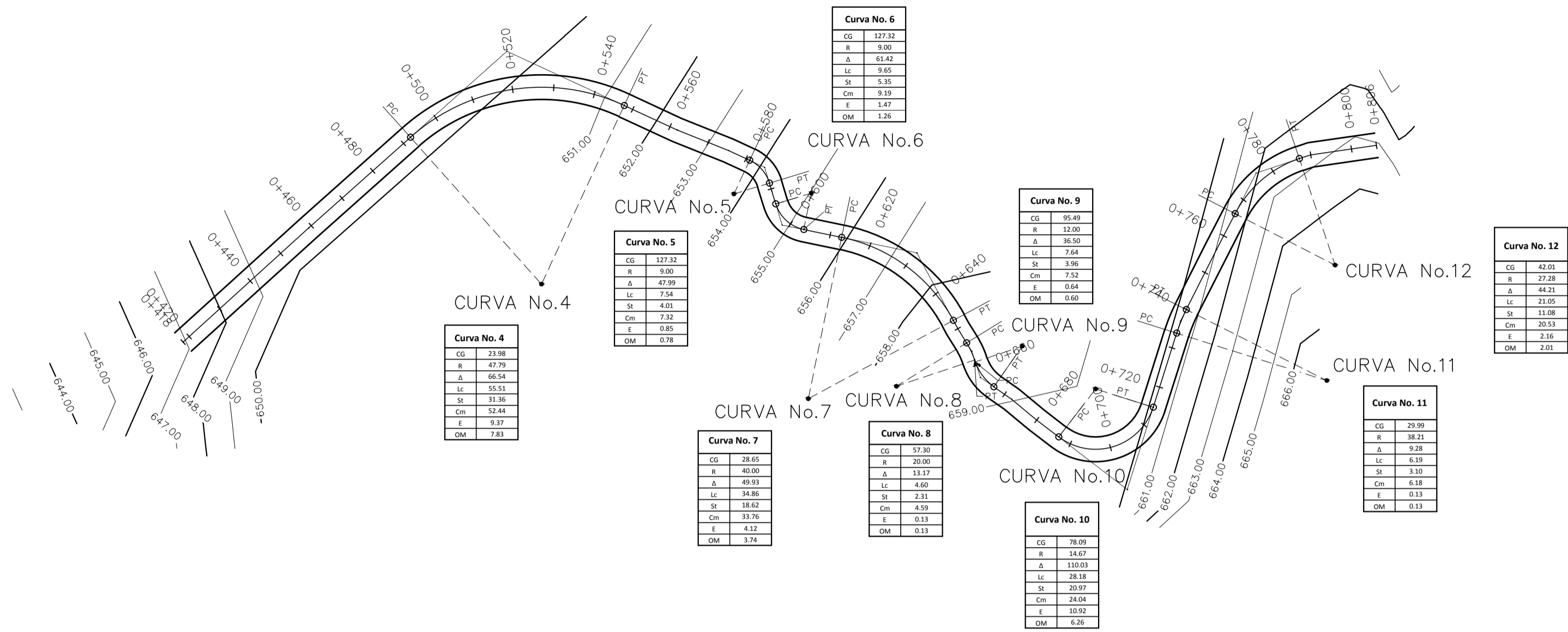
SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PT	PRINCIPIO DE TANGENTE
PI	PUNTO DE INTERSECCIÓN
R	RADIO
GC	GRADO DE CURVATURA
LC	LONGITUD DE CURVA
ST	SUB-TANGENTE
CM	CUERDA MÁXIMA
E	EXTERNAL
DM	ORDENADA MEDIA
SA	SOBRE-ANCHO
LCV	LONGITUD DE CURVA VERTICAL
PCV	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
PIV	PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
PTV	PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
---	LÍNEA CENTRAL DE LA VÍA
---	LÍMITES DE LA VÍA



# PERFIL CAMINO RURAL

ESCALA HORIZONTAL 1:1000  
ESCALA VERTICAL 1:500

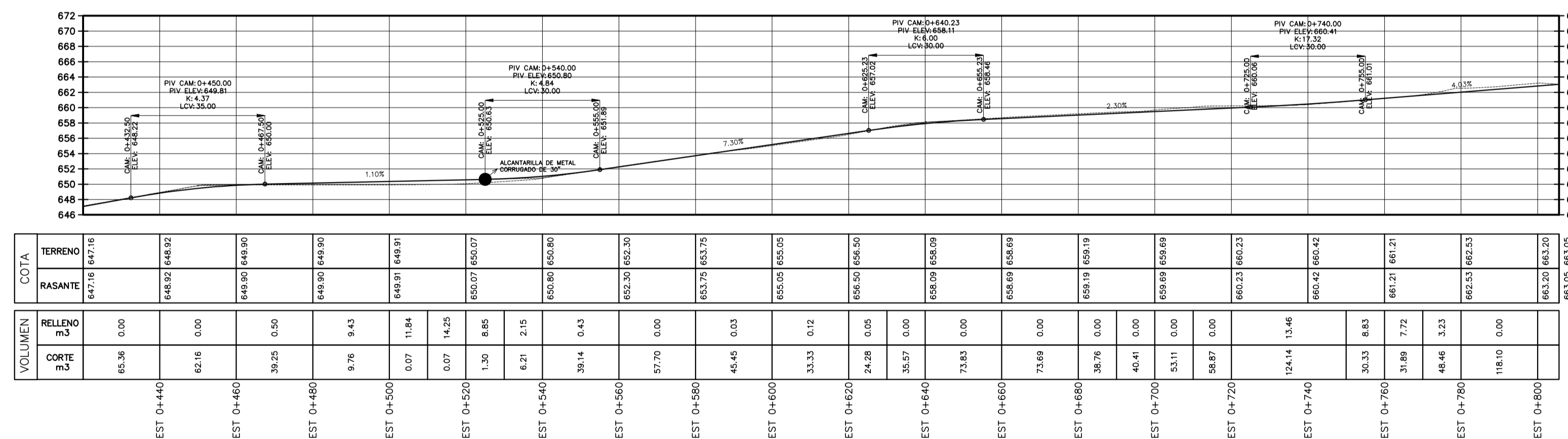
CONTENIDO:		PLANTA - PERFIL DE EST 0+000 A EST 0+420	
PROYECTO:		DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO	
FECHA:	ABRIL 2017	Lugar:	CASERIO NUEVO SAN CARLOS
ESCALA:	INDICADA	Municipio:	SAN PABLO
TOPOGRAFIA:	DMP	Departamento:	SAN MARCOS
DISEÑO Y CALCULO:	KEVIN OROZCO		
DIBUJO:	KEVIN OROZCO		
		HOJA No.	2 / 7
F) PROPIETARIO		F) ASESOR UNIDAD EPS	



## PLANTA CAMINO RURAL

ESCALA HORIZONTAL 1:1000

SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PT	PRINCIPIO DE TANGENTE
PI	PUNTO DE INTERSECCIÓN
R	RADIO
CG	GRADO DE CURVATURA
LC	LONGITUD DE CURVA
ST	SUB-TANGENTE
CM	CUERNA MÁXIMA
E	EXTERNAL
OM	ORDENADA MEDIA
SA	SOBRE-ANCHO
LCV	LONGITUD DE CURVA VERTICAL
PCV	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
PIV	PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
PTV	PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
---	LÍNEA CENTRAL DE LA VÍA
---	LÍMITES DE LA VÍA



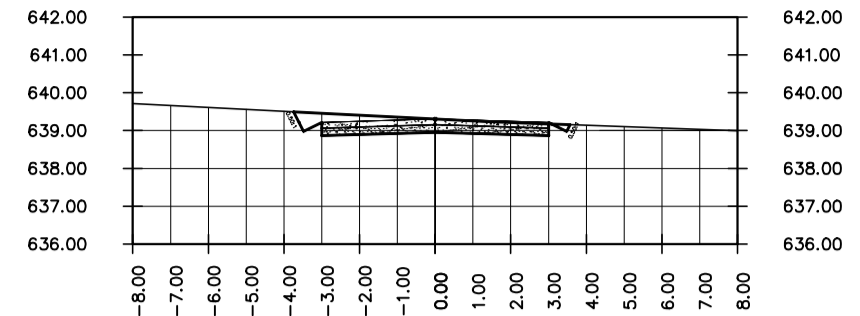
## PERFIL CAMINO RURAL

ESCALA HORIZONTAL 1:1000  
ESCALA VERTICAL 1:500

CONTENIDO:		PLANTA - PERFIL DE EST 0+420 A EST 0+805	
PROYECTO:		DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO	
FECHA:	ABRIL 2017	Lugar:	CASERÍO NUEVO SAN CARLOS
ESCALA:	INDICADA	Municipio:	SAN PABLO
TOPOGRAFÍA:	DMP	Departamento:	SAN MARCOS
DISEÑO Y CÁLCULO:	KEVIN OROZCO		
DIBUJO:	KEVIN OROZCO		
		HOJA No.	3 / 7
F) PROPIETARIO		F) ASESOR UNIDAD EPS	

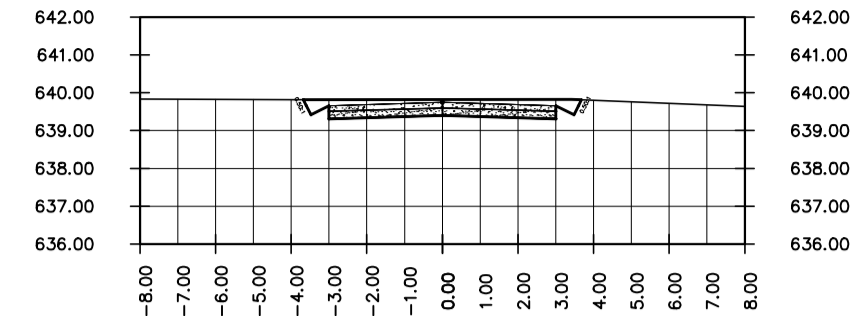


ESTACION 0+020.00



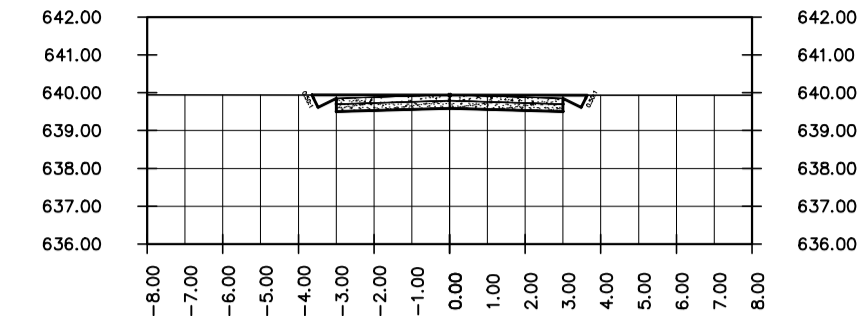
Área de Corte = 2.69 m2  
Área de Relleno = 0.00 m2  
Volumen de Corte = 0.00 m3  
Volumen de Relleno = 0.00 m3

ESTACION 0+030.00



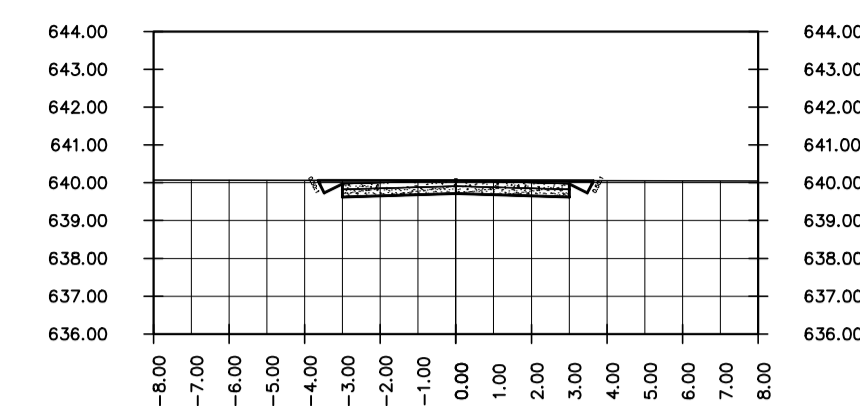
Área de Corte = 3.15 m2  
Área de Relleno = 0.00 m2  
Volumen de Corte = 29.27 m3  
Volumen de Relleno = 0.00 m3

ESTACION 0+040.00



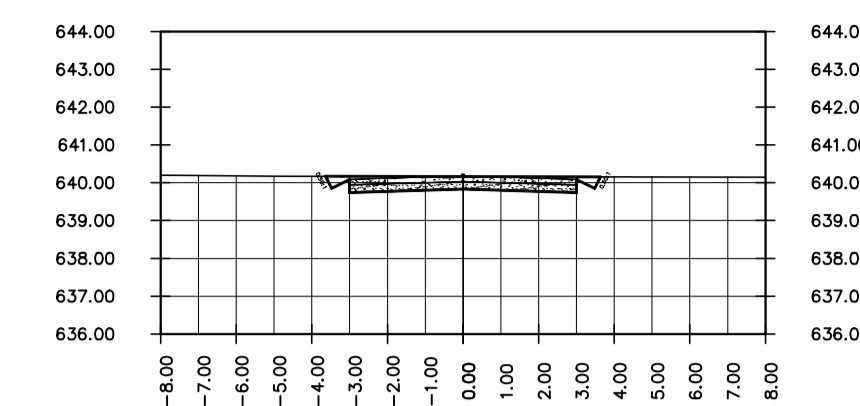
Área de Corte = 2.61 m2  
Área de Relleno = 0.00 m2  
Volumen de Corte = 28.80 m3  
Volumen de Relleno = 0.00 m3

ESTACION 0+050.00



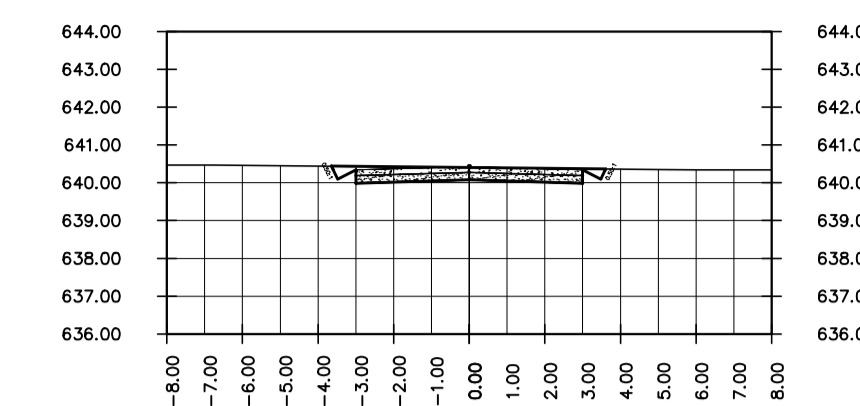
Área de Corte = 2.60 m2  
Área de Relleno = 0.00 m2  
Volumen de Corte = 26.06 m3  
Volumen de Relleno = 0.00 m3

ESTACION 0+060.00



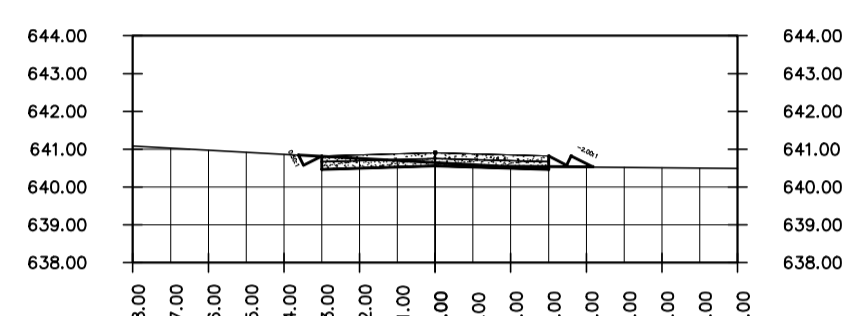
Área de Corte = 2.48 m2  
Área de Relleno = 0.00 m2  
Volumen de Corte = 25.41 m3  
Volumen de Relleno = 0.00 m3

ESTACION 0+080.00



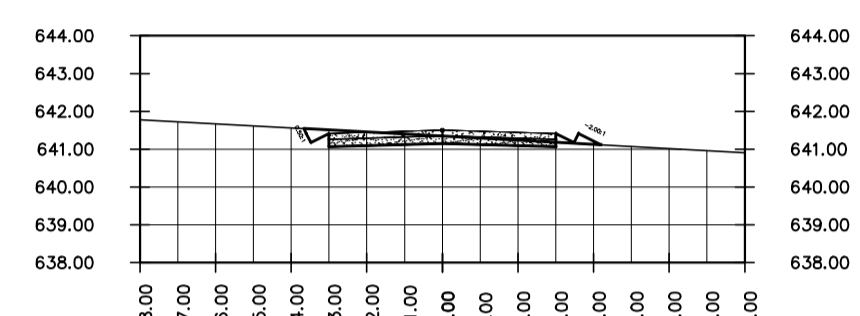
Área de Corte = 2.45 m2  
Área de Relleno = 0.00 m2  
Volumen de Corte = 49.27 m3  
Volumen de Relleno = 0.00 m3

ESTACION 0+100.00



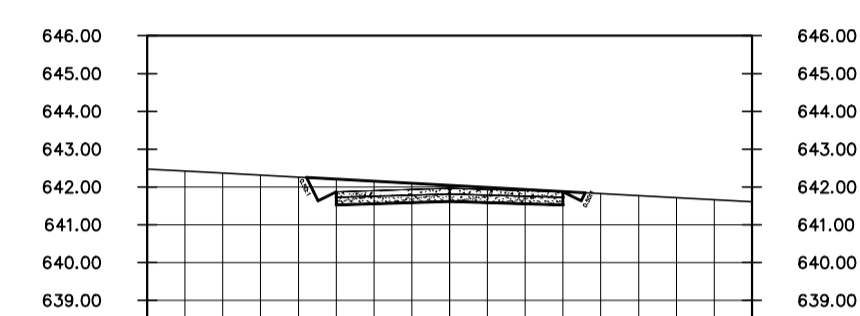
Área de Corte = 0.92 m2  
Área de Relleno = 0.18 m2  
Volumen de Corte = 33.72 m3  
Volumen de Relleno = 1.76 m3

ESTACION 0+120.00



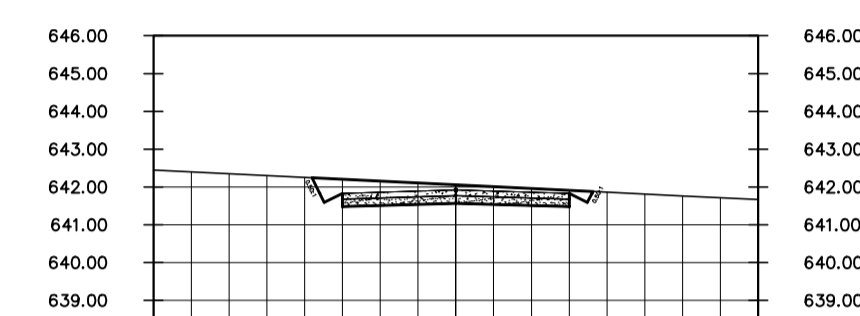
Área de Corte = 1.57 m2  
Área de Relleno = 0.15 m2  
Volumen de Corte = 24.91 m3  
Volumen de Relleno = 3.31 m3

ESTACION 0+140.00



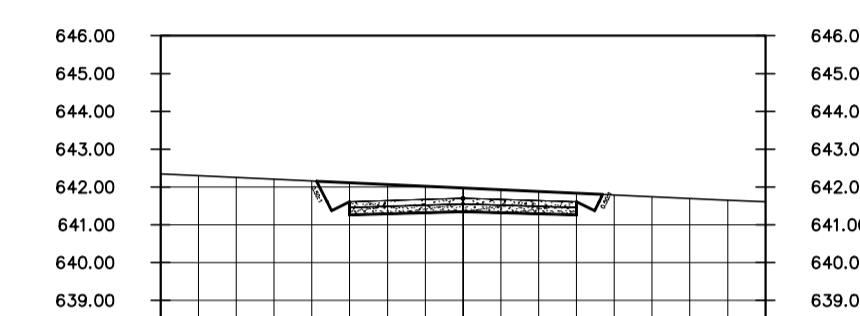
Área de Corte = 3.22 m2  
Área de Relleno = 0.00 m2  
Volumen de Corte = 47.87 m3  
Volumen de Relleno = 1.55 m3

ESTACION 0+160.00



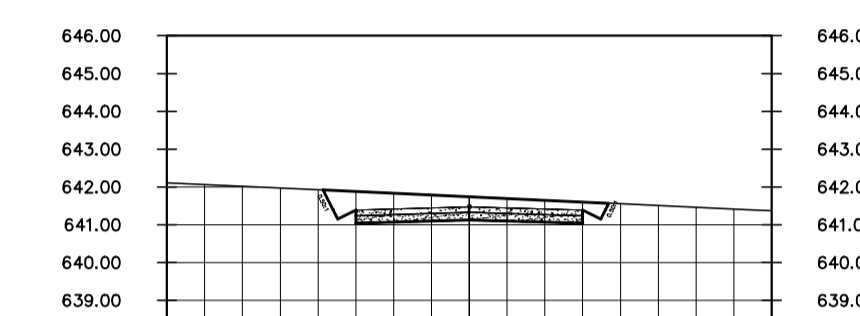
Área de Corte = 3.65 m2  
Área de Relleno = 0.00 m2  
Volumen de Corte = 68.72 m3  
Volumen de Relleno = 0.00 m3

ESTACION 0+180.00



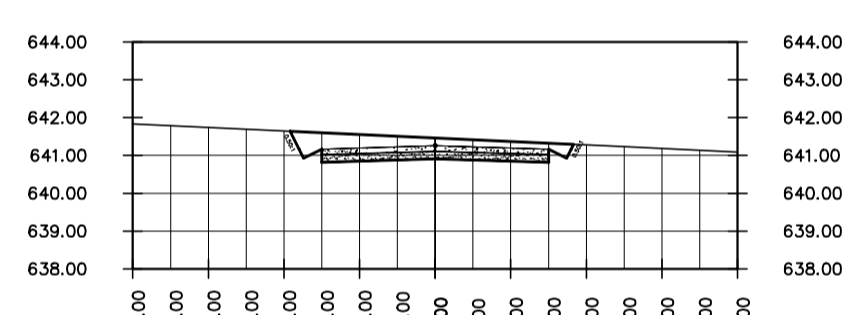
Área de Corte = 4.69 m2  
Área de Relleno = 0.00 m2  
Volumen de Corte = 83.46 m3  
Volumen de Relleno = 0.00 m3

ESTACION 0+200.00



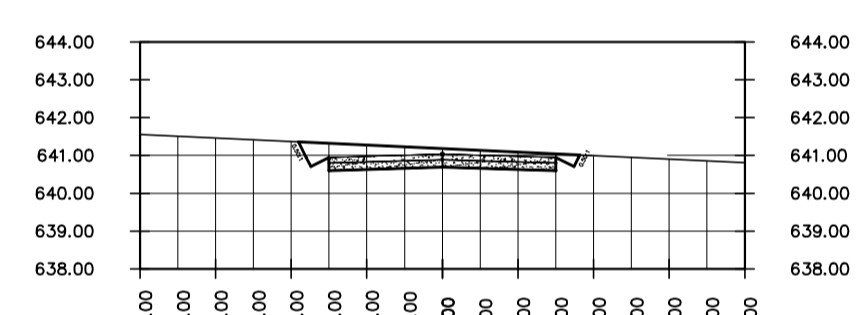
Área de Corte = 4.60 m2  
Área de Relleno = 0.00 m2  
Volumen de Corte = 92.92 m3  
Volumen de Relleno = 0.00 m3

ESTACION 0+220.00



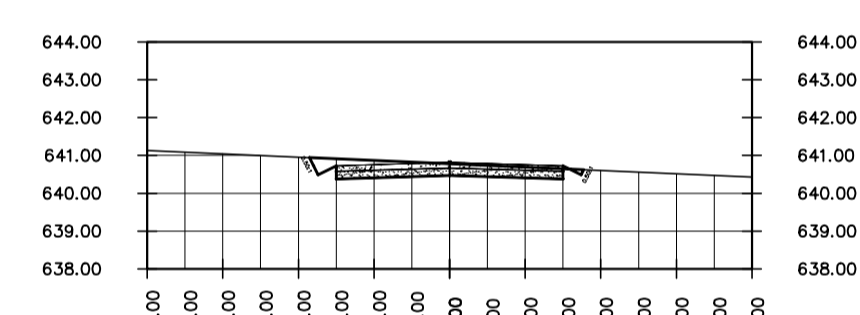
Área de Corte = 4.16 m2  
Área de Relleno = 0.00 m2  
Volumen de Corte = 87.53 m3  
Volumen de Relleno = 0.00 m3

ESTACION 0+240.00



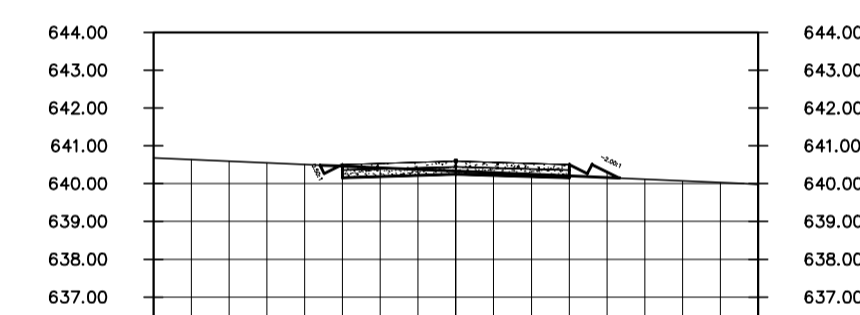
Área de Corte = 3.72 m2  
Área de Relleno = 0.00 m2  
Volumen de Corte = 78.73 m3  
Volumen de Relleno = 0.00 m3

ESTACION 0+260.00



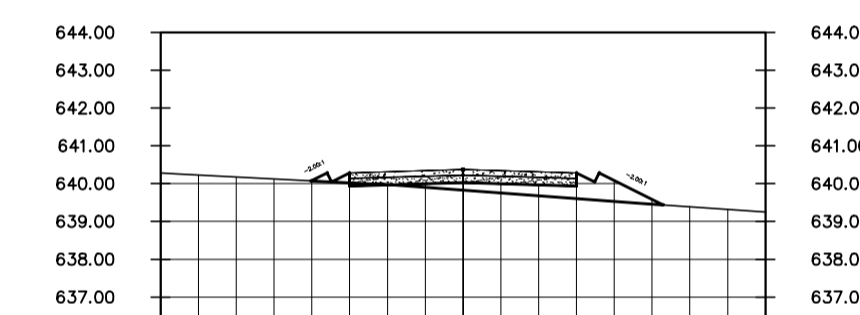
Área de Corte = 2.37 m2  
Área de Relleno = 0.00 m2  
Volumen de Corte = 60.87 m3  
Volumen de Relleno = 0.07 m3

ESTACION 0+280.00



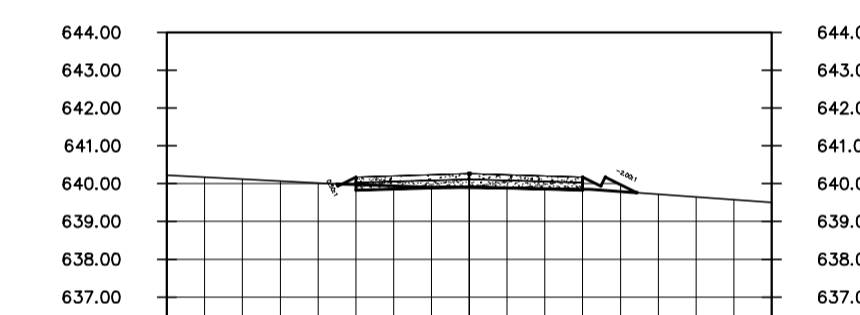
Área de Corte = 0.95 m2  
Área de Relleno = 0.24 m2  
Volumen de Corte = 32.22 m3  
Volumen de Relleno = 2.45 m3

ESTACION 0+300.00



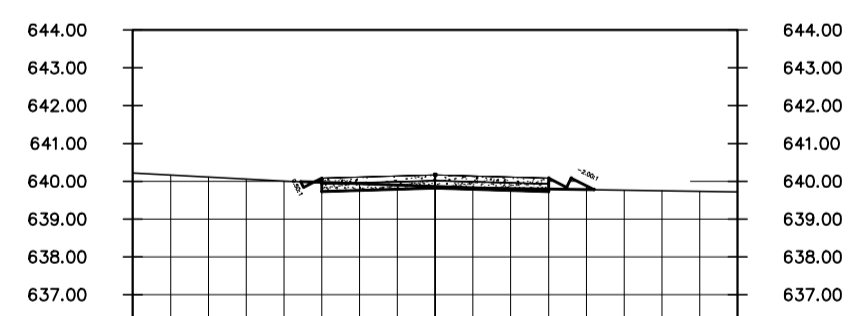
Área de Corte = 0.05 m2  
Área de Relleno = 2.07 m2  
Volumen de Corte = 8.97 m3  
Volumen de Relleno = 23.07 m3

ESTACION 0+310.00



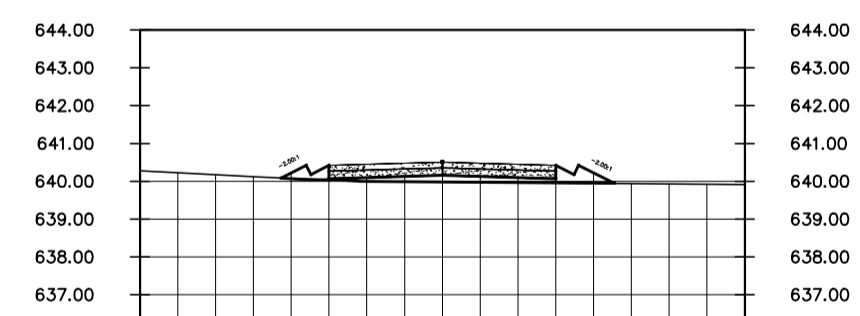
Área de Corte = 0.20 m2  
Área de Relleno = 0.34 m2  
Volumen de Corte = 1.20 m3  
Volumen de Relleno = 12.30 m3

ESTACION 0+320.00



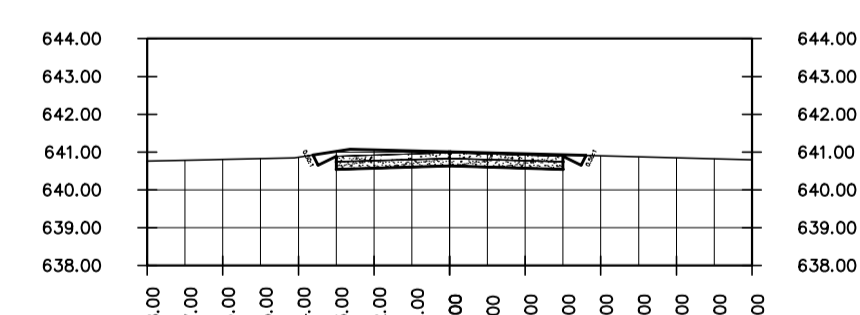
Área de Corte = 0.60 m2  
Área de Relleno = 0.20 m2  
Volumen de Corte = 3.96 m3  
Volumen de Relleno = 2.77 m3

ESTACION 0+340.00



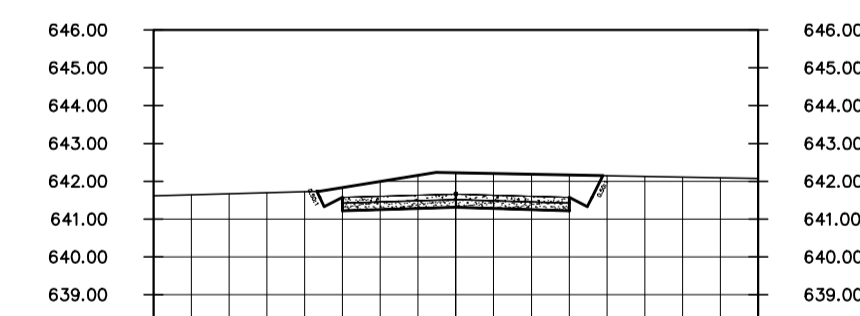
Área de Corte = 0.00 m2  
Área de Relleno = 1.46 m2  
Volumen de Corte = 5.98 m3  
Volumen de Relleno = 16.73 m3

ESTACION 0+350.00



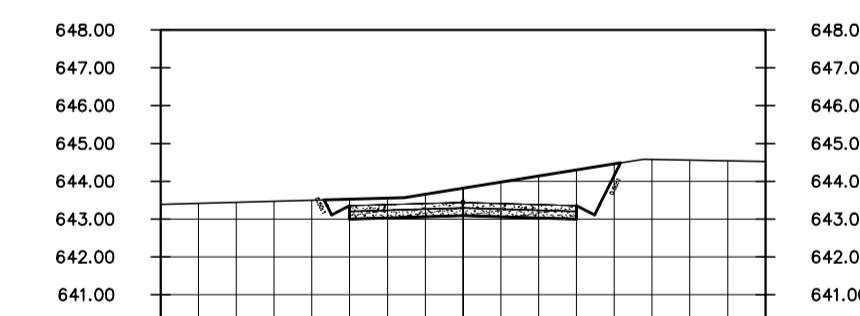
Área de Corte = 2.71 m2  
Área de Relleno = 0.00 m2  
Volumen de Corte = 13.46 m3  
Volumen de Relleno = 7.43 m3

ESTACION 0+360.00



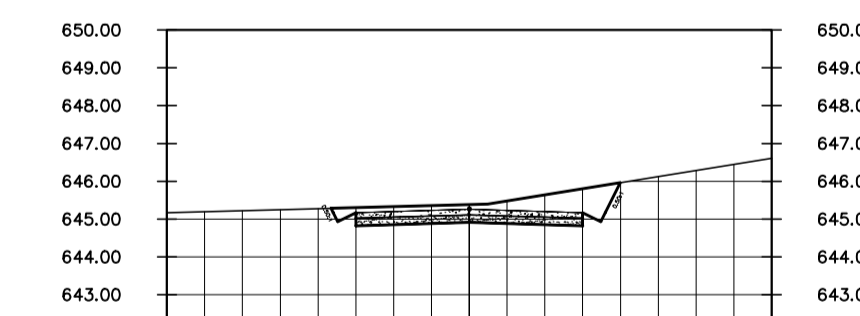
Área de Corte = 5.99 m2  
Área de Relleno = 0.00 m2  
Volumen de Corte = 43.06 m3  
Volumen de Relleno = 0.00 m3

ESTACION 0+380.00



Área de Corte = 5.91 m2  
Área de Relleno = 0.00 m2  
Volumen de Corte = 117.98 m3  
Volumen de Relleno = 0.00 m3

ESTACION 0+400.00



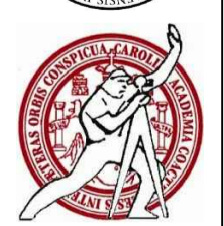
Área de Corte = 4.29 m2  
Área de Relleno = 0.00 m2  
Volumen de Corte = 102.00 m3  
Volumen de Relleno = 0.00 m3

CONTENIDO:  
**SECCIONES TRANSVERSALES  
EST 0+000 A EST 0+400**

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO

FECHA:  
ABRIL 2017  
ESCALA:  
1 : 200  
TOPOGRAFIA:  
ALEX RODRIGUEZ  
DISEÑO Y CALCULO:  
KEVIN OROZCO  
DIBUJO:  
KEVIN OROZCO

Lugar:  
CASERIO NUEVO SAN CARLOS  
Municipio:  
SAN PABLO  
Departamento:  
SAN MARCOS



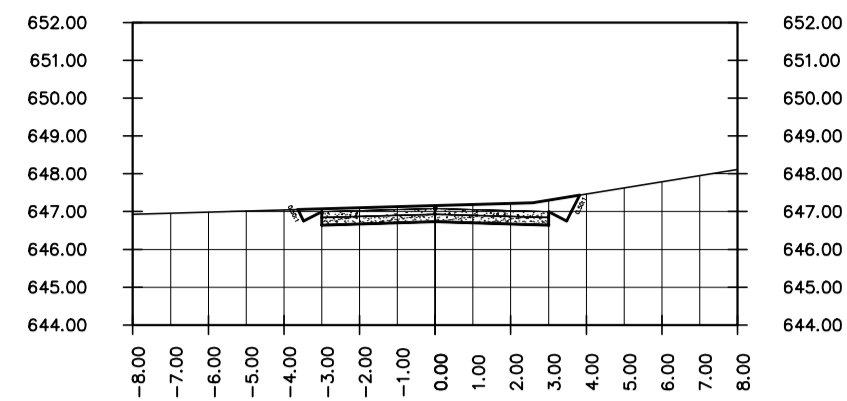
HOJA No.  
4 / 7

F) PROPIETARIO

F) ASESOR UNIDAD EPS

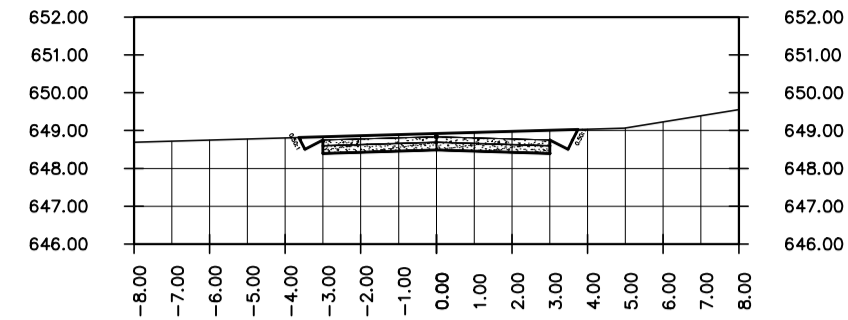


ESTACIÓN 0+420.00



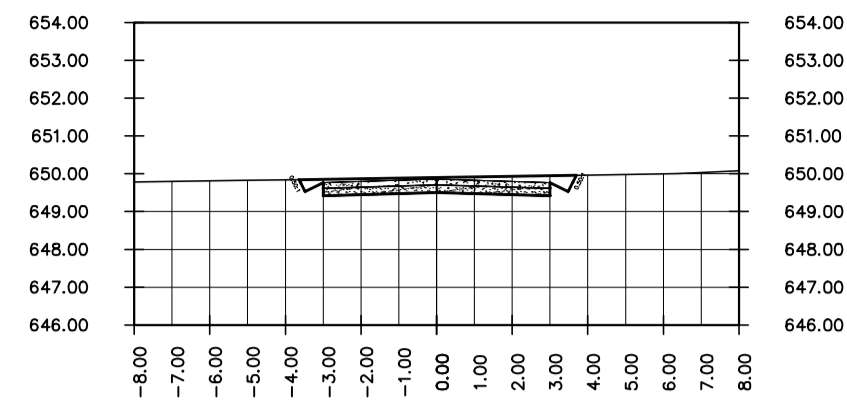
Área de Corte = 3.28 m2  
Área de Relleno = 0.00 m2  
Volumen de Corte = 75.75 m3  
Volumen de Relleno = 0.00 m3

ESTACIÓN 0+440.00



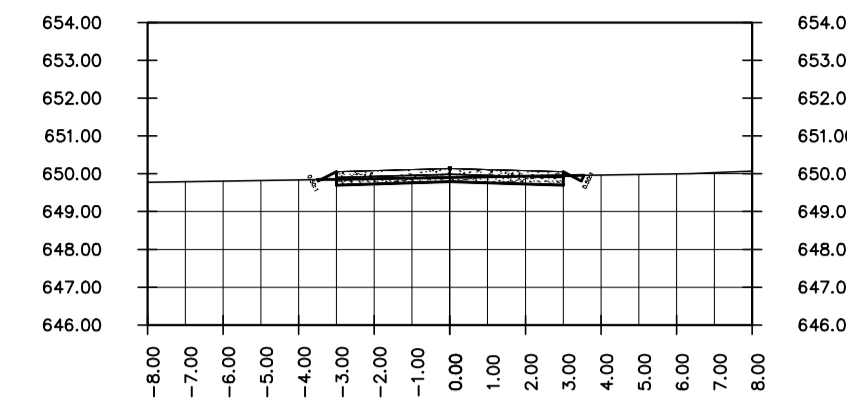
Área de Corte = 3.25 m2  
Área de Relleno = 0.00 m2  
Volumen de Corte = 65.36 m3  
Volumen de Relleno = 0.00 m3

ESTACIÓN 0+460.00



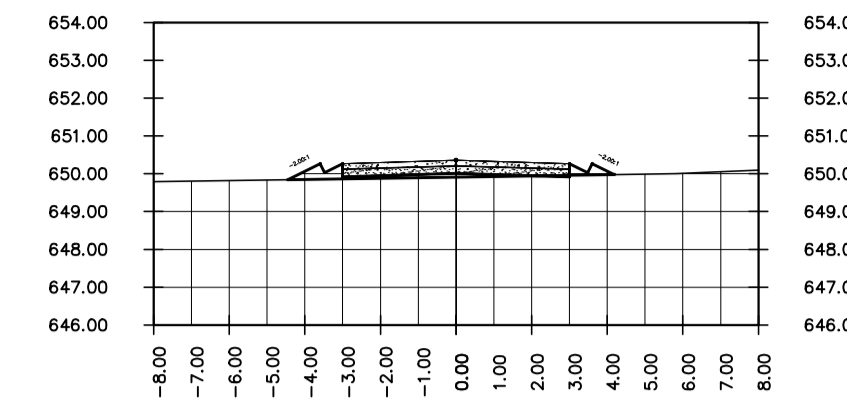
Área de Corte = 2.96 m2  
Área de Relleno = 0.00 m2  
Volumen de Corte = 62.16 m3  
Volumen de Relleno = 0.00 m3

ESTACIÓN 0+480.00



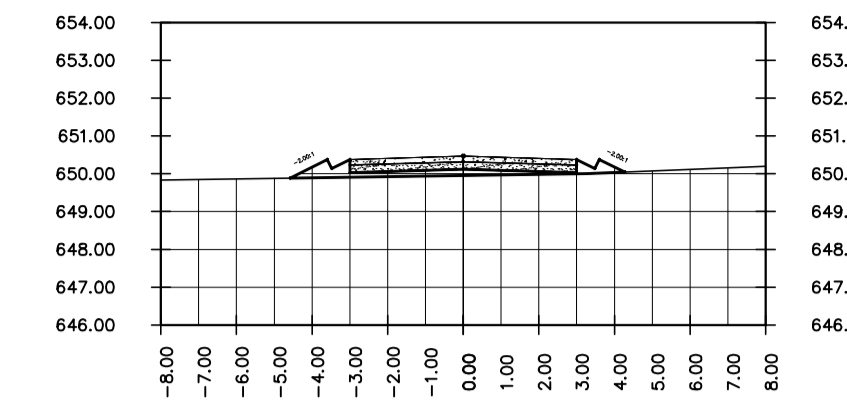
Área de Corte = 0.96 m2  
Área de Relleno = 0.05 m2  
Volumen de Corte = 39.25 m3  
Volumen de Relleno = 0.50 m3

ESTACIÓN 0+500.00



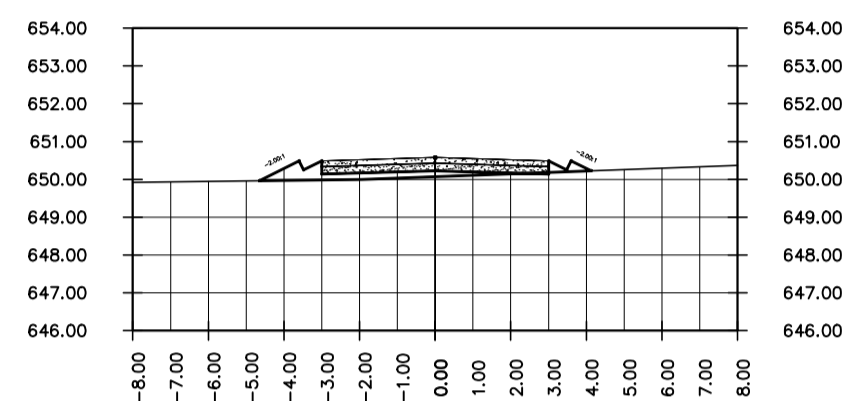
Área de Corte = 0.02 m2  
Área de Relleno = 0.89 m2  
Volumen de Corte = 9.76 m3  
Volumen de Relleno = 9.43 m3

ESTACIÓN 0+510.00



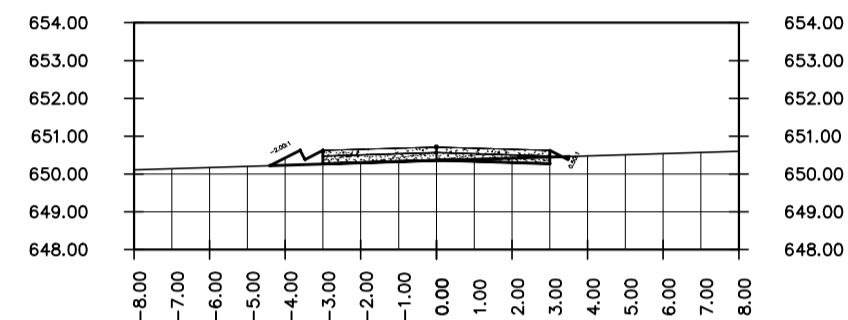
Área de Corte = 0.00 m2  
Área de Relleno = 1.45 m2  
Volumen de Corte = 0.07 m3  
Volumen de Relleno = 11.84 m3

ESTACIÓN 0+520.00



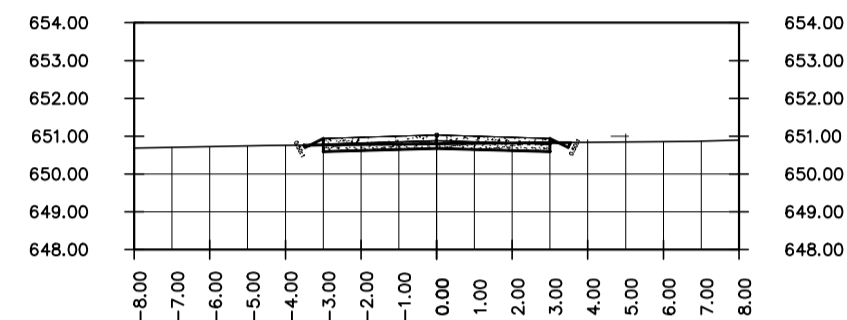
Área de Corte = 0.01 m2  
Área de Relleno = 1.35 m2  
Volumen de Corte = 0.07 m3  
Volumen de Relleno = 14.25 m3

ESTACIÓN 0+530.00



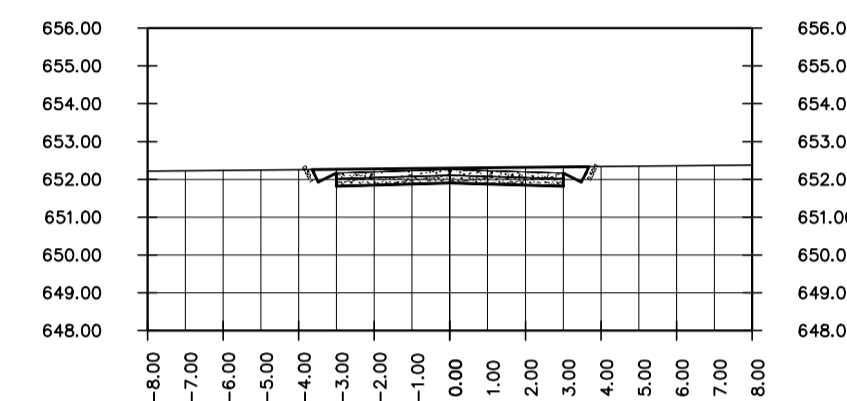
Área de Corte = 0.26 m2  
Área de Relleno = 0.36 m2  
Volumen de Corte = 1.30 m3  
Volumen de Relleno = 8.85 m3

ESTACIÓN 0+540.00



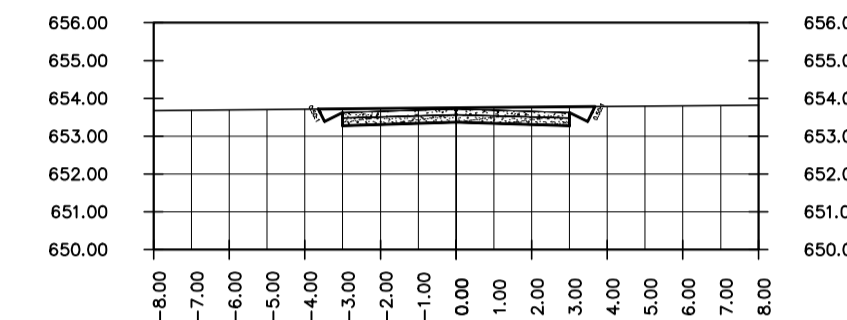
Área de Corte = 1.00 m2  
Área de Relleno = 6.21 m2  
Volumen de Corte = 0.04 m3  
Volumen de Relleno = 2.15 m3

ESTACIÓN 0+560.00



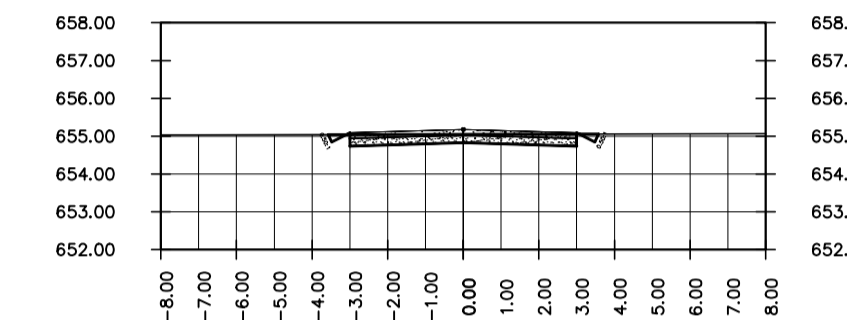
Área de Corte = 2.92 m2  
Área de Relleno = 0.00 m2  
Volumen de Corte = 39.14 m3  
Volumen de Relleno = 0.43 m3

ESTACIÓN 0+580.00



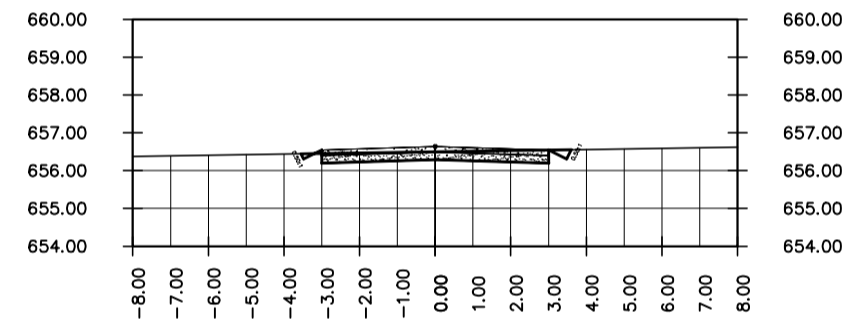
Área de Corte = 2.85 m2  
Área de Relleno = 0.00 m2  
Volumen de Corte = 57.70 m3  
Volumen de Relleno = 0.00 m3

ESTACIÓN 0+600.00



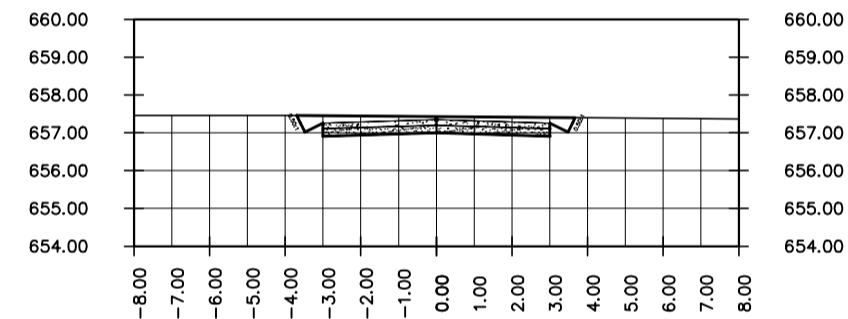
Área de Corte = 1.69 m2  
Área de Relleno = 0.00 m2  
Volumen de Corte = 45.45 m3  
Volumen de Relleno = 0.03 m3

ESTACIÓN 0+620.00



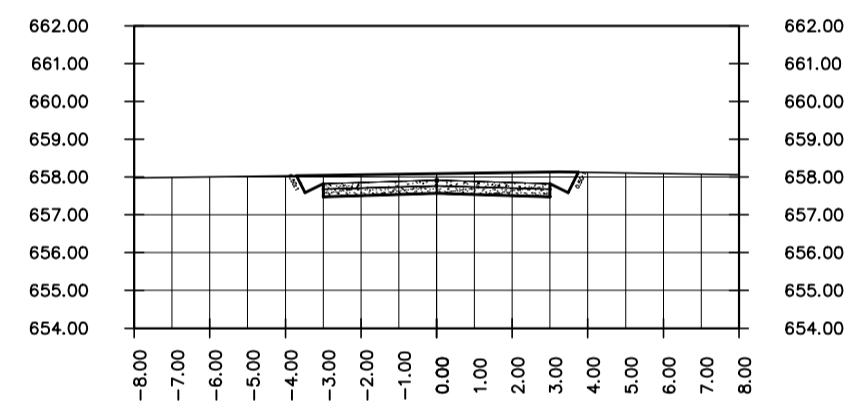
Área de Corte = 1.64 m2  
Área de Relleno = 0.00 m2  
Volumen de Corte = 33.33 m3  
Volumen de Relleno = 0.12 m3

ESTACIÓN 0+630.00



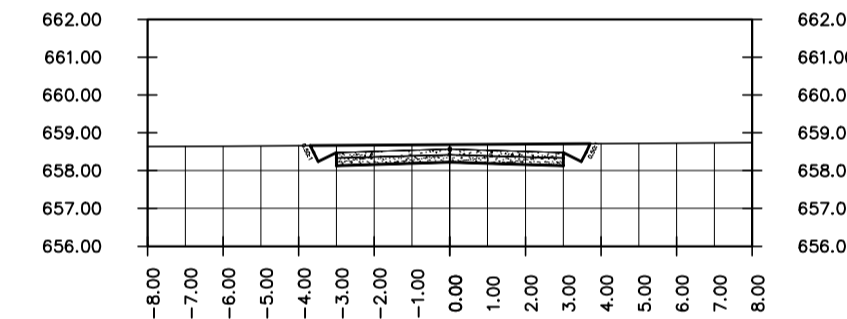
Área de Corte = 3.23 m2  
Área de Relleno = 0.00 m2  
Volumen de Corte = 24.28 m3  
Volumen de Relleno = 0.05 m3

ESTACIÓN 0+640.00



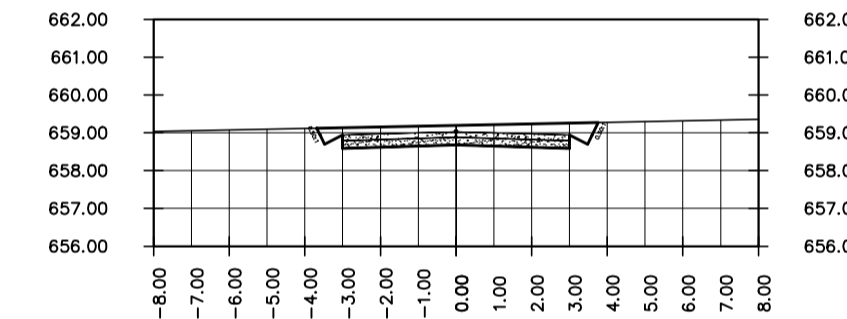
Área de Corte = 3.89 m2  
Área de Relleno = 0.00 m2  
Volumen de Corte = 35.57 m3  
Volumen de Relleno = 0.00 m3

ESTACIÓN 0+660.00



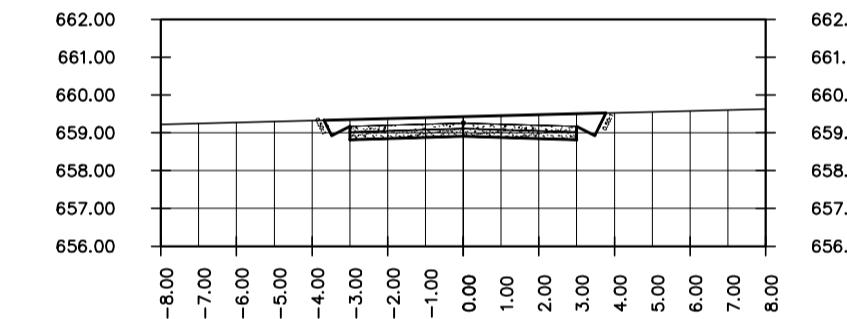
Área de Corte = 3.50 m2  
Área de Relleno = 0.00 m2  
Volumen de Corte = 73.83 m3  
Volumen de Relleno = 0.00 m3

ESTACIÓN 0+680.00



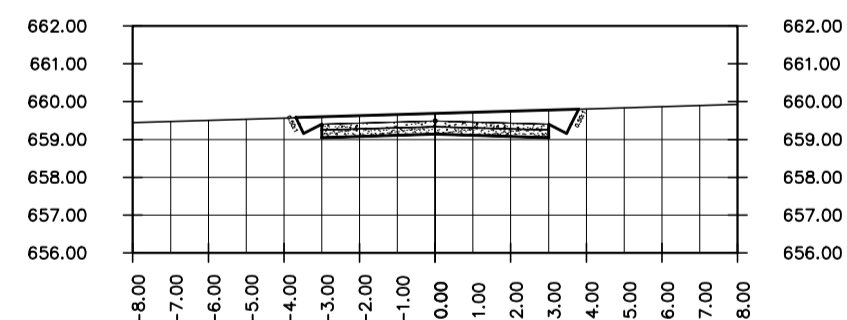
Área de Corte = 3.85 m2  
Área de Relleno = 0.00 m2  
Volumen de Corte = 73.69 m3  
Volumen de Relleno = 0.00 m3

ESTACIÓN 0+690.00



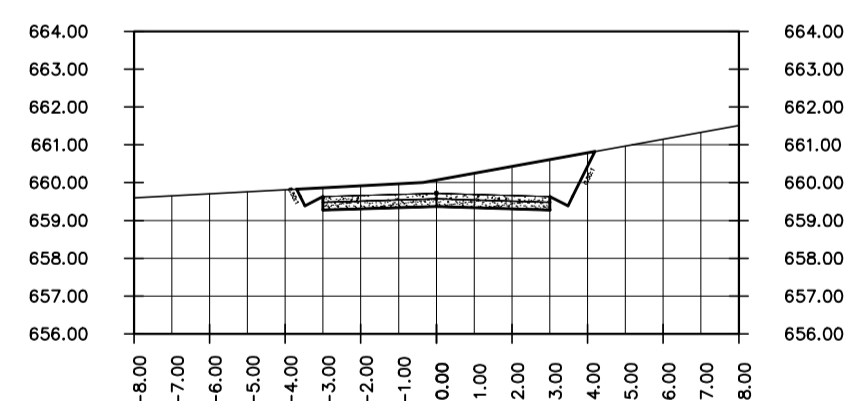
Área de Corte = 3.86 m2  
Área de Relleno = 0.00 m2  
Volumen de Corte = 38.76 m3  
Volumen de Relleno = 0.00 m3

ESTACIÓN 0+700.00



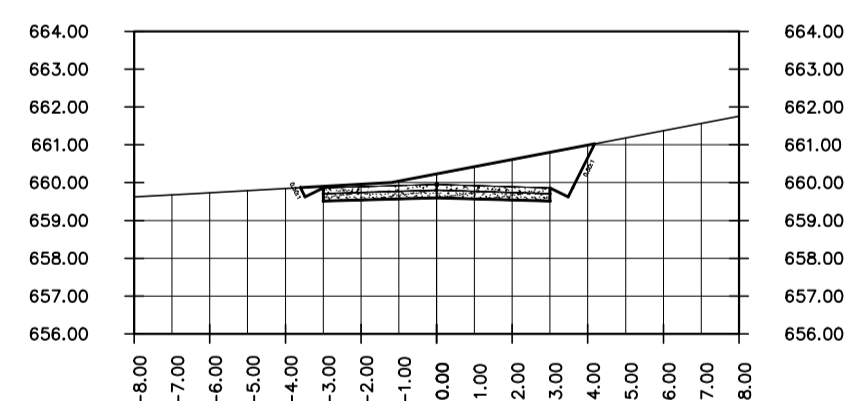
Área de Corte = 4.09 m2  
Área de Relleno = 0.00 m2  
Volumen de Corte = 40.41 m3  
Volumen de Relleno = 0.00 m3

ESTACIÓN 0+710.00



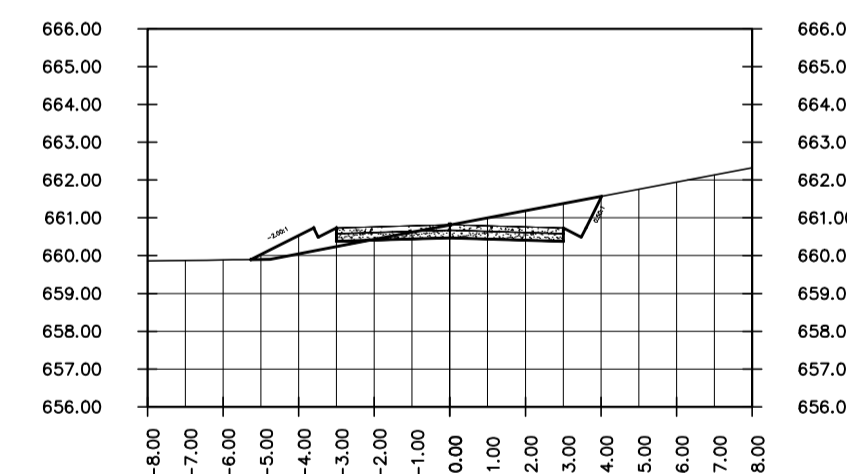
Área de Corte = 6.11 m2  
Área de Relleno = 0.00 m2  
Volumen de Corte = 53.1 m3  
Volumen de Relleno = 0.00 m3

ESTACIÓN 0+720.00



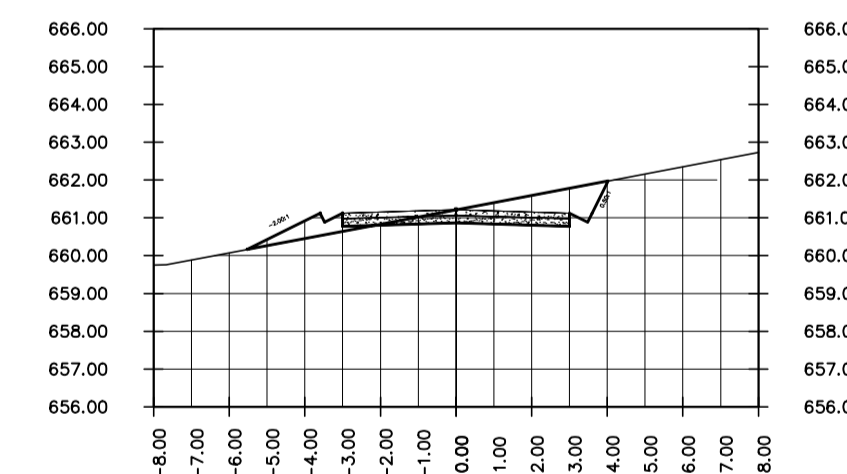
Área de Corte = 5.33 m2  
Área de Relleno = 0.00 m2  
Volumen de Corte = 58.87 m3  
Volumen de Relleno = 0.00 m3

ESTACIÓN 0+750.00



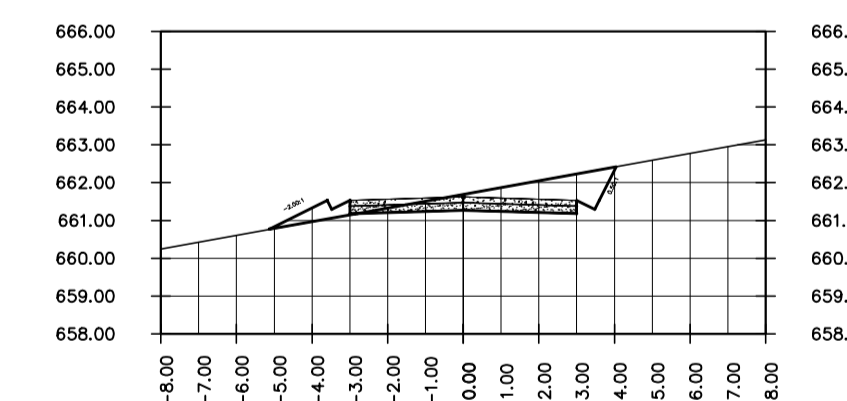
Área de Corte = 3.01 m2  
Área de Relleno = 0.88 m2  
Volumen de Corte = 124.14 m3  
Volumen de Relleno = 13.46 m3

ESTACIÓN 0+760.00



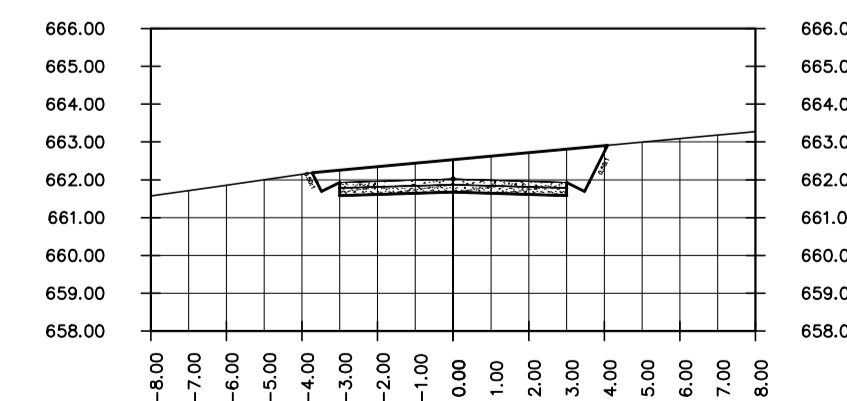
Área de Corte = 3.05 m2  
Área de Relleno = 0.89 m2  
Volumen de Corte = 30.33 m3  
Volumen de Relleno = 8.83 m3

ESTACIÓN 0+770.00



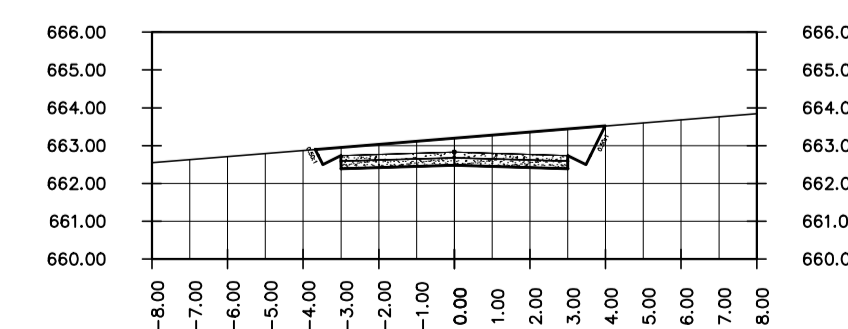
Área de Corte = 3.51 m2  
Área de Relleno = 0.57 m2  
Volumen de Corte = 31.89 m3  
Volumen de Relleno = 7.72 m3

ESTACIÓN 0+780.00



Área de Corte = 6.53 m2  
Área de Relleno = 0.00 m2  
Volumen de Corte = 48.46 m3  
Volumen de Relleno = 3.23 m3

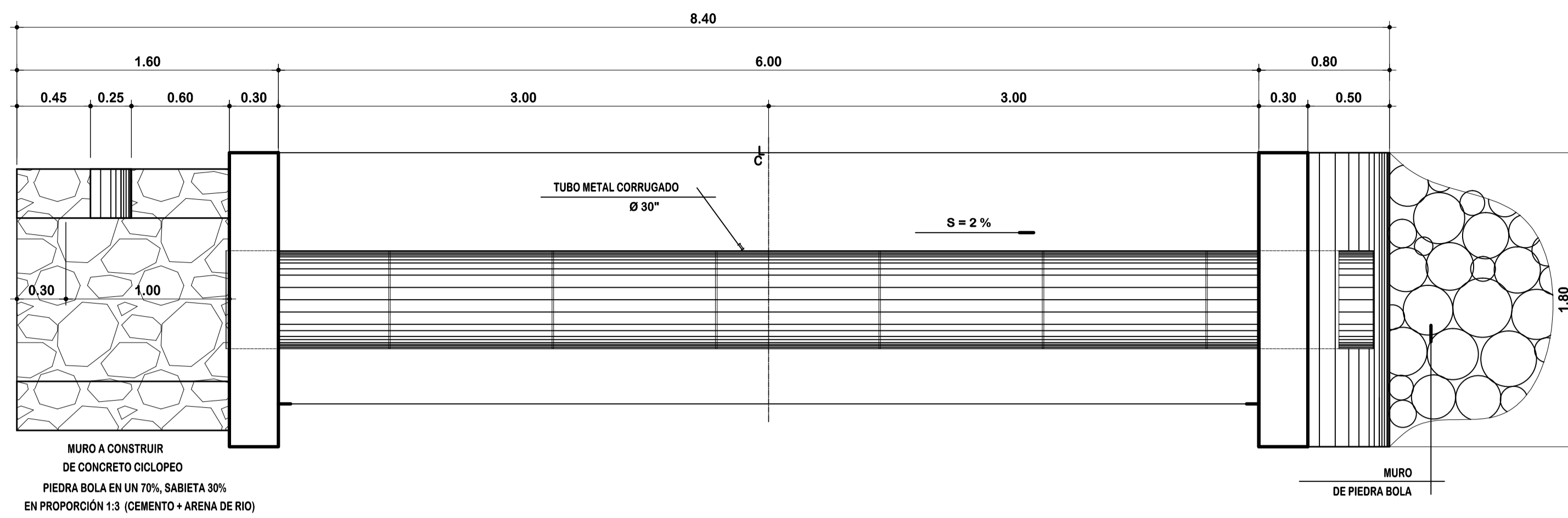
ESTACIÓN 0+800.00



Área de Corte = 5.42 m2  
Área de Relleno = 0.00 m2  
Volumen de Corte = 118.10 m3  
Volumen de Relleno = 0.00 m3

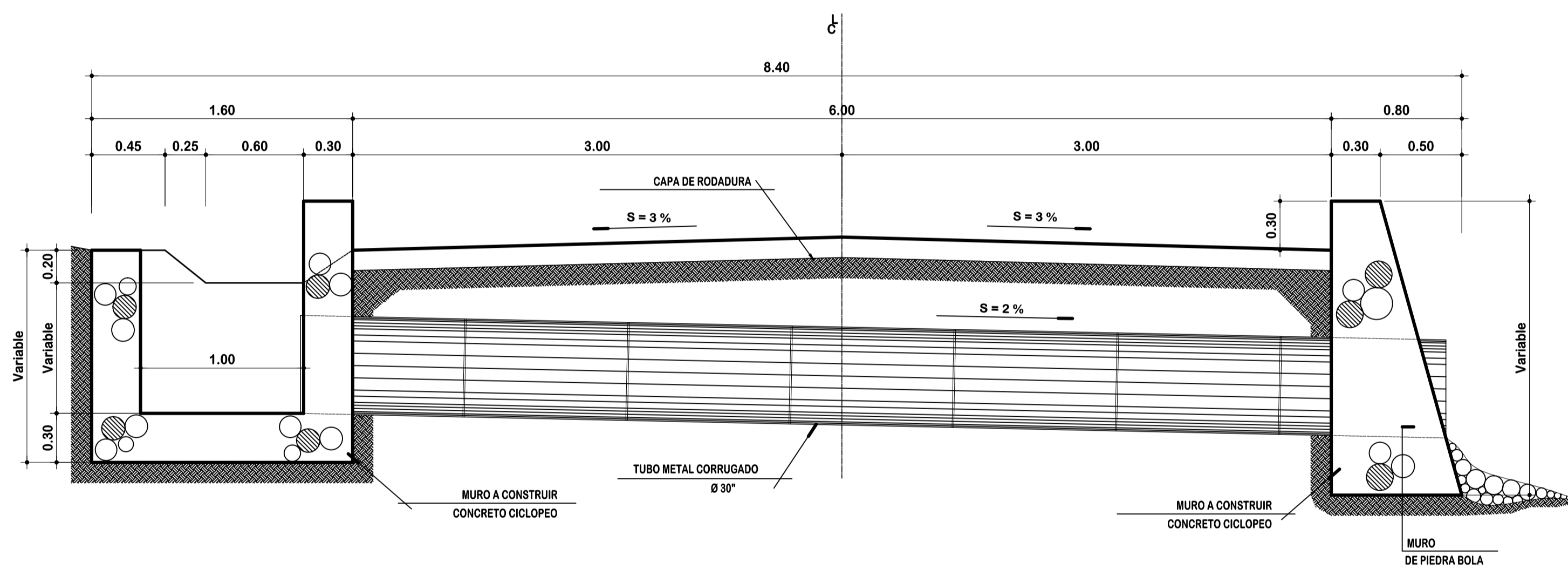
CONTENIDO: <b>SECCIONES TRANSVERSALES EST 0+420 A EST 0+770</b>		 
PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO		
FECHA: ABRIL 2017	Lugar: CASERIO NUEVO SAN CARLOS	<b>HOJA No.</b> <b>5 / 7</b>
ESCALA: 1 : 200	Municipio: SAN PABLO	
TOPOGRAFIA: ALEX RODRIGUEZ	Departamento: SAN MARCOS	
DISEÑO Y CÁLCULO: KEVIN OROZCO		
DIBUJO: KEVIN OROZCO		
F) PROPIETARIO		F) ASESOR UNIDAD EPS





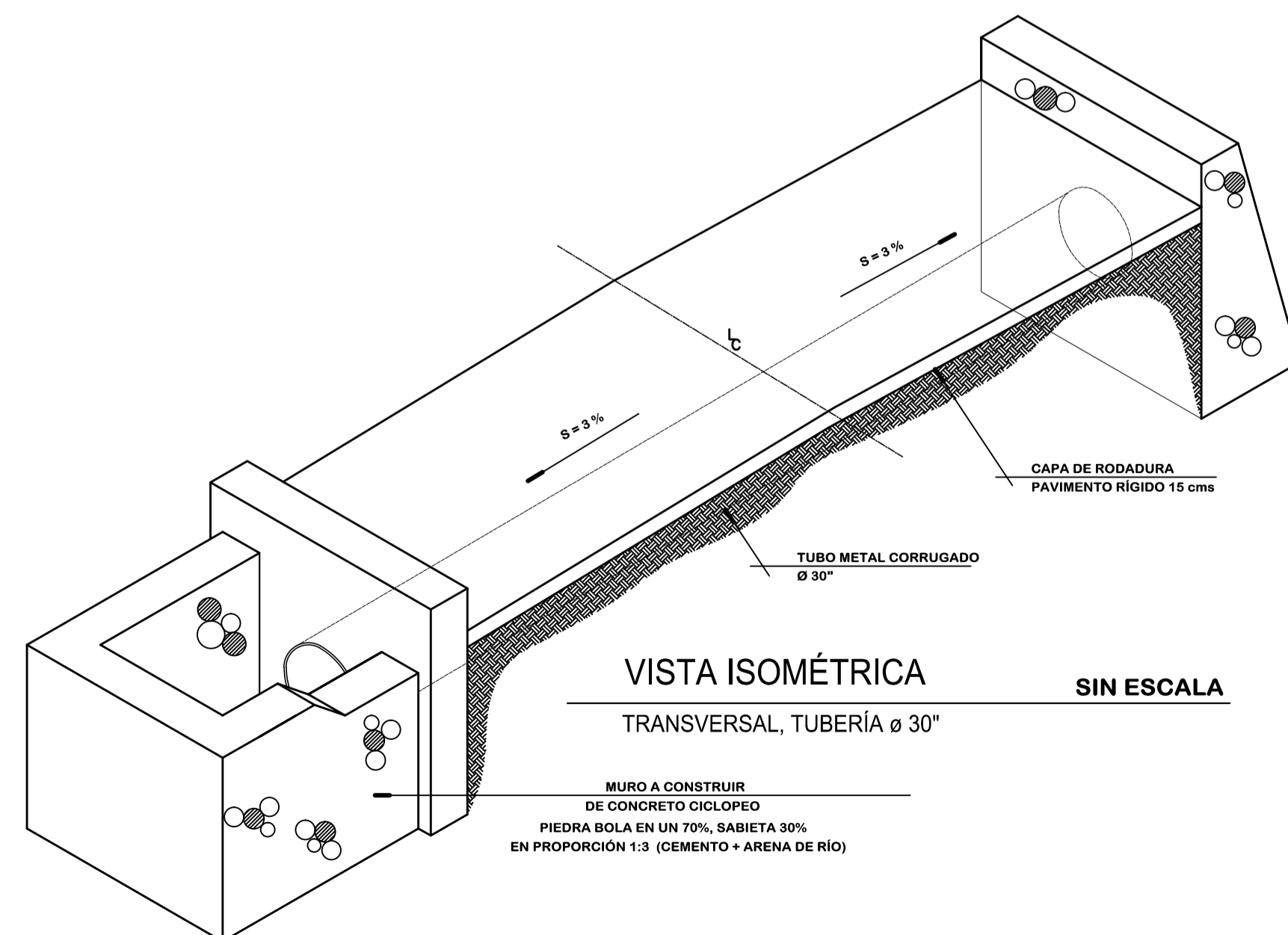
## PLANTA DRENAJE TRANSVERSAL

ESCALA 1:25



## VISTA FRONTAL DRENAJE TRANSVERSAL

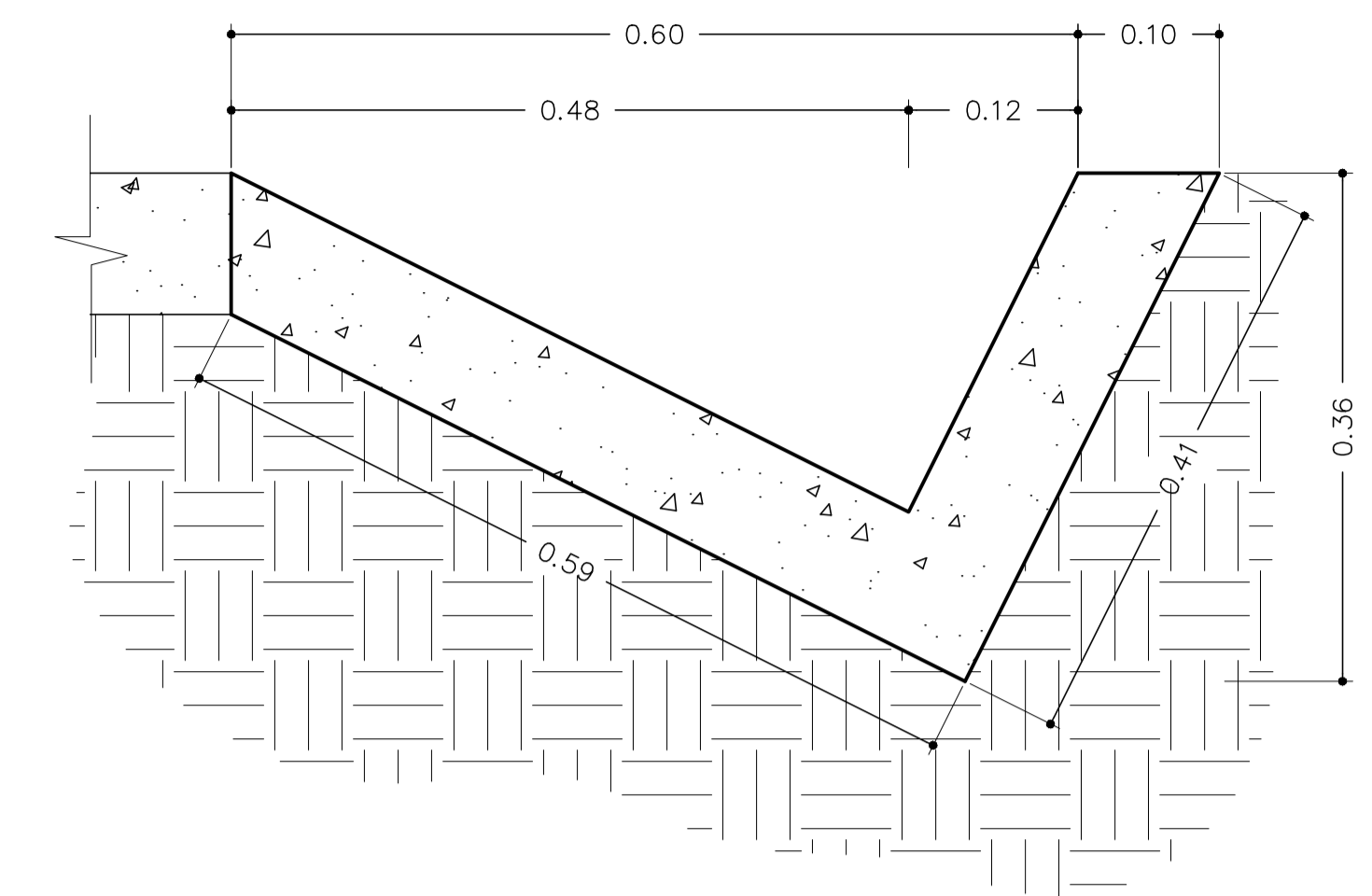
ESCALA 1:25



### VISTA ISOMÉTRICA

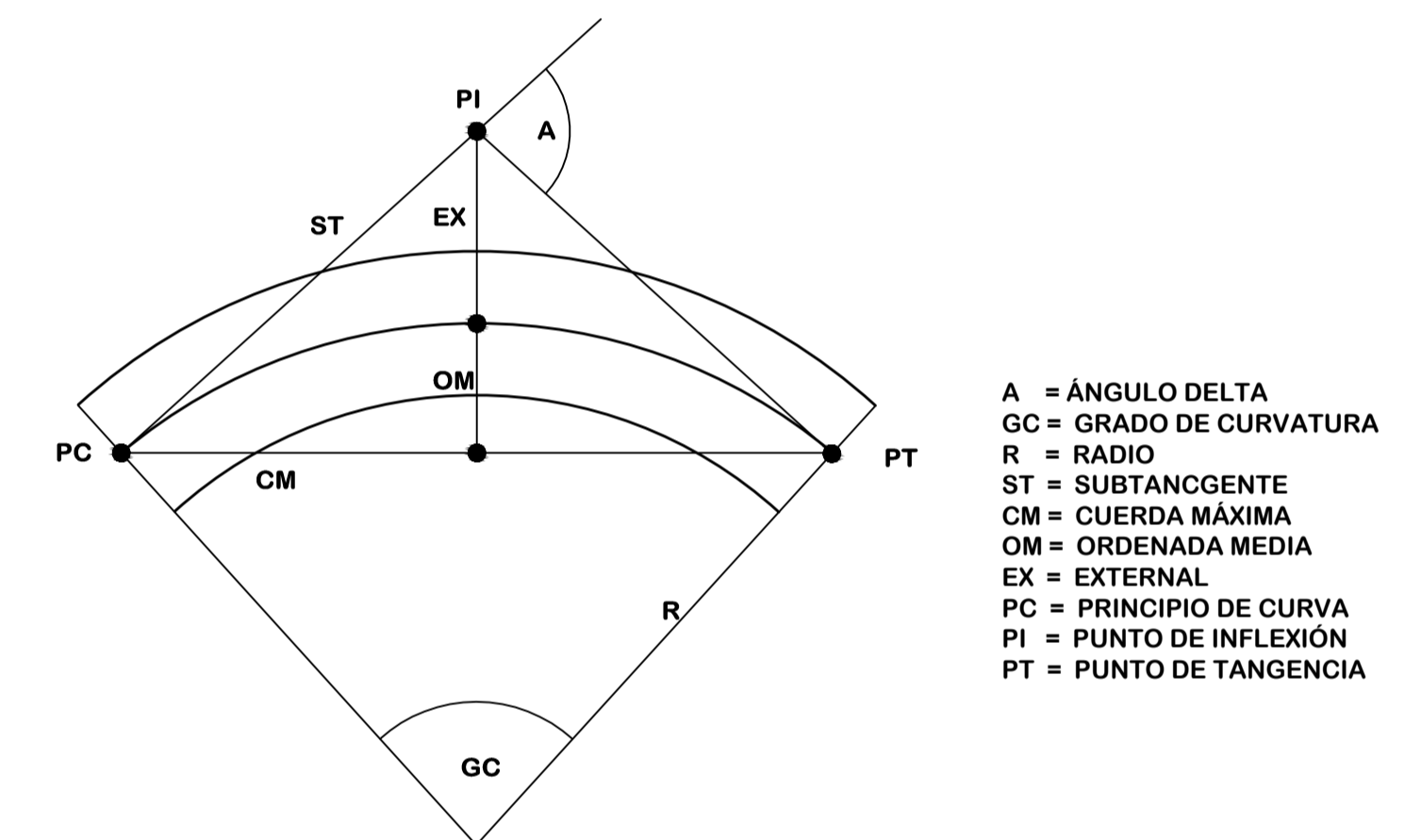
TRANSVERSAL, TUBERÍA Ø 30"

SIN ESCALA



## DETALLE DE CUNETA

ESCALA 1:5



A = ÁNGULO DELTA  
GC = GRADO DE CURVATURA  
R = RADIO  
ST = SUBTANGENTE  
CM = CUERDA MÁXIMA  
OM = ORDENADA MEDIA  
EX = EXTERNAL  
PC = PRINCIPIO DE CURVA  
PI = PUNTO DE INFLEXIÓN  
PT = PUNTO DE TANGENCIA

## SIMBOLOGÍA DE CURVAS

SIN ESCALA

### ESPECIFICACIONES:

**CONCRETO**  
EL CEMENTO PARA TODOS LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEBERÁ CUMPLIR COMO MÍNIMO CON UN F'c: 210kg/cm<sup>2</sup>.



**AGREGADOS**  
LOS AGREGADOS ESTARÁN LIMPIOS Y BIEN GRADUADOS LIBRES DE IMPUREZAS Y MATERIA ORGÁNICA, EL TAMAÑO NOMINAL DE AGREGADO SERÁ DE 3/4" PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES.

**AGUA**  
EL AGUA EMPLEADA EN EL MEZCLADO DEL CONCRETO DEBERÁ DE SER LIMPIA Y LIBRE DE CANTIDADES PERJUDICIALES DE ACEITES Y ÁCIDOS, ALCALIS, SALES, MATERIAL ORGÁNICO U OTRAS SUSTANCIAS QUE PUEDAN SER NOCIVAS AL CONCRETO O ACERO DE REFUERZO.

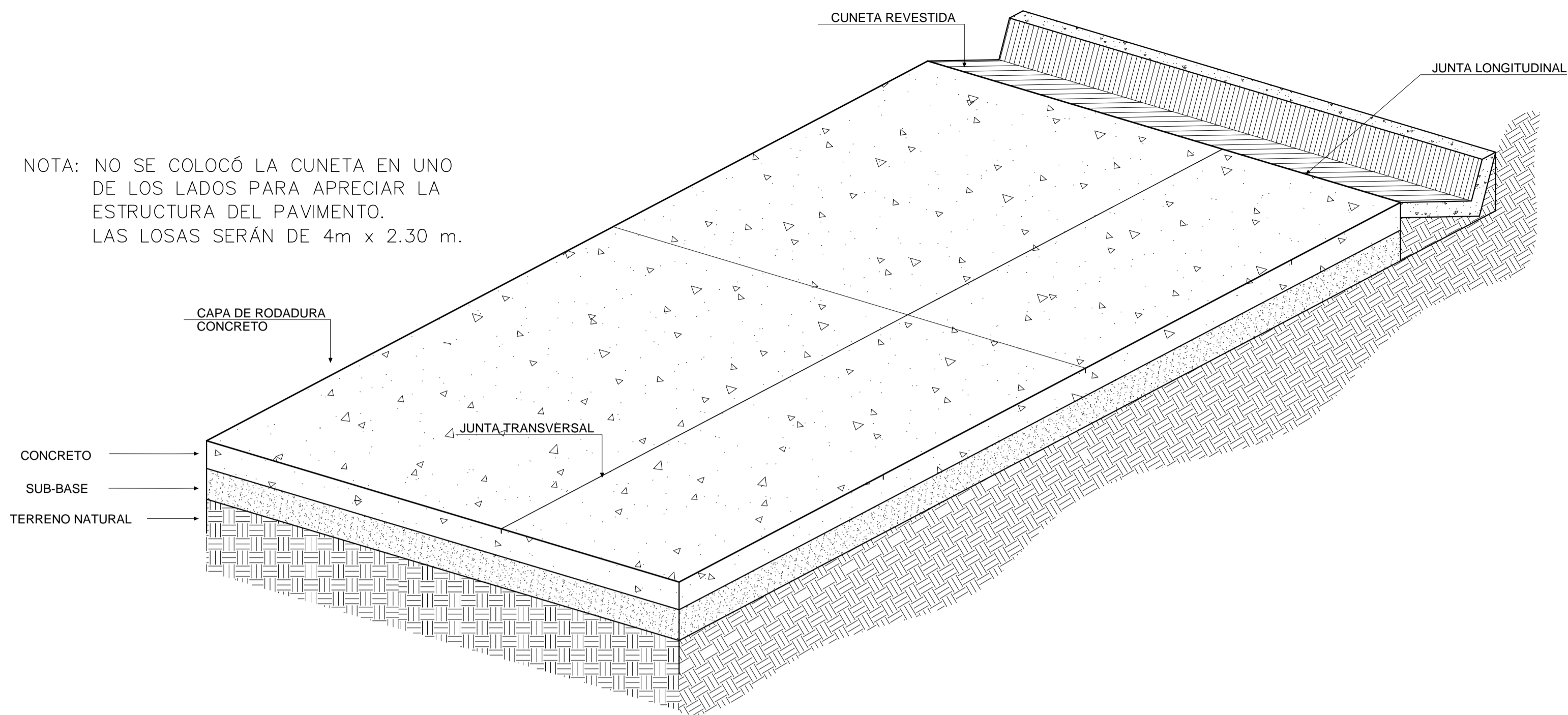
**MAMPOSTERÍA DE PIEDRA**  
PIEDRA: DEBERÁ SER SAN SIN GRIETAS NI FRAGMENTACIÓN MARCADA Y DE LA MAYOR DENSIDAD POSIBLE, DEBERÁ TENER DUREZA BASÁLTICA O SIMILAR, ES DECIR QUE SU DUREZA NO SE ALTERE CON LA INTERPERIE. EL TAMAÑO DE LA PIEDRA SERÁ ENTRE 0.15 A 0.30 mts Y DEBERÁ SER PERFECTAMENTE AGULOSA Y NO REDONDA.

**MORTERO**  
LA PROPORCIÓN DEL MORTERO SERÁ DE 1:3 CEMENTO Y ARENA DE RIO.

**PARÁMETRO DE DISEÑO**  
VS: 10 Ton / m<sup>2</sup> ASUMIDO  
MAMPOSTERÍA PIEDRA: 2000kg/m<sup>2</sup>  
AGUA: 1000 kg/m<sup>2</sup>  
f'c: 210 kg/cm<sup>2</sup>  
f'c: 2810 kg/cm<sup>2</sup>

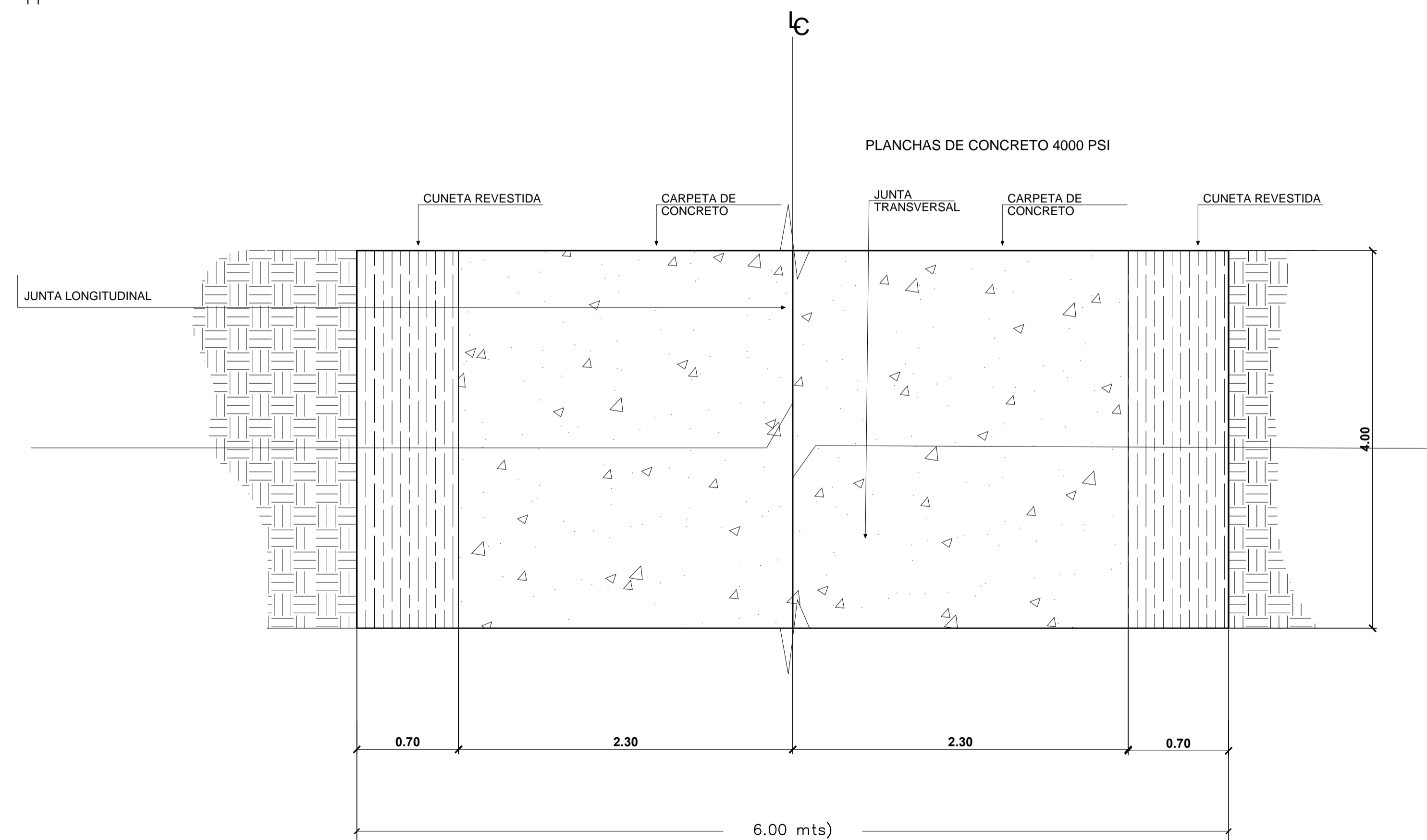
CONTENIDO: <b>DRENAJE TRANSVERSAL Y LONGITUDINAL</b>		 
PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO		
FECHA: ABRIL 2017	Lugar: CASERIO NUEVO SAN CARLOS	<b>HOJA No.</b> 6 / 7
ESCALA: INDICADA	Municipio: SAN PABLO	
TOPOGRAFIA: ALEX RODRIGUEZ	Departamento: SAN MARCOS	
DISEÑO Y CALCULO: KEVIN OROZCO		
DIBUJO: KEVIN OROZCO		
F) PROPIETARIO		F) ASESOR UNIDAD EPS





## ISOMÉTRICO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

ESCALA 1:25



## PLANTA PAVIMENTO

ESCALA 1:25

### ESPECIFICACIONES:

#### SUB-RASANTE

Para el reacondicionamiento de la subrasante, se deberá escarificar el suelo de sub-rasante hasta una profundidad de 200 milímetros. El suelo de sub-rasante en toda el área a reacondicionarse debe humedecerse adecuadamente, antes de la compactación. El control de humedad puede efectuarse secando el material, o por el método con carburo, AASHTO T 217. La sub-rasante reacondicionada debe ser compactada en su totalidad con un contenido de humedad óptimo, hasta el 95 por ciento de compactación respecto a la densidad máxima, AASHTO T 180.

#### SUB-BASE

La sub-base tendrá un espesor de 20 cms para proveer mejor drenaje y absorber las contracciones e hinchamientos de la subrasante. La capa de subbase común, debe estar constituida por materiales de tipo granular en su estado natural o mezclados, que formen y produzcan un material que llene los requisitos siguientes:

Valor Soporte. El material debe tener un CBR, AASHTO T 193, mínimo de 30, efectuado sobre muestra saturada a 95% de compactación, AASHTO T 180.

Piedras y Finos. El tamaño máximo de las piedras que contenga el material de sub-base, no debe exceder de 70 milímetros ni exceder de 1/2 espesor de la capa.

Es responsabilidad del Contratista seleccionar los bancos de materiales, que llenen los requisitos de calidad establecidos y someter el material a la aprobación del Delegado Residente.

#### FORMALETA

Las formaletas deberán ser diseñadas para soportar una presión lateral, basada en un concreto con una densidad de 2,400 Kg/m<sup>3</sup>.

#### CALIDAD DE CONCRETO:

Se deberá presentar certificado de calidad de los materiales. La resistencia a la compresión del concreto a utilizar será de 281 Kg/cm<sup>2</sup> (4000 psi) a los 28 días.

#### PIEDRIN:

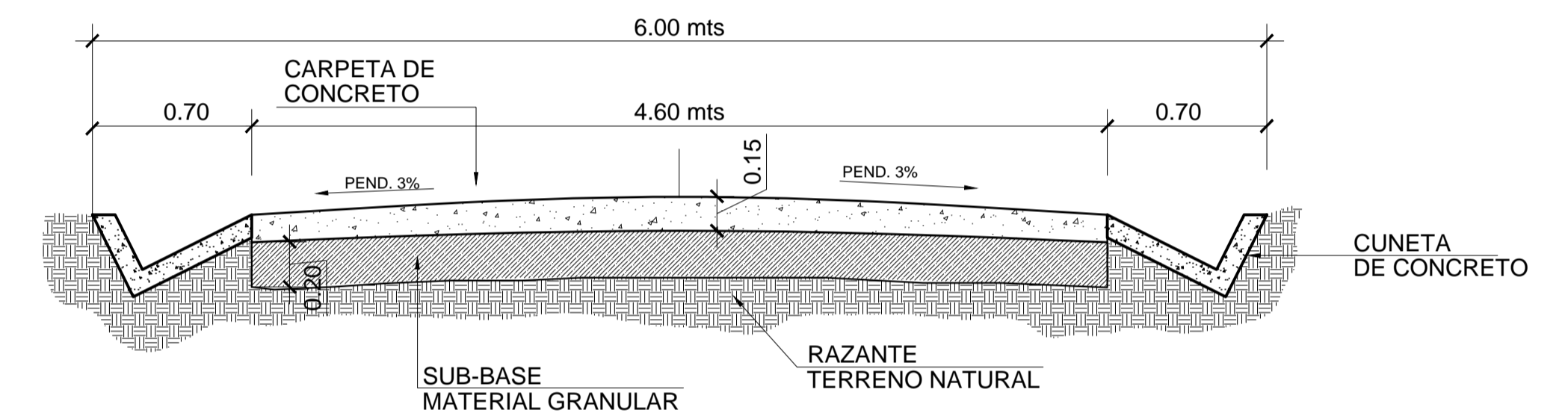
Será de roca triturada o grava y deberá estar formada de partículas duras, resistentes y limpias. Deberá tener un diámetro mínimo de 3/8" y un máximo de 1".

#### ARENA:

Estará compuesta de partículas duras libre de material orgánico. Libre de materia que pueda reducir la resistencia y durabilidad del concreto.

#### CEMENTO:

El cemento será tipo 1 Normal. Ningún cemento podrá utilizarse cuando tenga más de un mes de almacenamiento en campo. El lugar destinado para el almacenamiento del cemento (bodega) deberá garantizar la inalterabilidad del mismo.



## ALINEACIÓN RECTA CON CUNETA

ESCALA 1:25

CONTENIDO:  
ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RÍGIDO

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO

FECHA:

ABRIL 2017

ESCALA:

INDICADA

TOPOGRAFIA:

ALEX RODRIGUEZ

DISEÑO Y CALCULO:

KEVIN OROZCO

DIBUJO:

KEVIN OROZCO

Lugar:

CASERIO NUEVO SAN CARLOS

Municipio:

SAN PABLO

Departamento:

SAN MARCOS



HOJA No.

7 / 7

F) PROPIETARIO

F) ASESOR UNIDAD EPS

Apéndice 5. Renglones unitarios de pavimento rígido para el caserío  
 Nuevo San Carlos, municipio de San Pablo, San Marcos

RENLÓN	1	CONCEPTO	PRELIMINARES
--------	---	----------	--------------

SUBRENLÓN	1,1	CONCEPTO	LIMPIEZA, CHAPEO Y DESTRONQUE
CANTIDAD	1,00	UNIDAD	Ha

MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Limpieza, chapeo y destronque	1,00	Ha	Q4 090,91	Q4 090,91
Sub-total				Q4 090,91
Prestaciones Laborales ( 83,87 % )				Q3 431,05
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q7 521,96</b>

<b>COSTO DIRECTO =</b>	<b>Q7 521,96</b>
------------------------	------------------

DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE	TOTAL
Factores de costos indirectos	Administración =	5 % Q376,10
	Fianzas e impuestos =	10 % Q752,20
	Dirección técnica =	5 % Q376,10
	Imprevistos =	3 % Q225,66
	Utilidad =	10 % Q752,20

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>	<b>Q2 482,25</b>
--------------------------	------------------

CD + CI =	=	Q10 004,20
-----------	---	------------

<b>TOTAL =</b>	<b>=</b>	<b>Q10 004,20</b>
<b>PRECIO UNITARIO =</b>	<b>Q10 004,20</b>	<b>/ Ha</b>

Fuente: elaboración propia.

Continuación apéndice 5.

REGLÓN	1	CONCEPTO	PRELIMINARES
--------	---	----------	--------------

SUBREGLÓN	1,2	CONCEPTO	TRAZO, REPLANTEO Y ESTAQUEADO
CANTIDAD	1,00	UNIDAD	Km

MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Trazo y estaqueado	1,00	Km	Q240,00	Q240,00
Replanteo topográfico	1,00	Km	Q830,00	Q830,00
Sub-total				Q1 070,00
Prestaciones Laborales ( 83,87 % )				Q897,41
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q1 967,41</b>

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Cal hidratada	4	SACO	Q32,40	Q129,60
Hilo	1	ROLLO	Q13,50	Q13,50
Clavo de 2 ½"	1	LIBRA	Q8,30	Q8,30
Estaca 2"x2"x1'	40	UNIDAD	Q4,50	Q180,00
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>Q331,40</b>

<b>COSTO DIRECTO =</b>	<b>Q2 298,81</b>
------------------------	------------------

DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE	TOTAL	
Factores de costos indirectos	Administración =	5 %	Q114,94
	Fianzas e impuestos =	10 %	Q229,88
	Dirección técnica =	5 %	Q114,94
	Imprevistos =	3 %	Q68,96
	Utilidad =	10 %	Q229,88

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>	<b>Q758,61</b>
--------------------------	----------------

CD + CI =	=	Q3 057,42
-----------	---	-----------

<b>TOTAL =</b>	=	<b>Q3 057,42</b>
<b>PRECIO UNITARIO =</b>	<b>Q3 057,42</b>	<b>/ Km</b>



Continuación apéndice 5.

REGLÓN	2	CONCEPTO	EXCAVACIÓN
--------	---	----------	------------

SUBREGLÓN	2,1	CONCEPTO	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA
CANTIDAD	1,00	UNIDAD	M3

MAQUINARIA Y EQUIPO				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Excavadora de oruga (R = 60m3/hr)	0,017	HORA	Q523,38	Q8,90
Combustible (R = 4.5 Gal/hr)	0,077	GALONES	Q25,00	Q1,91
Rodo compactador (R = 40 m3/hr)	0,017	HORA	Q500,28	Q8,50
Combustible (R = 10 Gal/km)	0,085	GALONES	Q25,00	Q2,13
Motoniveladora (R = 60 m3/hr)	0,017	HORA	Q528,00	Q8,98
Combustible (R = 4.5 Gal/hr)	0,077	GALONES	Q25,00	Q1,91
Camión doble eje de 10m3	0,017	HORA	Q323,40	Q5,50
Camión cisterna	0,017	HORA	Q257,40	Q4,38
<b>TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO</b>				<b>Q42,20</b>

MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Cuadrilla de albañil (x3)	1,00	M3	Q1,20	Q1,20
Equipo de 4 ayudantes de maquinaria	1,00	M3	Q0,84	Q0,84
Equipo de 4 ayudantes	1,00	M3	Q0,84	Q0,84
Sub-total				Q2,88
Prestaciones Laborales ( 83,87 % )				Q2,42
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q5,30</b>

<b>COSTO DIRECTO =</b>	<b>Q47,50</b>
------------------------	---------------

DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE	TOTAL
Factores de costos indirectos	Administración = 5 %	Q2,37
	Fianzas e impuestos = 10 %	Q4,75
	Dirección técnica = 5 %	Q2,37
	Imprevistos = 3 %	Q1,42
	Utilidad = 10 %	Q4,75

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>	<b>Q15,67</b>
--------------------------	---------------

CD + CI =	=	Q63,17
-----------	---	--------

<b>TOTAL =</b>	<b>=</b>	<b>Q63,17</b>
<b>PRECIO UNITARIO =</b>	<b>Q63,17</b>	<b>/ M3</b>

Continuación apéndice 5.

RENGLÓN	2	CONCEPTO	EXCAVACIÓN
SUBRENGLÓN	2,2	CONCEPTO	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA DE DESPERDICIO
CANTIDAD	1,00	UNIDAD	M3

MAQUINARIA Y EQUIPO				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Retroexcavadora (R = 60m3/hr)	0,017	HORA	Q523,38	Q8,90
Combustible (R = 4.5 Gal/hr)	0,077	GALONES	Q25,00	Q1,91
Tractor D-6 (R = 60m3/hr)	0,017	HORA	Q538,56	Q9,16
Combustible (R = 4 Gal/hr)	0,068	GALONES	Q25,00	Q1,70
Camión doble eje de 10m3	0,017	HORA	Q323,40	Q5,50
Camión cisterna	0,017	HORA	Q257,40	Q4,38
<b>TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO</b>				<b>Q31,54</b>

MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Cuadrilla de albañil (x3)	1,00	M3	Q1,20	Q1,20
Equipo de 4 ayudantes de maquinaria	1,00	M3	Q0,84	Q0,84
Equipo de 4 ayudantes	1,00	M3	Q0,84	Q0,84
Sub-total				Q2,88
Prestaciones Laborales ( 83,87 % )				Q2,42
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q5,30</b>

<b>COSTO DIRECTO =</b>	<b>Q36,83</b>
------------------------	---------------

DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE	TOTAL
Factores de costos indirectos	Administración = 5 %	Q1,84
	Fianzas e impuestos = 10 %	Q3,68
	Dirección técnica = 5 %	Q1,84
	Imprevistos = 3 %	Q1,11
	Utilidad = 10 %	Q3,68

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>	<b>Q12,16</b>
--------------------------	---------------

CD + CI =	=	Q48,99
-----------	---	--------

<b>TOTAL =</b>	<b>=</b>	<b>Q48,99</b>
<b>PRECIO UNITARIO =</b>	<b>Q48,99</b>	<b>/ M3</b>

Continuación apéndice 5.

RENGLÓN	2	CONCEPTO	EXCAVACIÓN
---------	---	----------	------------

SUBRENGLÓN	2,3	CONCEPTO	EXCAVACIÓN ESTRUCTURAL DE ALCANTARILLA
CANTIDAD	1,00	UNIDAD	M3

MAQUINARIA Y EQUIPO				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Retroexcavadora (R = 60m <sup>3</sup> /hr)	0,017	HORA	Q396,50	Q6,74
Combustible (R = 4.5 Gal/hr)	0,0765	GALONES	Q23,00	Q1,76
Vibroapisonador	0,017	HORA	Q237,60	Q4,04
Combustible (R = 4.5 Gal/hr)	0,0765	GALONES	Q25,00	Q1,91
Camión doble eje de 10m <sup>3</sup>	0,017	HORA	Q323,40	Q5,50
Camión cisterna	0,017	HORA	Q257,40	Q4,38
<b>TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO</b>				<b>Q24,33</b>

MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Cuadrilla de albañil (x3)	1,00	M3	Q1,20	Q1,20
Equipo de 4 ayudantes de maquinaria	1,00	M3	Q0,84	Q0,84
Equipo de 4 ayudantes	1,00	M3	Q0,84	Q0,84
Sub-total				Q2,88
Prestaciones Laborales ( 83,87 % )				Q2,42
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q5,30</b>

<b>COSTO DIRECTO =</b>	<b>Q29,62</b>
------------------------	---------------

DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE	TOTAL	
Factores de costos indirectos	Administración =	5 %	Q1,48
	Fianzas e impuestos =	10 %	Q2,96
	Dirección técnica =	5 %	Q1,48
	Imprevistos =	3 %	Q0,89
	Utilidad =	10 %	Q2,96

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>	<b>Q9,77</b>
--------------------------	--------------

CD + CI =	=	Q39,40
-----------	---	--------

<b>TOTAL =</b>	<b>=</b>	<b>Q39,40</b>
<b>PRECIO UNITARIO =</b>	<b>Q39,40</b>	<b>/ M3</b>

Continuación apéndice 5.

RENGLÓN	3	CONCEPTO	RELLENO
---------	---	----------	---------

SUBRENGLÓN	3,1	CONCEPTO	RELLENO ESTRUCTURAL DE ALCANTARILLA
CANTIDAD	1,00	UNIDAD	M3

MAQUINARIA Y EQUIPO				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Retroexcavadora (R = 60m3/hr)	0,017	HORA	Q523,38	Q8,90
Combustible (R = 4.5 Gal/hr)	0,0255	GALONES	Q25,00	Q0,64
Vibroapisonador (R = 14 m3/hr)	0,07	HORA	Q237,60	Q16,63
Combustible (R = 1.4 gal/hor)	0,098	GALONES	Q25,00	Q2,45
Camión cisterna	0,017	HORA	Q257,40	Q4,38
<b>TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO</b>				<b>Q32,99</b>

MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Equipo de 3 ayudantes de maquinaria	1,00	M3	Q0,63	Q0,63
Equipo de comptaciación	1,00	M3	Q42,00	Q42,00
Sub-total				Q42,63
Prestaciones Laborales ( 83,87 % )				Q35,75
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q78,38</b>

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Material granular (selecto)	0,50	M3	Q130,00	Q65,00
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>Q65,00</b>

<b>COSTO DIRECTO =</b>	<b>Q176,38</b>
------------------------	----------------

DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE	TOTAL
Factores de costos indirectos	Administración = 5 %	Q8,82
	Fianzas e impuestos = 10 %	Q17,64
	Dirección técnica = 5 %	Q8,82
	Imprevistos = 3 %	Q5,29
	Utilidad = 10 %	Q17,64

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>	<b>Q58,20</b>
--------------------------	---------------

CD + CI =	=	Q234,58
-----------	---	---------

<b>TOTAL =</b>	<b>=</b>	<b>Q234,58</b>
<b>PRECIO UNITARIO =</b>	<b>Q234,58</b>	<b>/ M3</b>

Continuación apéndice 5.

RENGLÓN	4	CONCEPTO	SUBRASANTE Y SUBBASE
---------	---	----------	----------------------

SUBRENGLÓN	4,1	CONCEPTO	REACONDICIONAMIENTO DE LA SUBRASANTE
CANTIDAD	1,00	UNIDAD	M2

MAQUINARIA Y EQUIPO				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Motoniveladora (R = 60 m3/hr)	0,003	HORA	Q528,00	Q1,58
Combustible (R = 10 Gal/km)	0,0135	GALONES	Q25,00	Q0,34
Rodo Compactador (R = 40 m3/hr)	0,005	HORA	Q500,28	Q2,50
Combustible (R = 10 Gal/km)	0,025	GALONES	Q25,00	Q0,63
Camión cisterna	0,003	HORA	Q257,40	Q0,77
<b>TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO</b>				<b>Q5,82</b>

MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Encargado	1,00	M2	Q0,38	Q0,38
Equipo de 3 ayudantes de maquinaria	1,00	M2	Q1,15	Q1,15
Equipo de 3 ayudantes	1,00	M2	Q1,15	Q1,15
Sub-total				Q2,68
Prestaciones Laborales ( 83,87 % )				Q2,25
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q4,93</b>

<b>COSTO DIRECTO =</b>	<b>Q10,75</b>
------------------------	---------------

DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE	TOTAL
Factores de costos indirectos	Administración =	5 % Q0,54
	Fianzas e impuestos =	10 % Q1,07
	Dirección técnica =	5 % Q0,54
	Imprevistos =	3 % Q0,32
	Utilidad =	10 % Q1,07

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>	<b>Q3,55</b>
--------------------------	--------------

CD + CI =	=	Q14,29
-----------	---	--------

<b>TOTAL =</b>	<b>=</b>	<b>Q14,29</b>
<b>PRECIO UNITARIO =</b>	<b>Q14,29</b>	<b>/ M2</b>

Continuación apéndice 5.

RENLÓN	4	CONCEPTO	SUBRASANTE Y SUBBASE
--------	---	----------	----------------------

SUBRENLÓN	4,2	CONCEPTO	SUBBASE
CANTIDAD	1,00	UNIDAD	M3

MAQUINARIA Y EQUIPO				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Retroexcavadora (R = 60m3/hr)	0,017	HORA	Q523,38	Q8,90
Combustible (R = 4.5 Gal/hr)	0,0765	GALONES	Q25,00	Q1,91
Motoniveladora (R = 60 m3/hr)	0,017	HORA	Q528,00	Q8,98
Combustible (R = 10 Gal/km)	0,0765	GALONES	Q25,00	Q1,91
Rodo compactador (R = 40 m3/hr)	0,025	HORA	Q500,28	Q12,51
Combustible (R = 10 Gal/km)	0,125	GALONES	Q25,00	Q3,13
Camión cisterna	0,017	HORA	Q257,40	Q4,38
<b>TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO</b>				<b>Q41,71</b>

MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Encargado	1,00	M3	Q0,48	Q0,48
Equipo de 4 ayudantes de maquinaria	1,00	M3	Q0,84	Q0,84
Equipo de 8 ayudantes	1,00	M3	Q1,68	Q1,68
Sub-total				Q3,00
Prestaciones Laborales ( 83,87 % )				Q2,52
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q5,52</b>

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Material para Sub-Base Granular	1,05	M3	Q140,00	Q147,00
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>Q147,00</b>

<b>COSTO DIRECTO =</b>	<b>Q152,52</b>
------------------------	----------------

DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE	TOTAL
Factores de costos indirectos	Administración = 5 %	Q7,63
	Fianzas e impuestos = 10 %	Q15,25
	Dirección técnica = 5 %	Q7,63
	Imprevistos = 3 %	Q4,58
	Utilidad = 10 %	Q15,25

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>	<b>Q50,33</b>
--------------------------	---------------

CD + CI =	=	Q202,85
-----------	---	---------

<b>TOTAL =</b>	<b>=</b>	<b>Q202,85</b>
<b>PRECIO UNITARIO =</b>	<b>Q202,85</b>	<b>/ M3</b>

Continuación apéndice 5.

RENGLÓN	5	CONCEPTO	CARPETA DE RODADURA
SUBRENGLÓN	5,1	CONCEPTO	CAPA DE CONCRETO (e=15 cms)
CANTIDAD	1,00	UNIDAD	M2

MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Maestro de obra	1,00	M2	Q3,00	Q3,00
Colocación y retiro de encofrado	2,00	ML	Q3,20	Q6,40
Fundición	1,00	M2	Q13,00	Q13,00
Acabado y texturizado	1,00	M2	Q4,50	Q4,50
Ranurado	1,00	ML	Q15,00	Q15,00
Sub-total				Q41,90
Prestaciones Laborales ( 83,87 % )				Q35,14
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q77,04</b>

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Concreto hidráulico	0,15	M3	Q1 200,00	Q180,00
Costaneras de perfil C (4"x2"x½")	0,3	ml	Q28,30	Q8,49
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>Q188,49</b>

<b>COSTO DIRECTO =</b>	<b>Q265,53</b>
------------------------	----------------

DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE	TOTAL
Factores de costos indirectos	Administración = 5 %	Q13,28
	Fianzas e impuestos = 10 %	Q26,55
	Dirección técnica = 5 %	Q13,28
	Imprevistos = 3 %	Q7,97
	Utilidad = 10 %	Q26,55

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>	<b>Q87,63</b>
--------------------------	---------------

CD + CI =	=	<b>Q353,16</b>
-----------	---	----------------

<b>TOTAL =</b>	<b>=</b>	<b>Q353,16</b>
<b>PRECIO UNITARIO =</b>	<b>Q353,16</b>	<b>/ M2</b>

Continuación apéndice 5.

RENGLÓN	6,1	CONCEPTO	ESTRUCTURAS DE DRENAJE
---------	-----	----------	------------------------

SUBRENGLÓN	6,1	CONCEPTO	DRENAJES TRANSVERSALES
CANTIDAD	1,00	UNIDAD	ML

MAQUINARIA Y EQUIPO				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Retroexcavadora (R = 60m3/hr)	0,25	HORA	Q523,38	Q130,85
Combustible (R = 4.5 Gal/hr)	0,375	GALONES	Q25,00	Q9,38
Vibroapisonador (R = 14 m3/hr)	0,48	HORA	Q237,60	Q114,05
Combustible (R = 1.4 gal/hor)	0,672	GALONES	Q25,00	Q16,80
<b>TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO</b>				<b>Q271,07</b>

MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Albañil encargado	1,00	ML	Q6,50	Q6,50
Colocación e instalación	1,00	ML	Q14,00	Q14,00
Sub-total				Q20,50
Prestaciones Laborales ( 83,87 % )				Q17,19
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q37,69</b>

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Tubería de concreto de 30"	1	ML	Q850,00	Q850,00
Accesorios tubería de concreto de 30"	1	Global	Q60,00	Q60,00
Arena (cama)	0,2	M3	Q140,00	Q28,00
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>Q938,00</b>

<b>COSTO DIRECTO =</b>	<b>Q1 246,76</b>
------------------------	------------------

DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE	TOTAL
Factores de costos indirectos	Administración = 5 %	Q62,34
	Fianzas e impuestos = 10 %	Q124,68
	Dirección técnica = 5 %	Q62,34
	Imprevistos = 3 %	Q37,40
	Utilidad = 10 %	Q124,68

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>	<b>Q411,43</b>
--------------------------	----------------

CD + CI =	=	<b>Q1 658,19</b>
-----------	---	------------------

<b>TOTAL =</b>	<b>=</b>	<b>Q1 658,19</b>
<b>PRECIO UNITARIO =</b>	<b>Q1 658,19</b>	<b>/ ML</b>



Continuación apéndice 5.

REGLÓN	6,1	CONCEPTO	ESTRUCTURAS DE DRENAJE
--------	-----	----------	------------------------

SUBREGLÓN	6,2	CONCEPTO	CABEZALES (3 UNIDADES)
-----------	-----	----------	------------------------

CANTIDAD	1,00	UNIDAD	M3
----------	------	--------	----

MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Maestro de obra	1,00	M3	Q80,00	Q80,00
Mezcla de concreto y colocación de piedra	1,00	M3	Q80,00	Q80,00
Ayudante	1,00	M3	Q45,00	Q45,00
Sub-total				Q205,00
Prestaciones Laborales ( 83,87 % )				Q171,93
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q376,93</b>

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Cemento	9	SACO	Q79,00	Q711,00
Arena	0,53	M3	Q140,00	Q74,20
Piedra bola	2,40	M3	Q180,00	Q432,00
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>Q1 217,20</b>

<b>COSTO DIRECTO =</b>	<b>Q1 594,13</b>
------------------------	------------------

DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE	TOTAL
Factores de costos indirectos	Administración = 5 %	Q79,71
	Fianzas e impuestos = 10 %	Q159,41
	Dirección técnica = 5 %	Q79,71
	Imprevistos = 3 %	Q47,82
	Utilidad = 10 %	Q159,41

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>	<b>Q526,06</b>
--------------------------	----------------

CD + CI =	=	Q2 120,20
-----------	---	-----------

<b>TOTAL =</b>	<b>=</b>	<b>Q2 120,20</b>
<b>PRECIO UNITARIO =</b>	<b>Q2 120,20</b>	<b>/ M3</b>

Continuación apéndice 5.

RENGLÓN	6,1	CONCEPTO	ESTRUCTURAS DE DRENAJE
---------	-----	----------	------------------------

SUBRENGLÓN	6,3	CONCEPTO	REVESTIMIENTO DE CUNETAS
CANTIDAD	1,00	UNIDAD	M2

MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Fundir	1,00	M2	Q15,00	Q15,00
Colocar y retirar formaleta	3,00	ML	Q3,20	Q9,60
Sub-total				Q24,60
Prestaciones Laborales ( 83,87 % )				Q20,63
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q45,23</b>

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Concreto 2000 psi	0,1	M3	Q750,00	Q75,00
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>Q75,00</b>

<b>COSTO DIRECTO =</b>	<b>Q120,23</b>
------------------------	----------------

DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE	TOTAL
Factores de costos indirectos	Administración = 5 %	Q6,01
	Fianzas e impuestos = 10 %	Q12,02
	Dirección técnica = 5 %	Q6,01
	Imprevistos = 3 %	Q3,61
	Utilidad = 10 %	Q12,02

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>	<b>Q39,68</b>
--------------------------	---------------

CD + CI =	=	Q159,91
-----------	---	---------

<b>TOTAL =</b>	<b>=</b>	<b>Q159,91</b>
<b>PRECIO UNITARIO =</b>	<b>Q159,91</b>	<b>/ M2</b>

Continuación apéndice 5.

RENGLÓN	7	CONCEPTO	LIMPIEZA FINAL
---------	---	----------	----------------

SUBRENGLÓN	7,1	CONCEPTO	LIMPIEZA FINAL
------------	-----	----------	----------------

CANTIDAD	1,00	UNIDAD	GLOBAL
----------	------	--------	--------

MAQUINARIA Y EQUIPO				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Escobas	6	U	Q18,00	Q108,00
Carretas	3	U	Q55,00	Q165,00
Palas	4	U	Q35,00	Q140,00
Pick-Up	2	DÍA	Q90,00	Q180,00
<b>TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO</b>				<b>Q593,00</b>

MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Peón	0,5	Ha	Q350,00	Q175,00
Sub-total				Q175,00
Prestaciones Laborales ( 83,87 % )				Q146,77
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q321,77</b>

<b>COSTO DIRECTO =</b>	<b>Q914,77</b>
------------------------	----------------

DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE	TOTAL
Factores de costos indirectos	Administración =	5 % Q45,74
	Fianzas e impuestos =	10 % Q91,39
	Dirección técnica =	5 % Q45,64
	Imprevistos =	3 % Q27,34
	Utilidad =	10 % Q91,38

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>	<b>Q301,48</b>
--------------------------	----------------

CD + CI =	=	Q1 216,26
-----------	---	-----------

<b>TOTAL =</b>	<b>=</b>	<b>Q1 216,26</b>
<b>PRECIO UNITARIO =</b>	<b>Q1 216,26</b>	<b>/ GLOBAL</b>

Fuente: elaboración propia.



## Apéndice 6. Cálculo de factor de prestaciones

Días al año =	365
---------------	-----

Asuetos = 9	01-ene	1
	01-may	1
	30-jun	1
	15-sep	1
	20-oct	1
	01-nov	1
	24-dic	0,5
	25-dic	1
	31-dic	0,5
	Feria local	1

Descansos = 93	Domingos	52
	Sábados	26
	Vacaciones	15

52 semanas al año, un domingo por semana  
 52 semanas al año, pero se trabaja medio sábado  
 15 días al año

Días no laborados al año (aprobado por la ley)	102
--	-----

Bonos = 90	Bono 14	30
	Aguinaldo	30
	Indemnización	30

Bonos recibidos al año; se hace la conversión de un salario a días y el resultado para cubrir un salario "Bono", son 30 días (365 días /12 meses)

Días sí laborados = 263	Días anuales	365
	Días no laborados	102

	Días laborados	263
	Días no laborados	192
	Factor	0,73003802
	IGSS	10,87%
	Factor=	0,83873802

A los 365 se les resta los 102 de los no laborados  
 A los 102 no laborados se le suma los días de "Bonos"

<b>FACTOR DE PRESTACIONES = 83.87%</b>
--

Fuente: elaboración propia.



# ANEXOS

## Anexo 1. Ensayos de laboratorio de suelos para pavimento rígido del caserío Nuevo San Carlos, municipio de San Pablo, San Marcos



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



---

INFORME No. 140 S.S. O.T.: 37,194 **No. 11536**

Interesado: Kevin Rene Orozco Barrios

Proyecto: EPS "DISEÑO DE PAVIMENTACION RIGIDO PARA EL CASERIO NUEVO SAN CARLOS, SAN PABLO, SAN MARCOS"

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: CASERIO NUEVO SAN CARLOS, SAN PABLO, SAN MARCOS

FECHA: martes, 18 de abril de 2017

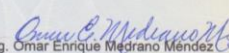
**RESULTADOS:**

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	46.4	8.6	ML	Limo Arenoso Color Café

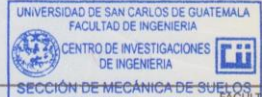
(\*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

Atentamente,



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos



Vo.Bo.




Ing. Francisco Javier Quiñón de la Cruz  
DIRECTOR CII/USAC




---

FACULTAD DE INGENIERIA --USAC--  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Continuación anexo 1.



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



---

Informe No.: 141 S.S. O.T.: 37,194 No. **11537**

Interesado: Kevin Rene Orozco Barrios

Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico con tamices y lavado previo

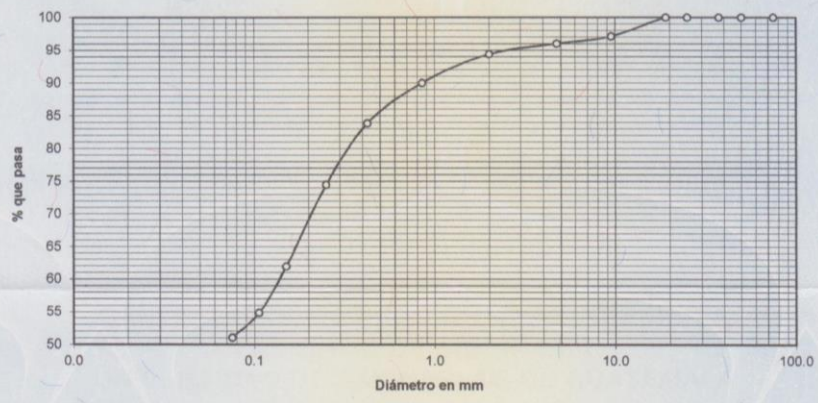
Norma: ASTM D6913-04

Proyecto: EPS "DISEÑO DE PAVIMENTACION RIGIDO PARA EL CASERIO NUEVO SAN CARLOS, SAN PABLO, SAN MARCOS"

Ubicación: CASERIO NUEVO SAN CARLOS, SAN PABLO, SAN MARCOS

Fecha: martes, 18 de abril de 2017

Análisis con Tamices:					
Tamiz	Abertura	% que pasa	Tamiz	Abertura	% que pasa
3"	75 mm	100.00	10	2.00 mm	94.38
2"	50 mm	100.00	20	850 $\mu$ m	90.02
1 1/2"	37.5 mm	100.00	40	425 $\mu$ m	83.89
1"	25 mm	100.00	60	250 $\mu$ m	74.49
3/4"	19.0 mm	100.00	100	150 $\mu$ m	61.98
3/8"	9.5 mm	97.16	140	106 $\mu$ m	54.85
4	4.75 mm	96.04	200	75 $\mu$ m	51.04

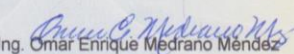
  


Descripción del suelo: Limo Arenoso Color Café

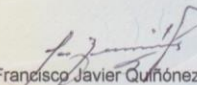
Clasificación: S.C.U.: ML      % de Grava: 3.96      D10: \*  
 P.R.A.: A-5      % de Arena: 44.99      D30: \*  
 % de finos: 51.04      D60: 0.12mm

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.  
 \* Diámetro efectivo no aplica.

Atentamente,

  
 Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
 Jefe Sección Mecánica de Suelos

Vo.Bo.

  
 Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz  
 DIRECTOR CII/USAC


SECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS

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

FACULTAD DE INGENIERÍA –USAC–  
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
 Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121  
 Página web: http://cii.usac.edu.gt



Continuación anexo 1.



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



---

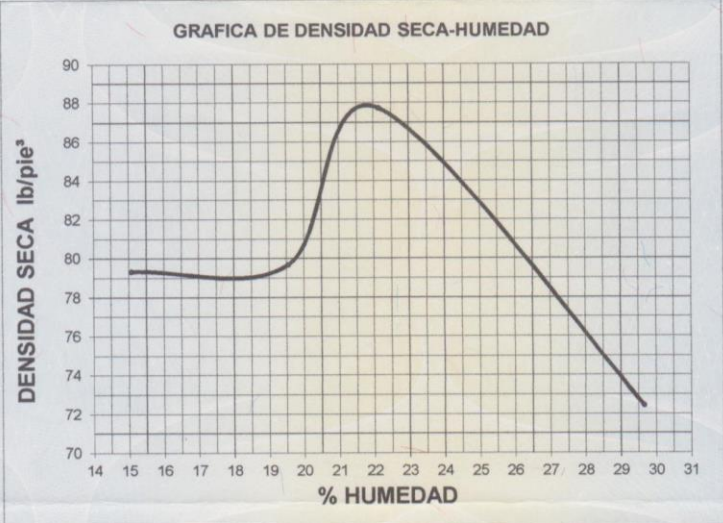
INFORME No. 142 S.S.

O.T.: 37,194

**No. 11538**

Interesado: Kevin Rene Orozco Barrios  
Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN. Proctor Estándar: ( ) Norma: A.A.S.H.T.O. T-99  
Proyecto: EPS "DISEÑO DE PAVIMENTACION RIGIDO PARA EL CASERIO NUEVO SAN CARLOS, SAN PABLO, SAN MARCOS" Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.H.T.O. T-180  
Ubicación: CASERIO NUEVO SAN CARLOS, SAN PABLO, SAN MARCOS  
Fecha: martes, 18 de abril de 2017

**GRAFICA DE DENSIDAD SECA-HUMEDAD**

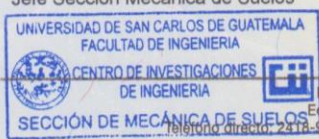


% Humedad	Densidad Seca (lb/pie³)
15	79.5
18	79.2
21.5	88.0
25	84.0
30	73.0

Descripción del suelo: Limo Arenoso Color Café Claro  
Densidad seca máxima  $\gamma_d$ : 1,412.16 Kg/m<sup>3</sup> 88.15 lb/pie<sup>3</sup>  
Humedad óptima: 21.50 %  
Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.


Atentamente,

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



Vo. Bo.

*Francisco Javier Quiñonez de la Cruz*  
Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz  
DIRECTOR CII/USAC

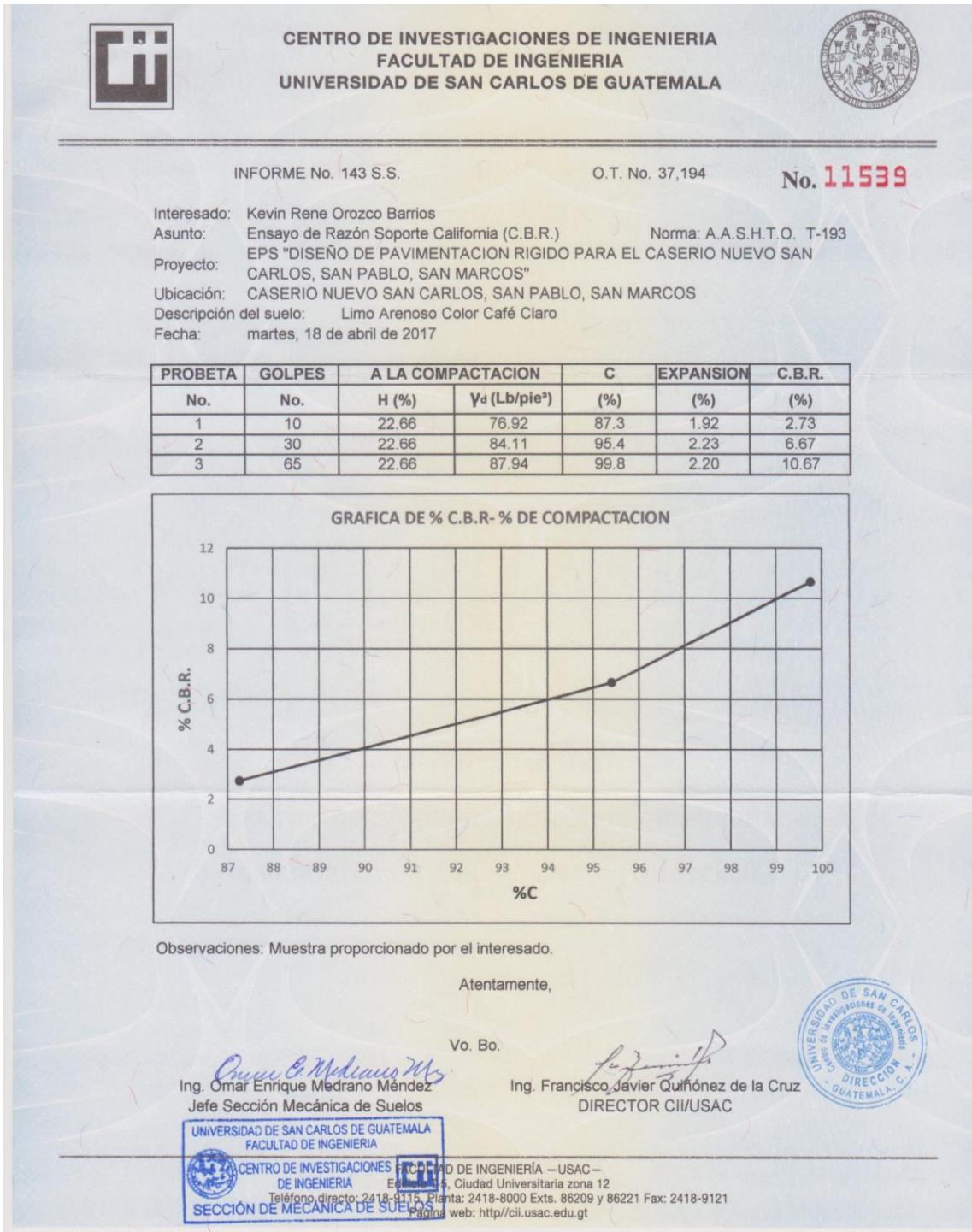


---

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
SECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS

FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>


Continuación anexo 1.




Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala.



**Anexo 2. Ensayos de calidad de agua para sistema de abastecimiento de agua potable en caseríos Santo Domingo II y El Naranjal, municipio de San Pablo, San Marcos**



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



---

O.T. No. 37132

**EXAMEN BACTERIOLOGICO**

**No. 10072**

INTERESADO: KEVIN RENÉ OROZCO BARRIOS,  
CARNÉ No. 201114234

PROYECTO: EPS "DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LOS CASERÍOS SANTO DOMINGO II, SAN PABLO, SAN MARCOS"

MUESTRA RECOLECTADA POR: Interesado

DEPENDENCIA: FACULTAD DE INGENIERIA, USAC

LUGAR DE RECOLECCIÓN DELA MUESTRA: Caserío Villa Nueva Tajumulco

FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: 2017-03-07, 16 h50 min.

FUENTE: Peña 1

FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO: 2017-03-08, 08 h41 min.

MUNICIPIO: San Pablo

CONDICIONES DE TRANSPORTE: Con refrigeracion

DEPARTAMENTO: San Marcos

SABOR: ---- SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN: No hay

ASPECTO: Clara CLORO RESIDUAL: \_\_\_\_\_

OLOR: Inodora

**INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI – AEROGENES)**


PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION 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 GERMENES COLIFORMES/100cm <sup>3</sup>		48	1,8

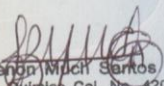
**TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. – W.E.F. 21<sup>TM</sup> NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.**

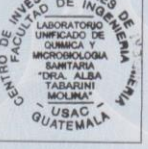
**OBSERVACIONES:** Bacteriológicamente el agua se enmarca en la CLASIFICACIÓN I. Calidad bacteriológica que no exige más que un simple tratamiento de desinfección. Según Normas de Calidad para Fuentes de Agua, de las Normas Internacionales para el Agua Potable, de la Organización Mundial de la Salud. (O.M.S.)

Guatemala, 2017-03-20

Vo.Bo.   
**Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz**  
**DIRECTOR CII/USAC**




  
**Zenón Michel Santos**  
Ing. Químico Col. No. 420  
MSc. en Ingeniería Sanitaria  
Jefe Técnico Laboratorio




FACULTAD DE INGENIERÍA – USAC –  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Continuación anexo 2.



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



---

O.T. No. 37 132

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO SANITARIO

**No. 10071**  
INF. No. 26 908

INTERESADO: <b>KEVIN RENÉ OROZCO BARRIOS,</b> CARNÉ No. 201114234		PROYECTO: <b>EPS "DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LOS CASERÍOS SANTO DOMINGO II, SAN PABLO, SAN MARCOS"</b>	
RECOLECTADA POR: <u>Interesado</u>	DEPENDENCIA: <u>FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC</u>		
LUGAR DE RECOLECCIÓN: <u>Caserío Villa Nueva Tajumulco</u>	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2017-03-07; 16 h 50 min.</u>		
FUENTE: <u>Peña 1</u>	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LAB.: <u>2017-03-08; 08 h 41 min.</u>		
MUNICIPIO: <u>San Pablo</u>	CONDICIÓN DEL TRANSPORTE: <u>Con refrigeración</u>		
DEPARTAMENTO: <u>San Marcos</u>			

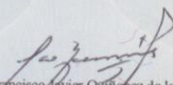
RESULTADOS			
1. ASPECTO: <u>Clara</u>	4. OLOR: <u>Inodora</u>	7. TEMPERATURA: (En el momento de recolección) <u>--</u>	
2. COLOR: <u>01,00 Unidades</u>	5. SABOR: <u>-----</u>	8. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA <u>111,10 µmhos/cm</u>	
3. TURBIEDAD: <u>00,96 UNT</u>	6. potencial de Hidrógeno (pH): <u>06,43 unidades</u>	9. SÓLIDOS DISUELTOS: <u>55,00 mg/L.</u>	
SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L
1. CALCIO (Ca)	13,63	6. CLORUROS (Cl)	09,50
2. NITRITOS (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	0,014	7. MAGNESIO (Mg)	06,81
3. NITRATOS (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	12,90	8. SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	06,00
4. CLORO RESIDUAL	--	9. HIERRO TOTAL (Fe)	00,00
5. MANGANESO (Mn)	0,001	10. DUREZA TOTAL	62,00
HIDROXIDOS mg/L	CARBONATOS mg/L	BICARBONATOS mg/L	ALCALINIDAD TOTAL mg/L
00,00	00,00	46,00	46,00


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

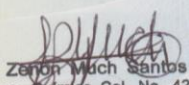
**OBSERVACIONES:** Desde el punto de vista físico y químico las determinaciones arriba indicadas cumplen con las normas. Según normas de Calidad para Fuentes de Agua, de las Normas Internacionales para el Agua Potable, de la Organización Mundial de la Salud (O.M.S.)


**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>ST</sup> EDITION 2 005, NORMAS COGUANOR NGO 4 010 (SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES) Y 29001 (AGUA POTABLE Y SUS DERIVADAS), GUATEMALA.**

Guatemala, 2017-03-20

Vo.Bo.   
Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz  
DIRECTOR CII/USAC



  
**Zenón Much Santos**  
Ing. Químico Col. No. 420  
MSc. en Ingeniería Sanitaria  
Jefe Técnico Laboratorio



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
LABORATORIO UNIFICADO DE QUÍMICA Y MICROBIOLOGÍA SANITARIA  
"DRA. ALBA TABARINI MOLINA"  
USAC  
GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA –USAC–  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala.