



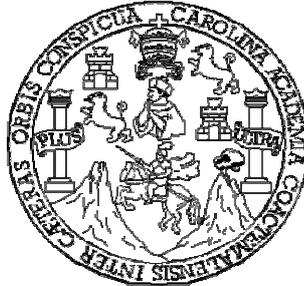
Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
SANITARIO PARA LOS CASERÍOS OJO DE AGUA, SAN PEDRITO Y
ESQUIPULAS DE LA ALDEA SAN ANDRÉS CHÁPIL Y PUENTE
VEHICULAR DE 38.80 m PARA ALDEA PIEDRA GRANDE, EN EL
MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN
MARCOS**

Josué Alejandro Orozco Fuentes
Asesorado por el Ing. Angel Roberto Sic García

Guatemala, octubre de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
SANITARIO PARA LOS CASERÍOS OJO DE AGUA, SAN PEDRITO Y
ESQUIPULAS DE LA ALDEA SAN ANDRÉS CHÁPIL Y PUENTE
VEHICULAR DE 38.80 m PARA ALDEA PIEDRA GRANDE, EN EL
MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN
MARCOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JOSUÉ ALEJANDRO OROZCO FUENTES

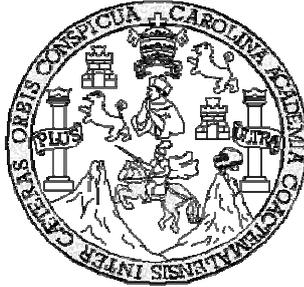
ASESORADO POR EL ING. ÁNGEL ROBERTO SIC GARCÍA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria.
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Isuur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Dilma Janet Mejicanos Jol
EXAMINADOR	Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz
EXAMINADOR	Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE COMITÉ EXAMINADOR

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

PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LOS CASERÍOS OJO DE AGUA, SAN PEDRITO Y ESQUIPULAS DE LA ALDEA SAN ANDRÉS CHÁPIL Y PUENTE VEHICULAR DE 38.80 m PARA ALDEA PIEDRA GRANDE, EN EL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS,

tema que me fue asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 12 de septiembre de 2003.

Josué Alejandro Orozco Fuentes

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Quien, a través de su infinita misericordia, me dió otra oportunidad de vivir y permitió mi recuperación de salud, cuando la vida me presentó razones para llorar me ha demostrado, en cada, momento que uno de sus propósitos, para mí, es el valorar los buenos momentos para sonreír y agradecer sus bendiciones al darme las fuerzas para poder alcanzar el éxito al culminar mi carrera universitaria.

Mis padres

Manfredo Wanerges Orozco Orozco y Yolanda Idalia Fuentes Santiesteban de Orozco. Gracias por brindarme, incondicionalmente, su apoyo y enseñarme que, tanto en momentos buenos como difíciles, los valores espirituales y morales son esenciales en toda familia para salir adelante, Dios los bendiga.

Mis hermanos

Yolanda, Irma, Manfredo y Raúl. Quienes con su amor, apoyo y tiempo siempre están fortaleciendo mi vida.

Mis abuelitos

Nolberta Orozco de Orozco (Q.E.P.D.) y Feliciano Orozco (Q.E.P.D.) Clara Luz Santiesteban de Fuentes y Braulio Efraín Fuentes, por su cariño al

hacerme sentir querido en todo momento y darme siempre los ánimos para seguir adelante.

Las familias

Orozco Orozco y Fuentes Santiesteban, a cada uno de mis tíos y primos que día a día me hacen sentir dichosos por tener la bendición de contar con su apoyo en cada momento de mi vida.

Mis amigos

De San Pedro Sacatepéquez, la universidad y ciudad capital, en especial a: Jose Miguel, Juan Luis, Carlitos, Sergio, Abel, Anthony, Juan, Eduardo, Estuardo, Tito, Pablo, Lester, Milton, Manolo, Marwin, Diana, Delia, Andrea, Ximena, Lucia, Ingrid, Patricia, Cristina, Sherly, Vanesa, Wendi, Lic. Dorita, Fito, Belén y jóvenes del grupo misión amor. Gracias por su apoyo en esta victoria alcanzada.

El hospital

San Juan de Dios de Quetzaltenango, en especial al Dr. Rabí Rabin Mejia por su intervención quirúrgica que salvo mi vida y a todos los enfermeros del área de neurología por haber cuidado de mi salud en el tiempo que estuve internado.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IX
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XVII
RESUMEN	XXI
OBJETIVOS	XXIII
INTRODUCCIÓN	XXV

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía de la aldea San Andrés Chápil	1
1.1.1. Aspectos históricos	1
1.1.1.1. Origen del nombre	1
1.1.2. Aspectos físicos	1
1.1.2.1. Localización	2
1.1.2.2. Colindancias	2
1.1.2.3. Vías de acceso	2
1.1.2.4. Climatología	3
1.1.2.5. Características topográficas	3
1.1.2.6. Calidad del suelo	4
1.1.3. Demografía	4
1.1.3.1. Población	4
1.1.3.2. Distribución de viviendas	5
1.1.3.3. Tipología de viviendas	5
1.1.3.4. Diseño arquitectónico	6
1.1.4. Condición sociocultural	7
1.1.4.1. Educación	7

1.1.4.2.	Salud	7
1.1.4.3.	Religión y costumbres	8
1.1.4.4.	Cultura.....	9
1.1.5.	Condición económica	9
1.1.5.1.	Principales actividades económicas de los hombres	9
1.1.5.2.	Principales actividades económicas de las mujeres.....	9
1.1.5.3.	Nivel de ingreso económico familiar.....	10
1.1.6.	Organización política administrativa	10
1.1.6.1.	Organización política.....	10
1.1.6.2.	Organización administrativa	10
1.1.7.	Servicios existentes en la comunidad.....	12
1.1.7.1.	Agua potable	12
1.1.7.2.	Desechos sólidos	12
1.1.7.3.	Medios de transporte.....	13
1.1.7.4.	Energía eléctrica	13
1.1.7.5.	Teléfono	13
1.2.	Monografía de la aldea Piedra Grande	14
1.2.1.	Aspectos históricos.....	14
1.2.1.1.	Origen del nombre.....	14
1.2.2.	Aspectos físicos.....	14
1.2.2.1.	Localización.....	15
1.2.2.2.	Colindancias.....	15
1.2.2.3.	Vías de acceso.....	15
1.2.2.4.	Climatología	16
1.2.2.5.	Características topográficas	16
1.2.2.6.	Calidad del suelo.....	16
1.2.3.	Demografía.....	17

1.2.3.1.	Población.....	17
1.2.3.2.	Tipología de viviendas.....	17
1.2.3.3.	Diseño arquitectónico	18
1.2.4.	Condición sociocultural	18
1.2.4.1.	Educación.....	18
1.2.4.2.	Salud	19
1.2.4.3.	Religión y costumbres	19
1.2.4.4.	Cultura.....	20
1.2.5.	Condición económica.....	20
1.2.5.1.	Principales actividades económicas de los hombres	20
1.2.5.2.	Principales actividades económicas de las mujeres.....	20
1.2.5.3.	Nivel de ingreso económico familiar	21
1.2.6.	Organización política administrativa	21
1.2.6.1.	Organización política.....	21
1.2.6.2.	Organización administrativa	21
1.2.7.	Servicios existentes en la comunidad.....	22
1.2.7.1.	Agua potable	22
1.2.7.2.	Desechos sólidos	23
1.2.7.3.	Medios de transporte.....	23
1.2.7.4.	Energía eléctrica.....	23
1.2.7.5.	Teléfono	24

2. DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LOS CASERÍOS OJO DE AGUA, SAN PEDRITO Y ESQUIPULAS DE LA ALDEA SAN ANDRÉS CHÁPIL DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS

2.1.	Descripción del proyecto	25
2.2.	Bases de diseño.....	26
2.3.	Diseño del sistema.....	27
2.3.1.	Diseño hidráulico	27
2.3.1.1.	Período de diseño	27
2.3.1.2.	Población de diseño	28
2.3.1.3.	Cálculo de caudal sanitario	29
2.3.1.3.1.	Caudal domiciliar	29
2.3.1.3.2.	Caudal por conexiones ilícitas.....	30
2.3.1.4.	Factor de caudal medio	32
2.3.1.5.	Factor de flujo instantáneo	33
2.3.1.6.	Caudal de diseño	33
2.3.1.7.	Diseño de secciones y pendientes	33
2.3.1.8.	Velocidades máximas y mínimas	34
2.3.1.9.	Cotas invert	34
2.3.1.10.	Diámetro de tubería.....	35
2.3.1.11.	Pozo de visita	35
2.3.1.12.	Conexiones domiciliarias.....	36
2.3.1.13.	Profundidad de la tubería	37
2.3.1.14.	Principios hidráulicos.....	38
2.3.1.15.	Relacione hidráulicas	38
2.3.1.16.	Ejemplo de tramo	39
2.4.	Diseño de la red de alcantarillado sanitario.....	45
2.5.	Propuesta de tratamiento de aguas residuales	46
2.5.1.	Diseño de fosa séptica	47
2.6.	Presupuesto del sistema de alcantarillado sanitario	50
2.7.	Cronograma de trabajo físico – financiero del proyecto	54
2.8.	Evaluación de impacto ambiental.....	55
2.8.1.	Definición del estudio.....	55

2.8.2.	Fines de la evaluación de impacto ambiental	56
2.8.3.	Medidas de mitigación	59
2.8.3.1.	En operación	59
2.8.3.2.	En construcción	60
2.9.	Evaluación socio económica	61
2.9.1.	Valor Presente Neto	62
2.9.2.	Tasa Interna de Retorno	65

3. DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR DE 38.80 m, PARA ALDEA PIEDRA GRANDE DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS

3.1.	Especificaciones técnicas sobre puentes	67
3.1.1.	Criterios técnicos	67
3.1.2.	Normas aplicables de diseño	68
3.1.3.	Recomendaciones de ejecución y supervisión	68
3.2.	Estudios topográficos, hidrológico y de suelos	69
3.2.1.	Levantamiento topográfico: altimetría y planimetría	69
3.2.2.	Estudio hidrológico e hidráulico	69
3.2.2.1.	Método racional	70
3.2.3.	Localización de crecida máxima y extramáxima	73
3.2.4.	Estudio de suelo	74
3.3.	Análisis estructural	75
3.3.1.	Líneas de influencia	75
3.3.2.	Línea de influencia para vigas	76
3.3.2.1.	Cargas	76
3.3.3.	Cargas vivas para puentes	79
3.4.	Diseño de la superestructura	81
3.4.1.	Diseño de la losa	81

3.4.1.1.	Ancho del puente	81
3.4.1.2.	Espesor de losa.....	81
3.4.1.3.	Cálculo de momentos.....	82
3.4.1.4.	Cálculo de refuerzo	84
3.4.2.	Diseño de vigas principales	86
3.4.2.1.	Integración de carga muerta y viva	87
3.4.2.2.	Cálculo de sobrecarga	88
3.4.2.3.	Cálculo de corte y momento por carga muerta....	89
3.4.2.4.	Cálculo de corte y momento por carga viva	90
3.4.2.5.	Cálculo de sobrecarga por impacto.....	93
3.4.2.6.	Cálculo de corte y momento últimos de diseño ..	94
3.4.2.7.	Cálculo de refuerzo a tensión.....	94
3.4.2.8.	Cálculo de refuerzo a corte	96
3.4.3.	Diseño de diafragmas.....	98
3.4.3.1.	Diseño de diafragmas internos.....	99
3.4.3.2.	Diseño de diafragmas externos.....	101
3.4.4.	Diseño de los pasamanos	103
3.4.4.1.	Cálculo de la resistencia de los tubos y postes .	104
3.4.4.2.	Cálculo del refuerzo	106
3.4.5.	Diseño de la banqueta.....	108
3.4.5.1.	Integración de carga muerta y viva	108
3.4.5.2.	Cálculo del refuerzo	110
3.4.6.	Diseño de apoyos de neopreno.....	111
3.5.	Diseño de la subestructura.....	115
3.5.1.	Diseño del estribo	115
3.5.1.1.	Carga muerta y carga viva actuantes.....	115
3.5.1.2.	Cálculo del momento de volteo	119
3.5.1.3.	Cálculo del momento estabilizante.....	120
3.5.1.4.	Cálculo del pie.....	123

3.5.1.5.	Cálculo del talón	125
3.5.1.6.	Cálculo de la pantalla	126
3.5.1.7.	Cálculo del refuerzo.....	127
3.5.2.	Diseño de los aleros	128
3.5.2.1.	Cálculo de momentos.....	129
3.5.2.2.	Cálculo de empuje de tierra.....	129
3.5.2.3.	Cálculo de refuerzo	131
3.5.3.	Diseño de la viga de apoyo.....	133
3.5.4.	Diseño de la cortina	135
3.5.4.1.	Cálculo de carga muerta y viva	135
3.5.4.2.	Cálculo de fuerzas horizontales.....	136
3.5.4.3.	Cálculo de empuje de tierra.....	136
3.5.4.4.	Cálculo de refuerzo	138
3.5.5.	Diseño de pila central	139
3.5.5.1.	Diseño de la viga de apoyo	140
3.5.5.2.	Carga muerta y carga viva actuantes	142
3.5.5.3.	Cálculo del momento de volteo	147
3.5.5.4.	Cálculo del momento estabilizante	148
3.5.5.5.	Diseño de la columna central	151
3.5.5.6.	Diseño de la zapata principal.....	158
3.5.5.7.	Cálculo de refuerzo	160
3.5.6.	Presupuesto del proyecto	162
3.5.7.	Cronograma de trabajo físico financiero del proyecto.....	168
CONCLUSIONES		169
RECOMENDACIONES		171
BIBLIOGRAFÍA		173
ANEXOS		175

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Partes de un pozo de visita	36
2.	Conexiones domiciliarias.....	37
3.	Diagrama de flujo efectivo	63
4.	Diagrama de Tasa Interna de Retorno	66
5.	Cuenca hidrográfica en estudio	71
6.	Línea de influencia para la reacción A sobre la viga AB.....	77
7.	Línea de influencia para una viga sometida a una carga uniforme W .	78
8.	Línea de influencia para una viga sometida a cargas concentradas ...	79
9.	Carga de camión HS 20-44	80
10.	Sección transversal del puente vehicular	81
11.	Sobrecarga ocasionada por el camión sobre las vigas.....	88
12.	Determinación del centro de gravedad del camión.....	91
13.	Centro de gravedad del camión.....	92
14.	Determinación de la carga crítica de corte.....	93
15.	Detalle de cargas aplicadas para el diseño de los pasamanos	103
16.	Detalle de cargas aplicadas para el diseño de la banqueta.....	108
17.	Dimensiones y cargas que actúan sobre el estribo	116
18.	Detalle de dimensiones de los aleros	128
19.	Cargas que actúan sobre los aleros	130
20.	Dimensiones de la cortina y la viga de apoyo.....	133
21.	Dimensiones de la viga de apoyo	140
22.	Dimensiones y cargas que actúan sobre la pila central.....	142
23.	Columna rectangular equivalente	154

24.	Diagrama de momento vrs. cargas de la columna central.....	158
25.	Cálculo hidráulico ramales 1,2,3,4,5 y 6.....	175
26.	Cálculo hidráulico ramales 6,7,8,9,10,11,12 y 13.....	175
27.	Cálculo hidráulico ramal 13.....	175
28.	Plano planta de conjunto drenaje sanitario.....	180
29.	Plano de distribución de ramales drenaje sanitario.....	180
30.	Plano planta - perfil ramal 1.....	180
31.	Continuación plano planta - perfil ramal 1.....	180
32.	Plano planta - perfil ramales 2 y 3,.....	180
33.	Plano planta - perfil ramales 4 - 5 y 6.....	180
34.	Plano planta - perfil ramales 7 - 8 y 9.....	180
35.	Plano planta - perfil ramal 10.....	180
36.	Plano planta - perfil ramales 10 y 11.....	180
37.	Plano planta - perfil ramal 12.....	180
38.	Plano planta perfil ramal 13.....	180
39.	Continuación plano planta perfil - ramal 13.....	180
40.	Continuación plano planta perfil - ramal 13.....	180
41.	Plano detalles de pozos de visita.....	180
42.	Plano de detalle de fosa séptica.....	180
43.	Plano de detalle de acometida domiciliar.....	180
44.	Plano de localización de estructura.....	198
45.	Plano de perfil longitudinal de la estructura.....	198
46.	Plano de armado de losa y secciones.....	198
47.	Plano de armado de vigas, diafragmas, banquetas y barandales.....	198
48.	Plano de armado de armado de estribos, apoyos de neopreno.....	198
49.	Plano de armado de columna y zapata central.....	198

TABLAS

I.	Distancias relativas para acceder a la aldea San Andrés Chápil.....	2
II.	Clasificación de las viviendas en la aldea San Andrés Chápil.....	6
III.	División política de la aldea San Andrés Chápil	10
IV.	Integración de la alcaldía auxiliar aldea San Andrés Chápil, del 2005	11
V.	Distancias relativas para acceder a la aldea Piedra Grande	15
VI.	Clasificación de las viviendas en la aldea Piedra Grande	18
VII.	División política de la aldea Piedra Grande	21
VIII.	Integración de la alcaldía auxiliar aldea Piedra Grande, del 2005.....	22
IX.	Relaciones hidráulicas para tubería PVC	39
X.	Valores de As y a.....	49
XI.	Integración de costos totales de obra del drenaje sanitario	50
XII.	Costos Unitarios del drenaje sanitario por renglón	51
XIII.	Cronograma de trabajo físico - financiero del drenaje sanitario.....	54
XIV.	Lista de control de impactos ambientales del drenaje sanitario.....	56
XV.	Resultado del estudio de suelos	74
XVI.	Integración de cargas muertas que actúan sobre el estribo	116
XVII.	Fuerzas de sismo que actúan sobre el estribo	117
XVIII.	Cargas vivas que actúan sobre el estribo.....	117
XIX.	Empujes ejercidos por presión de tierra sobre el estribo.....	118
XX.	Fuerzas horizontales de empuje que actúan sobre el estribo.....	119
XXI.	Cargas de sismo y empuje de tierra actuantes sobre la pantalla	126
XXII.	Empuje ejercido por presión de tierra	126
XXIII.	Integración de carga muerta que actúa sobre la pila central	143
XXIV.	Cargas vivas que actúan sobre la pila central	144
XXV.	Fuerzas de sismo que actúan sobre la pila central.....	144
XXVI.	Fuerzas de agua y de tierra que actúan sobre la pila central	146
XXVII.	Fuerzas horizontales que actúan sobre la pila central.....	146

XXVIII.	Cargas muertas que actúan sobre la columna	151
XXIX.	Cargas vivas que actúan sobre la columna.....	151
XXX.	Fuerzas debido al sismo que actúan sobre la columna.....	152
XXXI.	Fuerzas de empuje que actúan sobre la columna.....	152
XXXII.	Fuerzas horizontales que actúan sobre la columna	152
XXXIII.	Puntos del diagrama de momento vrs. cargas de la columna central .	157
XXXIV.	Integración de costos totales de obra del puente vehicular.....	162
XXXV.	Costos unitarios de materiales del puente vehicular por renglón	162
XXXVI.	Cronograma de trabajo físico – financiero del puente vehicular	168

LISTA DE SÍMBOLOS

Km	Kilómetro (s)
m	Metro (s)
r	Tasa de crecimiento de la población
%	Por ciento
v	Velocidad del flujo en la alcantarilla
V	Velocidad del flujo a sección llena
d	Altura del tirante de agua en la alcantarilla
D	Diámetro de la tubería
a	Área que ocupa el tirante de agua en la alcantarilla
A	Área de la tubería (en caso a/A)
A	Área de terreno (en el caso $Q=CIA$)
q	Caudal de diseño
Q	Caudal a sección llena de la tubería
v/V	Relación de velocidades
d/D	Relación de diámetros
a/A	Relación de áreas
q/Q	Relación de caudales
m/s	Metros por segundo (velocidad)
I	Intensidad de lluvia en mm
C	Coefficiente de escorrentía de una superficie
A	Área en cm^2
mm/h	Milímetros por hora
FH	Factor de Harmond
P	Población
n	Coefficiente de rugosidad

R	Radio
S	Pendiente
Q_{DOM}	Caudal domiciliario
Q_{COM}	Caudal comercial
Q_{IND}	Caudal industrial
Q_{INF}	Caudal de infiltración
Q_{CI}	Caudal por conexiones ilícitas
Min	Mínima
Max	Máxima
P.V.C.	Material fabricado a base de cloruro de polivinilo
msnm	Metros sobre nivel del mar
VPN	Valor presente neto
TIR	Tasa interna de retorno
Lts/hab/día	Litros por habitante por día
m²	Metros cuadrados
m³	Metros cúbicos
m³/día	Metros cúbicos por día
hab	Habitantes
S%	Pendiente en porcentaje
ACI	Instituto americano del concreto
AASHTO	Asociación americana de carreteras y puentes
A_s	Área de cuantía de acero de refuerzo
A_{smin}	Área de cuantía de acero mínimo
A_{smax}	Área de cuantía de acero máximo
cm	Centímetros
d	Peralte efectivo de un elemento
e	Excentricidad
E_q	Carga sísmica
E_t	Empuje de tierra

f'c	Esfuerzo de fluencia del concreto
fy	Esfuerzo de fluencia del acero
h	Altura
Kg/m³	Kilogramo por metro cúbico
Kg/m²	Kilogramo por metro cuadrado
L	Claro o luz considerada a rostro de los elementos
Lb	Libras
Mu	Momento último
ml	Metro lineal
Pf	Carga de frenado
Ptv	Carga de temperatura
psi	Libras sobre pulgada cuadrada
Pu	Carga última
Plg	Pulgada
Qmin	Carga admisible mínima del terreno
Qmax	Carga admisible máxima del terreno
R	Reacción
t	Peralte total de un elemento
CBR	Valor soporte del suelo
W	Carga
Y	Centróide
@	A cada
Ø	Diámetro
δ	Magnificador de momento

GLOSARIO

Aguas negras	El agua que se desecha, después de haber servido para un fin, puede ser doméstica, comercial o industrial.
Aguas servidas	Sinónimo de aguas negras.
Anaeróbico	Condición en la cual hay ausencia de aire u oxígeno libre.
Aleros	Unidades destinadas a contener el relleno proveniente del terraplén de aproximación.
Banqueta	Espacio destinado para la circulación de peatones construida generalmente de concreto hidráulico.
Bacteria	Grupo de organismos microscópicos unicelulares, rígidos y carentes de clorofila, los cuales desempeñan una serie de procesos de tratamiento, incluyendo oxidación biológica, digestión, nitrificación y desnitrificación.
Candela	Receptáculo donde se reciben las aguas negras provenientes del interior de la vivienda y que conduce al sistema de drenaje.

Colector	Conjunto de tuberías, canales, pozos de visita y obras accesorias que sirven para el desalojo de aguas negras o aguas de lluvia, pluviales.
Confiabilidad	Seguridad de un componente o sistema para resistir amenazas.
Cota invert	Cota o altura de la parte inferior interior del tubo ya instalado.
Cimentación	Elemento estructural que distribuye las cargas provenientes de la superestructura al suelo.
Descarga	Lugar a donde se vierten las aguas negras provenientes de un colector, sean crudas o tratadas.
Diafragmas	Elementos estructurales que dan rigidez torsional al puente y distribuyen las cargas laterales de viento y sismo.
Estribo	Estructura en los extremos del puente que soportan las cargas de la superestructura y las transmiten al suelo.
Fenómeno natural	Manifestación de las fuerzas de la naturaleza, como terremotos, huracanes, erupciones volcánicas, etc.

Fosa séptica	Proceso de tratamiento primario del agua residual, en donde se separan o eliminan la mayoría de sólidos suspendidos en el agua, mediante el proceso físico de asentamiento.
Losa	Elemento estructural plano que soporta directamente las cargas provenientes al tráfico y las transmite a los apoyos.
Subestructura	Está compuesta por la losa, vigas principales, diafragmas internos y externos, barandales, banquetas.
Superestructura	Está compuesta por los elementos que soportan el puente, como las vigas de apoyo, estribos, pila, columna central y zapata.
Medidas de mitigación	Conjunto de acciones y obras a implementar antes del impacto de las amenazas, para disminuir la vulnerabilidad de los componentes y sistemas.
Monografía	Breve descripción de las características físicas, económicas, sociales y culturales de una región o pueblo o tratamiento específico de un tema.
Planimetría	Está definida como el conjunto de trabajos necesarios para representar, gráficamente, la

superficie de la tierra, tomando como referencia el norte para su orientación.

Pozo de visita Estructura subterránea que sirve para cambiar de dirección, pendiente, diámetro, unión de tuberías, y para iniciar un tramo de drenaje.

Tirante Altura de las aguas negras dentro de la alcantarilla.

Topografía Ciencia y arte de determinar posiciones relativas de puntos situados encima de la superficie terrestre y debajo de la misma.

Valor soporte Capacidad de carga de un suelo, que es dado en unidades de fuerza por unidad de área.

Volteo Es el momento de la fuerza horizontal, que tiene a voltear a un elemento respecto al borde exterior.

RESUMEN

El trabajo trata acerca del diseño del sistema de alcantarillado sanitario para los caseríos Ojo de Agua San Pedrito y Esquipulas, de la aldea San Andrés Chápil y puente vehicular de 38.80 m para la aldea Piedra Grande, en el municipio de San Pedro Sacatepéquez, departamento de San Marcos.

En el capítulo 1, se presenta una breve monografía de las aldeas donde se realizaron los estudios para la elaboración de los proyectos mencionados en el municipio de San Pedro Sacatepéquez, departamento de San Marcos. Dado que los aspectos socio-culturales y económicos de los beneficiarios son fundamentales para ubicar un marco referencial en el desarrollo de infraestructura que beneficie a las comunidades.

En el capítulo 2, se describen los aspectos técnicos, metodológicos, económicos y de impacto ambiental necesarios para el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario. Para el análisis de los datos recabados se ejemplifica cómo diseñar un tramo en el sistema de alcantarillado, tomando una población de saturación de las comunidades beneficiadas, con una media de 6 habitantes por vivienda. Cabe señalar que el proyecto tomó como base las normas ASTM 3034 para tubería de PVC y se propone un tratamiento primario para las aguas servidas, el cual consiste en una fosa séptica.

En el capítulo 3, contiene el diseño del puente vehicular en la aldea Piedra Grande del municipio de San Pedro Sacatepéquez, departamento de San Marcos. En el mismo, se detalla la memoria de cálculo de los elementos que

conforman la superestructura y subestructura con énfasis en las normas nacionales e internacionales aplicadas en su análisis. Además, incluye el presupuesto, cálculo de materiales, costos totales de obra y cronograma físico-financiero del proyecto.

OBJETIVOS

Generales

1. Diseñar el sistema de alcantarillado sanitario para los caseríos Ojo de Agua, San Pedrito y Esquipulas, de la aldea San Andrés Chápil del municipio de San Pedro Sacatepéquez, departamento de San Marcos.
2. Diseñar el puente vehicular de 38.80 m para la aldea Piedra Grande del municipio de San Pedro Sacatepéquez, departamento de San Marcos.

Específicos

1. Mejorar la calidad de vida de los habitantes de los caseríos que intervienen en el diseño del drenaje sanitario, tomando como referencia los problemas ambientales como de saneamiento y, asimismo, han repercutido en la salud de los pobladores por la falta de un sistema de alcantarillado sanitario.
2. Contribuir a la ampliación de la comunicación entre las comunidades, gracias a la construcción del puente vehicular que garantice una dinámica económica y social en beneficio de la población en general.
3. Aplicar los conocimientos en el diseño y análisis estructural de puentes vehiculares.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación es una proyección social de la Universidad de San Carlos de Guatemala a través del Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Ingeniería a la comunidad, con la finalidad de aplicar los conocimientos teóricos adquiridos en el proceso de formación académica y aplicarlo a la solución de problemas reales que contribuyan a través de la inversión, al desarrollo de Guatemala.

Ante lo descrito se prioriza el estudio de los siguientes proyectos.

- Drenaje sanitario para los caseríos Ojo de Agua, San Pedrito y Esquipulas de la aldea San Andrés Chápil.
- Puente vehicular de 38.80 m para la aldea Piedra Grande.

Ambos proyectos se encuentran ubicados en el área rural del municipio de San Pedro Sacatepéquez, departamento de San Marcos. Esto conlleva enfocar el esfuerzo como solución del problema para realizar el proyecto de drenaje sanitario para la comunidad en estudio y eliminar las enfermedades de origen hídrico o infecto-contagioso que se originan por la contaminación de fuentes de agua, mediante la provisión de servicios de recolección y tratamiento de aguas servidas. Además, solucionar los problemas viales que sufren los caseríos de la aldea Piedra Grande por la falta de un puente vehicular que les facilite la realización de sus actividades cotidianas.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía de la aldea San Andrés Chápil

1.1.1. Aspectos históricos

Según la historia de la Aldea San Andrés Chápil, los primeros moradores de la aldea fueron los señores Juárez que emigraron de la ciudad Unión Juárez, México, y la señora Felipa Santos, quien compró tierras a la Municipalidad y Jefatura Política de aquel entonces, a un costo de veinticinco centavos de peso la cuerda de terreno, en ese tiempo se contaban con 11 caballerías. Antiguamente Chápil era un paraje, que fue fundado aproximadamente en el año 1,880 y fue registrada como aldea por Acuerdo Gubernativo del 29 de mayo de 1,959.

1.1.1.1. Origen del nombre

Su nombre original en mam es CHAP que quiere decir cangrejo, ya que los pobladores de esos tiempos llevaban sus aguas de la cabecera al Cantón Ojo de Agua a flor de tierra. Después de llamarse Chápil, los moradores adquirieron una imagen y le llamaron San Andrés, fue en el año 1,800 que el nombre de la aldea se cambió de Chápil a San Andrés Chápil.

1.1.2. Aspectos físicos

La comunidad posee una precipitación pluvial promedio de 1160.90 mm anuales, de mayo a octubre. Tiene una temperatura promedio anual de 13.3 °C. Humedad relativa promedio anual 86%, evapotranspiración promedio anual 2.8 mm.

1.1.2.1. Localización

La aldea San Andrés Chápil, se encuentra ubicada al sureste de la Sierra Madre y pertenece a la jurisdicción del Municipio de San Pedro Sacatepéquez, del Departamento de San Marcos. Se localiza entre la latitud norte 14°59'44.8" y longitud oeste 91°46'51.8 ", con una altura de 2,500 msnm.

1.1.2.2. Colindancias

San Andrés Chápil tiene las siguientes colindancias:

AL NORTE: Aldea Santa Rosa Serchil (San Pedro Sacatepéquez).

AL SUR: Cabecera municipal de San Pedro Sacatepéquez.

AL ESTE: Aldea Piedra Grande (San Pedro Sacatepéquez).

AL OESTE: Aldea San José Caben (San Pedro Sacatepéquez).

1.1.2.3. Vías de acceso

Para acceder a la Aldea San Andrés Chápil, desde la ciudad capital de Guatemala se recorren 255.25 Km. de la forma siguiente:

Tabla I. Distancias relativas para acceder a la aldea San Andrés Chápil.

De	A	Km.	Tipo	Ruta
Ciudad Guatemala	San Pedro Sacatepéquez	249	Asfalto	CA1
San Pedro Sacatepéquez	San Andrés Chápil	6.25	Asfalto	RN12

1.1.2.4. Climatología

El clima generalmente es frío con presencia de niebla. Se marcan dos estaciones climáticas durante el año:

- La lluviosa o invierno que comprende los meses de abril a noviembre.
- La estación seca o verano que va de los meses de noviembre a marzo, la cual registra un régimen de baja temperatura específicamente entre noviembre a enero, donde se presentan heladas que afectan a cultivos de la época existentes en el área.

Algunas de las características climatológicas de la aldea son según fuente INSIVUMEH, estación climatológica San Marcos Latitud 14°57'24", Longitud 91°48'11", altitud 2420 msnm:

- Humedad relativa varía de un 70% a 87%.
- Temperatura máxima 20 grados centígrados, mínima 6.5 grados centígrados y promedio 13.25 grados centígrados.
- Vientos predominantes se registran en dirección noroeste, durante los meses de noviembre a abril.

1.1.2.5. Características topográficas

La topografía de la aldea San Andrés Chápil va de ondulada a plana en la parte central y parte baja de la población, hasta pronunciada en la parte alta.

1.1.2.6. Calidad del suelo

Dentro del área que ocupa la comunidad se encuentran suelos franco arcillosos principalmente en los terrenos con pendiente, y suelo franco limoso en los terrenos de superficie ondulada a plana.

1.1.3. Demografía

La mayor parte de las personas de la aldea San Andrés Chápil son agricultores dedicados a cultivar especies propias del clima en sus tierras. Tienen varios cultivos principales, entre los cuales podemos mencionar: maíz, frijol, tomate, cebolla, chile, brócoli, algunas personas en menor cantidad, crían aves de corral, ganado o cerdos para hacer negocios, siendo otra fuente de ingresos para los habitantes de la comunidad.

Algunas personas de la comunidad trabajan tanto en la cabecera departamental como en la cabecera municipal en construcción, artesanías representada principalmente por la elaboración de telas típicas, trabajos relacionados con la panadería, mientras que un porcentaje de la población emigra hacia Estados Unidos en busca de mejores condiciones de vida, elevando esta situación el nivel económico de la comunidad, por arriba del nivel de subsistencia.

1.1.3.1. Población

La aldea San Andrés Chápil se caracteriza por presentar una población con un 49.04% de género masculino y 50.96% de género femenino. En cuanto a la relación de masculinidad esta se sitúa en 96.24%; esto indica que por cada 100 mujeres existen 96 hombre. Presenta una población donde el 38.51% son

niños y el 56.69% son adultos, lo cual refleja un perfil de población joven y un grupo de población en edad activa, por otro lado se encuentra un 4.80% de la población que representa a los adultos mayores. Al igual que en la cabecera municipal esta comunidad es de origen mam, sin embargo actualmente el grupo étnico predominante es el que se considera no indígena.

1.1.3.2. Distribución de viviendas

La construcción de viviendas en aldea San Andrés Chápil es diversa, de acuerdo a la información recopilada y por medio de la observación directa realizada en la etapa de investigación de campo del lugar, las condiciones en que habitan la mayoría de personas en esta comunidad son aceptables, sin embargo, hay muchos pobladores que viven en condiciones difíciles por carecer de servicios básicos en sus viviendas, debido al escaso nivel económico que poseen. Dichas familias tienen pocas posibilidades de obtener un crédito en los bancos o instituciones que cuentan con fondos para mejorar la vivienda guatemalteca.

1.1.3.3. Tipología de viviendas

La aldea San Andrés Chápil cuenta con un número de viviendas de 909 de las cuales según datos obtenidos por medio del XI Censo Población y VI de habitación 2002, realizado por el Instituto Nacional de Estadística (cifras preliminares) están clasificadas de la siguiente forma:

Tabla II. Clasificación de las viviendas en la aldea San Andrés Chápil

Tipo de viviendas						
Comunidad	Casa formal	Apartamento	Palomar	Rancho	Improvisada	Otro tipo
San Andrés Chápil	899	2	-	1	5	2

1.1.3.4. Diseño arquitectónico

En general, las viviendas en esta aldea presentan condiciones apropiadas, tienen buena iluminación y ventilación, con los ambientes separados; son pocas las viviendas que presentan limitaciones para sus habitantes, especialmente por carecer de servicios básicos (agua entubada y clorada). Es frecuente encontrar que en una vivienda habitan más de una familia, la construcción de las viviendas se marca por la utilización de diversos materiales de los cuales en su mayoría se destaca el adobe, block, ladrillo para la construcción de paredes; terraza, lámina y teja de barro para la construcción de techos; concreto, piso mosaico y tierra para la construcción de pisos.

En viviendas que no cuentan con ambientes separados y/o donde vive más de una familia, se produce un problema de hacinamiento que afecta a quienes la habitan, sobre todo porque el uso de leña para la elaboración de alimentos permite la producción de gases que al ser inhalados provocan graves daños en la salud. Además, las viviendas que cuentan con pisos de tierra, se constituyen en un grave riesgo para la proliferación de enfermedades respiratorias y gastrointestinales, siendo la población infantil la más vulnerable.

1.1.4. Condición sociocultural

1.1.4.1. Educación

Guatemala tiene uno de los índices más altos de América Latina en analfabetismo, problema que se agrava en el área rural con fuerte incidencia en la población indígena. Las metodologías de enseñanza-aprendizaje son pasivas y no hay una adecuación de los calendarios y horarios escolares, ni relación de los contenidos educativos con las necesidades, intereses, culturas e idiomas locales, especialmente en el caso de las poblaciones campesinas.

En aldea San Andrés Chápil y sus caseríos, la población escolar que tiene el nivel primario dentro de su formación alcanza el 59.37% sin embargo, un dato que es de suma importancia es el de quienes no tienen ningún nivel de escolaridad, que corresponden al 23.92%, siendo este grupo de la población a quienes se debe prestar atención especial e incluirla dentro de los programas de educación.

El 14.68% han realizado estudios de nivel medio, lo que les permite tener conocimientos que les facilite el acceso a oportunidades de trabajo con mejores salarios y/o continuar estudios superiores, tal y como lo ha hecho el 1.40% de la población de esta aldea.

1.1.4.2. Salud

En aldea San Andrés Chápil funciona una unidad mínima de salud que forma parte de los servicios públicos de salud del municipio y está bajo la coordinación del centro de salud ubicado en la cabecera municipal de San Pedro Sacatepéquez, cuenta con una enfermera auxiliar del centro de salud

que acude a la comunidad para atender a la población en los programas de: control de niños, control de mujeres embarazadas, planificación familiar, control de vacunación, enfermedades comunes, y cuenta también con 5 comadronas capacitadas para dar atención a las mujeres de la comunidad.

Para problemas complejos de salud los habitantes recurren a clínicas particulares y hospitales privados ubicados en la cabecera municipal y la cabecera departamental así como, también recurren al Hospital Nacional de San Marcos.

1.1.4.3. Religión y costumbres

Según datos registrados en el primer diagnóstico participativo del municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Andrés Chápil presenta un 57% de población católica y un 43% de población evangélica.

Como todas las comunidades de Guatemala, en la aldea San Andrés Chápil aún se mantienen diversas tradiciones y costumbres, sobresaliendo:

- La celebración cuando se cortan las primeras hojas de milpa.
- La cofradía: esta actividad se realiza para celebrar al Patrono de la comunidad San Andrés, el 29 de noviembre de cada año.
- Procesión de San Andrés por las principales calles de la aldea, durante la feria titular de noviembre de cada año.
- Celebración de la navidad.
- Celebración de la semana santa, sobresaliendo la procesión y el recorrido de Judas.
- La celebración de la inauguración de casas nuevas.
- La petición de mano de novias.

- La celebración de matrimonios.
- Zarabandas.

1.1.4.4. Cultura

La población de la aldea pertenece a la etnia mam, por lo que antiguamente se hablaba el dialecto mam. La práctica de este dialecto ha disminuido, sin embargo, dentro del grupo de personas de mayor edad hablan el mam y el español. La población total habla el español.

1.1.5. Condición económica

1.1.5.1. Principales actividades económicas de los hombres

La actividad económica de los hombres en esta aldea se realiza a través de albañilería; la agricultura (granos básicos, verduras y frutas); el comercio (tiendas); manufactura (carpintería, sastrería, tejeduría, mecánica, etc.); y servicios profesionales (maestros, peritos contadores, dibujantes técnicos, ingenieros, etc.); pilotos automovilistas, etc.

1.1.5.2. Principales actividades económicas de las mujeres

Las mujeres de esta aldea que realizan actividades para generar ingresos económicos, lo hacen a través de prestación de servicios domésticos (comida, lavado, planchado y limpieza); producción y venta de animales domésticos y sus derivados (gallinas, vacas, conejos, etc.); y comercio agrícola (venta de verduras, flores, frutas); manufactura (artesanía textil, tejidos de punto, costureras); profesionales (maestras, auxiliares de enfermería, etc.).

1.1.5.3. Nivel de ingreso económico familiar

El ingreso promedio mensual familiar es de Q.900.00; basándose principalmente en la fuerza de trabajo como jornaleros, albañiles, comerciantes y agricultores.

1.1.6. Organización política administrativa

1.1.6.1. Organización política

La aldea San Andrés Chápil está dividida por las siguientes comunidades:

Tabla III. División política de la aldea San Andrés Chápil

Nombre de la comunidad
Aldea San Andrés Chápil (Centro)
Caserío Ojo de Agua
Caserío La Laguna
Caserío Oratorio
Cantón El Carmen
Cantón Esquipulas
Cantón Ixcá
Cantón Las Escobas
Cantón San Lorenzo
Cantón San Miguel
Cantón San Martín
Cantón San Pedrito
Cantón La Caballería

1.1.6.2. Organización administrativa

La principal organización administrativa de la aldea es la alcaldía auxiliar, la cual de acuerdo a lo establecido en el Artículo 56 del Código

Municipal Decreto 12-2002, es la entidad representativa de la comunidad, en especial para la toma de decisiones y como vínculo de relación con el gobierno municipal. Los miembros de las alcaldías auxiliares son nombrados por los vecinos y son remplazados en el mes de enero de cada año y se encuentran organizados para dar un mejor servicio al público en turnos semanales.

La alcaldía auxiliar de aldea San Andrés Chápil que tomó posesión en Enero de 2004, se integra de la siguiente manera:

Tabla IV. Integración de la alcaldía auxiliar de la aldea San Andrés Chápil, del 2006.

No.	Nombres y apellidos	Cargo
1	Bonifacio Egidio García Fuentes	Alcalde Auxiliar
2	Eduviges Margarito Juárez Orozco	Segundo Alcalde
3	Pedro Vitalino Fuentes Navarro	Primer Regidor
4	Justo Maximiliano de León García Fuentes	Segundo Regidor
5	Rogelio Alberto Escobar Vásquez	Tercer Regidor
6	Ovidio Aníbal Vásquez López	Cuarto Regidor
7	Misael Odilio Vásquez López	Primer Secretario
8	Edgar Peril López Orozco	Segundo Secretario

1.1.7. Servicios existentes en la comunidad

1.1.7.1. Agua potable

La población de aldea San Andrés Chápil que cuenta con servicio de agua domiciliar, es abastecida por un proyecto que capta el vital líquido de los nacimientos ubicados en el astillero municipal de San Pedro Sacatepéquez, por lo que no se cuenta con la capacidad para brindar un servicio de calidad. Es necesario buscar nuevas fuentes de abastecimiento para mejorar y ampliar la cobertura de este servicio vital para la población. También existen sistemas de riego abastecidos por medio de tubería y captados de nacimientos ubicados en terrenos privados.

1.1.7.2. Desechos sólidos

La aldea no cuenta con el servicio de recolector de basura, lo que provoca que los habitantes quemen la basura en sitios baldíos, la arrojen a los cerdos o en cualquier lugar provocando contaminación en el lugar. No se cuenta con un lugar adecuado para el depósito de basura, existen algunos terrenos y barrancos que han sido convertidos en basureros. En cuanto al tratamiento que dan a la basura, se encuentran los siguientes usos:

- 30% de la población la utiliza como abono para sus terrenos.
- 20% de la población la quema.
- 45% de la población la entierra.
- 5% de la población la botan en basureros improvisados.

Las prácticas de botar la basura en basureros improvisados sin tratamiento adecuado y la quema de la misma, son factores que afectan el medio ambiente y la salud de los habitantes de la aldea.

1.1.7.3. Medios de transporte

La aldea cuenta con servicio de transporte colectivo prestado por buses que conduce a los habitantes de las aldeas a la cabecera municipal y departamental, y viceversa. Este servicio esta disponible desde las 5:00 a.m., hasta las 10:00 p.m., además, pueden hacer uso de los diversos buses y otros vehículos que viajan al altiplano márkense ya que la carretera asfaltada pasa a un costado de San Andrés Chápil.

1.1.7.4. Energía eléctrica

El servicio de energía eléctrica a los usuarios de aldea San Andrés Chápil, sus caseríos y cantones, es distribuido por la Empresa Eléctrica Municipal de San Pedro Sacatepéquez, institución que compra la energía en bloque al Instituto Nacional de Electrificación (INDE), y por la distribuidora de Electricidad de Occidente (DEOCSA), desde el año 2000 la aldea cuenta con alumbrado público.

1.1.7.5. Teléfono

La privatización del servicio telefónico permitió el acceso a las personas de la aldea a dicho servicio, a partir del año 1998.

1.2. Monografía de la aldea Piedra Grande

1.2.1. Aspectos históricos

La aldea Piedra Grande registra su fundación el año 1,892 en la oficina de estadística del país. Es una aldea que, según algunos vecinos, pertenecía al cantón El Mosquito de la cabecera municipal de San Pedro Sacatepéquez, pero que luego un grupo de vecinos se independizaron formando lo que hoy es aldea Piedra Grande.

1.2.1.1. Origen del nombre

Por informes de miembros de la auxiliatura, el nombre de Piedra Grande se debe a la expresión mam de Trraniabj que quiere decir Piedra Grande y efectivamente, al oeste del juzgado de este poblado rural se encuentra una piedra milenaria que mide unos 64 metros cuadrados y 5 metros de altura. En uno de los lados de esta piedra se encuentra una huella de un pie que según los vecinos, dicen que es el pié de Jesús, sus calles son anchas por eso lo bautizaron con el nombre de Piedra Grande.

1.2.2. Aspectos físicos

La comunidad posee una precipitación pluvial promedio de 1160.90 mm. anuales, de mayo a octubre. Tiene una temperatura promedio anual de 13.3 °C. Humedad relativa promedio anual 86%, evapotranspiración promedio anual 2.8 mm.

1.2.2.1. Localización

Aldea Piedra Grande es una de las aldeas que conforman el municipio de San Pedro Sacatepéquez del Departamento de San Marcos.

Está ubicada a una altitud que va desde 2,400 msnm en la parte más baja, 2,500 msnm en la parte media y 2600 msnm en la parte alta. Presenta una latitud norte 21°. 50´ 55 ´´ y Longitud oeste 91°. 46´35´´.

1.2.2.2. Colindancias

Piedra Grande tiene las siguientes colindancias:

AL NORTE: con el astillero municipal de San Pedro Sacatepéquez.

AL SUR: con aldea San Francisco Soche del municipio de San Pedro Sacatepéquez.

AL ESTE: con el astillero municipal de San Pedro Sacatepéquez.

AL OESTE: con la cabecera municipal de San Marcos.

1.2.2.3. Vías de acceso

Para acceder a la aldea Piedra Grande, desde la ciudad capital de Guatemala se recorren 255.15 Km. de la forma siguiente:

Tabla V. Distancias relativas para acceder a la aldea Piedra Grande.

De	A	Km.	Tipo	Ruta
Ciudad Guatemala	San Pedro Sacatepéquez	249	Asfalto	CA1
San Pedro Sacatepéquez	Piedra Grande	3.00	Asfalto	RN12

1.2.2.4. Climatología

El clima de la aldea es frío, la temperatura máxima alcanza los 27°C y la temperatura mínima los 2°C según fuente INSIVUMEH, estación climatológica San Marcos latitud 14°57'15", longitud 91°48'34", altitud de 2420 msnm..

Se marcan dos estaciones climáticas durante el año:

La lluviosa o invierno que comprende los meses de abril a noviembre y la estación seca o verano que va de los meses de noviembre a marzo, la cual registra un régimen de baja temperatura específicamente entre noviembre a enero, donde se presentan heladas que afectan a cultivos de la época existentes en el área.

1.2.2.5. Características topográficas

La topografía de la aldea Piedra Grande va de ondulada a plan en la parte central y parte baja de la población, hasta pronunciada en la parte alta.

1.2.2.6. Calidad del suelo

Los suelos son planos y fértiles y con fondos bien drenados, o que se han desarrollado sobre ceniza volcánica debidamente cementada, en un clima frío, húmedo-seco. Ocupa relieves casi planos a grandes altitudes en los valles intramontanos. La vegetación natural probablemente consistió de un bosque de encinos y pinos con algo de ciprés, pero casi todo ha sido limpiado y actualmente está cultivado con productos agrícolas.

En algunas partes el suelo superficial es de textura franca o franco arenoso muy fino y el material subyacente es correspondientemente más fino. En otros lugares como San Pedro Sacatepéquez y San Marcos se depositó una ceniza volcánica nueva en 1,902 cuando hizo erupción el volcán Santa María. En muchas partes esta capa fue menor a 55 centímetros de espesor y se incorporó con el suelo superficial resultando una textura de arena franca o franco arenoso.

1.2.3. Demografía

1.2.3.1. Población

Los datos de población de aldea Piedra Grande fueron tomados de las cifras preliminares consignadas en el cuadro de características generales de población según Departamento, Municipio y Lugar Poblado, del XI Censo de Población, VI de Habitación 2002, realizado por el Instituto Nacional de Estadística, tiene una población de 6,253 habitantes, la aldea San Piedra Grande se caracteriza por presentar una población con un 48.74% de género masculino y 51.26% de género femenino.

1.2.3.2. Tipología de viviendas

En general, la población de aldea Piedra Grande habita en viviendas con ambientes cómodos y servicios básicos, sin embargo, hay algunos pobladores que viven en condiciones difíciles por carecer de servicios básicos en sus viviendas. Se presenta la información recopilada durante la investigación de campo, según datos obtenidos en la oficina municipal de planificación de San Pedro Sacatepéquez, presentan los siguientes datos de vivienda:

Tabla VI. Clasificación de las viviendas en la aldea Piedra Grande

Tipo de viviendas						
Comunidad	Casa formal	Apartamento	Palomar	Rancho	Improvisada	Otro tipo
Aldea Piedra Grande	1,437	6	-	5	10	1

1.2.3.3. Diseño arquitectónico

En general, la población de aldea Piedra Grande habita en viviendas con ambientes cómodos y servicios básicos, sin embargo, hay algunos pobladores que viven en condiciones difíciles por carecer de servicios básicos en sus viviendas.

La construcción de las viviendas se marca por la utilización de diversos materiales de los cuales en su mayoría se destaca el mezlón, block, bejereque, madera. Para la construcción de paredes; terraza, lamina y teja de barro y otros para la construcción de techos; piso entortado (rústico), piso mosaico, granito, entortado fino y tierra para la construcción de pisos.

1.2.4. Condición sociocultural

1.2.4.1. Educación

En aldea Piedra Grande, la población escolar que tiene el nivel primario dentro de su formación alcanza el 57.30% sin embargo, un dato que es de suma importancia son los que no tienen ningún nivel de escolaridad que

corresponden al 19.70%, siendo este grupo de la población a quienes se debe prestar atención especial e incluirla dentro de los programas de educación.

Una de las oportunidades que tiene la población escolar de la aldea Piedra Grande es la cercanía a la cabecera departamental de San Marcos y a la cabecera municipal de San Pedro Sacatepéquez, lo cual permite que puedan acudir a los establecimientos educativos de ésta a realizar estudios, especialmente de nivel básico, diversificado y universitario.

1.2.4.2. Salud

En aldea Piedra Grande no existen servicios de salud públicos permanentes, si la población requiere atención médica debe acudir al Centro de Salud ubicado en la cabecera municipal de San Pedro Sacatepéquez, al Hospital Nacional ubicado en la cabecera departamental de San Marcos o a clínicas médicas particulares. Hay una unidad mínima de salud para atender a la población, pero no está abierta de forma permanente.

1.2.4.3. Religión y costumbres

Según datos registrados en el primer diagnóstico participativo del municipio de San Pedro Sacatepéquez, Piedra Grande presenta un 67% de población católica y un 33% de población evangélica.

Su fiesta titular se realiza 8 de diciembre de cada año en honor a la virgen de concepción y también diversas tradiciones de las cuales sobresalen, la celebración de su fiesta titular en la que se realizan:

- Baile de moros y baile de toritos

- Anualmente se celebra el baile del apache en honor a la mazorca.

1.2.4.4. Cultura

La población pertenece a la etnia mam, se ha conservado por años debido a la antigüedad el que se hable el dialecto mam. Aunque la práctica de este dialecto ha disminuido, en el grupo de personas de mayor edad hablan el mam y el español aunque la población en general domina el idioma español.

1.2.5. Condición económica

1.2.5.1. Principales actividades económicas de los hombres

La actividad económica de los hombres en esta aldea se realiza a través de la agricultura (granos básicos, verduras y frutas); el comercio (tiendas, panaderías, herrerías, aserradores, carpinteros, carniceros, sastres, músicos, etc.); artesanía típica; profesionales en diversas especialidades (abogados, maestros, peritos contadores, militares, etc.) y servicios varios (pilotos automovilistas).

1.2.5.2. Principales actividades económicas de las mujeres

Las mujeres de esta aldea que realizan actividades para generar ingresos económicos, lo hacen a través de prestación de servicios domésticos (comida, lavado, planchado y limpieza); producción y venta de animales domésticos y sus derivados (gallinas, vacas, conejos, etc.); y comercio agrícola (venta de verduras, flores, frutas); manufactura (artesanía típica, tejidos de punto, costureras, bordadoras); comercio (tiendas), profesionales (maestras, secretarias, peritos en dibujo y construcción, peritas contadoras, etc.).

1.2.5.3. Nivel de ingreso económico familiar

El ingreso promedio mensual familiar es de Q.800.00; basándose principalmente en la fuerza de trabajo como albañiles, comerciantes y agricultores.

1.2.6. Organización político administrativa

1.2.6.1. Organización política

La aldea Piedra Grande está dividida por las siguientes comunidades:

Tabla VII. División política de la aldea Piedra Grande

Nombre de la Comunidad
Aldea Piedra Grande (Centro)
Caserío Ojo de Agua
Caserío San Juan del Pozo
Cantón Santa Rita I
Cantón Santa Rita II
Cantón Los Coyotes
Cantón Agua Bendita
Cantón La Michada
Cantón La Providencia

1.2.6.2. Organización administrativa

La alcaldía auxiliar de aldea Piedra Grande que tomó posesión en Enero de 2004, se integra de la siguiente manera:

Tabla VIII. Integración de la alcaldía auxiliar de la aldea Piedra Grande, del 2005.

No.	Nombres y apellidos	Cargo
1	Domingo Moisés Miranda Velásquez	Alcalde Auxiliar
2	Hugo Neftalí Pérez Bautista	Vice Alcalde
3	Fabián Roderico Velásquez Bautista	Primer Regidor
4	Miguel Eduardo Miranda Vásquez	Segundo Regidor
5	Edgar Ovidio Fuentes Godínez	Tercer Regidor
6	Hermelindo Alfonso Ramírez Monzón	Cuarto Regidor
7	Mynor Ovidio Fuentes Bautista	Primer Secretario
8	Edízar Rocael Pérez Mazariegos	Segundo Secretario

1.2.7. Servicios existentes en la comunidad

1.2.7.1. Agua potable

El abastecimiento de agua para consumo humano a la aldea Piedra Grande data de 1,962 cuando se construyeron 65 llena cántaros, los cuales captaban el agua de los nacimientos denominados Scanatzu y Simbor. Con el crecimiento poblacional el servicio se hizo insuficiente, por lo que se hicieron captaciones de los nacimientos la Estancia y Joya Grande, en los años 1,989 y 1,992 respectivamente, se tiene una cobertura del servicio del 79.30% del total de viviendas en la comunidad.

1.2.7.2. Desechos sólidos

La aldea Piedra Grande no cuenta con un lugar adecuado para el depósito de basura, existen algunos terrenos y barrancos que han sido convertidos en basureros. En cuanto al tratamiento que dan a la basura, se encuentran los siguientes usos:

- La entierran.
- La utilizan como abono para sus terrenos.
- La botan en basureros improvisados.
- La queman.

1.2.7.3. Medios de transporte

El transporte hacia la aldea, sus caseríos y cantones, es por vía terrestre. El traslado de personas y/o de carga de la aldea a otros lugares cercanos y a las cabeceras municipales de San Pedro Sacatepéquez y San Marcos se realiza a través de vehículos y/o bicicletas.

En la aldea está organizada una asociación de taxistas que cubren la ruta entre las cabeceras municipales de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos y la aldea.

1.2.7.4. Energía eléctrica

El servicio de energía eléctrica a los usuarios de aldea Piedra Grande es distribuido por la empresa eléctrica municipal de San Pedro Sacatepéquez, institución que compra la energía en bloque al Instituto Nacional de Electrificación (INDE).

1.2.7.5. Teléfono

Debido a la privatización del servicio telefónico existen muchas facilidades para adquirir cualquier tipo de línea telefónica. Esto ayudó a que la mayor parte de las viviendas cuenten con el servicio de teléfono.

2. DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LOS CASERÍOS OJO DE AGUA, SAN PEDRITO Y ESQUIPULAS DE LA ALDEA SAN ANDRÉS CHÁPIL DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS

2.1. Descripción del proyecto

Como se indicó anteriormente, la aldea San Andrés Chápil está situada a 6.25 Km. de distancia de la cabecera municipal de San Pedro Sacatepéquez, los caseríos de esta comunidad en estudio Ojo de Agua, San Pedrito y Esquipulas cuenta con los servicios de agua potable y energía eléctrica, pero no cuenta con el sistema de drenaje, razón por la cual se desarrollará el diseño del mismo.

Las calles empedradas y de terracería que presenta el lugar, definen el sistema de drenaje que ha de utilizarse para la evacuación de aguas residuales. Por tal motivo hacer uso de un sistema combinado implicaría el uso de tragantes para agua de lluvia y a falta de que las calles de la aldea no se encuentran pavimentadas o adoquinadas, esto ocasionaría que la arena, tierra y otros materiales que son arrastrados por el agua superficial entren a la tubería, ocasionándole obstrucciones a la misma. El mantenimiento sería caro, por la limpieza frecuente que debería realizarse. Dadas las circunstancias mencionadas, el sistema que mejor se adapta a la situación, es el drenaje sanitario, con el cual, se eliminarían las aguas negras a flor de tierra, que causan problemas a los habitantes de la aldea, por el mal olor, proliferación de insectos y transmisión de enfermedades gastrointestinales.

El proyecto consistirá en la implementación de un sistema de recolección y conducción de aguas servidas del 100% de la población de los caseríos en estudio de la aldea San Andrés Chápil, a través de 3.25 Km de tubería PVC, 161 candelas domiciliarias que corresponden al mismo número de viviendas, y se tendrán 87 pozos de visita que requiere el proyecto con desfogue en el río Nahuala el cual nace en el lugar conocido como Joya Grande, dando tratamiento previo a las aguas residuales, para evitar la contaminación del cuerpo receptor.

La población actual a beneficiar es de 966 habitantes, mientras que al final del período de diseño será de 1700 habitantes.

2.2. Bases de diseño

Para el sistema de alcantarillado sanitario de los caseríos Ojo de Agua, San Pedrito y Esquipulas de la aldea San Andrés Chápil, se tomaron como base los siguientes parámetros:

Período de diseño: 22 años, tomando en cuenta un año para la ejecución del proyecto

Caseríos a diseñar:

- Ojo de Agua
- Esquipulas
- San Pedrito

Número de viviendas:

- Ojo de Agua 45 casas
- Esquipulas 68 casas
- San Pedrito 48 casas

Población actual:

966 habitantes

Población de diseño:

6 hab. / vivienda

Tipo de tubería:

PVC para alcantarillado sanitario, norma ASTM F-949

Relación de velocidades:

$$0.40 \leq v \leq 4 \text{ m/seg}$$

Según norma del INFOM y especificaciones técnicas de diseño de tubosistemas AMANCO para alcantarillado sanitario.

Diámetro mínimo:

6 pulgadas

Dotación de agua:

Se adoptó una dotación de 100 lts/hab/día

Factor de retorno:

Se consideró un factor de retorno de 0.80

2.3. Diseño del sistema

2.3.1. Diseño hidráulico

2.3.1.1. Período de diseño

Es el período de funcionamiento eficiente del sistema, luego de este período es necesario rehabilitar el sistema. Para determinar dicho período es necesario tomar en cuenta factores tales como: población beneficiada, crecimiento poblacional, calidad de materiales a utilizar, futuras ampliaciones de las obras planeadas y mantenimiento del sistema. Instituciones como,

INFOM recomiendan que las alcantarillas se diseñen para un período de 20 años. Para el presente estudio, el período de diseño adoptado es de 20.

Para este período es necesario incluir un tiempo adicional de 2 años debido a gestiones que conlleve el proyecto para su respectiva autorización y desembolso económico.

2.3.1.2. Población de diseño

El sistema de alcantarillado debe adecuarse a un funcionamiento eficiente durante un período determinado. En este caso particular, no se tomó un período determinado para hacer el diseño, sino que se tomó la población futura máxima para cada lote de las ciento sesenta y un casas existentes en los caseríos Ojo de Agua, San Pedrito y Esquipulas. La población máxima es de seis personas por casa. En conclusión, la población futura máxima de diseño va a ser de mil setecientas personas.

Para la estimación de la población futura se usó el método geométrico, tomando como base los datos siguientes:

Población actual: 966 habitantes

Tasa de crecimiento poblacional: 2.6 %

Si se conoce la tasa de crecimiento poblacional, se puede establecer la población de los caseríos en el futuro, en este caso, considerando un período de diseño de 22 años, tomando en cuenta un año para la ejecución del proyecto.

$$P_f = P_o(1+r)^n$$

$$P_f = 966 * (1 + 0.026)^{22}$$

$P_f = 1,700$ habitantes

2.3.1.3. Cálculo de caudal sanitario

El caudal sanitario está integrado por el caudal domiciliar (Q_{DOM}), comercial (Q_{COM}), industrial (Q_{IND}), las infiltraciones (Q_{INF}) y conexiones ilícitas (Q_{CI}):

$$Q_{SANITARIO} = Q_{DOM} + Q_{COM} + Q_{IND} + Q_{CI} + Q_{INF}$$

El caudal industrial no se toma en cuenta en este caso en particular, ya que en la aldea San Andrés Chápil no existe ningún tipo de industria; mientras que el caudal de infiltración se desprecia, ya que la tubería a utilizar en el proyecto es de PVC norma ASTM F-949, cuyas juntas son herméticas, sin permitir el ingreso de agua del subsuelo.

2.3.1.3.1. Caudal domiciliar

Es el agua evacuada de las viviendas una vez utilizada por los humanos. El caudal domiciliar en este proyecto queda integrado de la siguiente manera:

$$Q_{DOM} = \frac{\#hab.*Dot.*F.R.}{86,400}$$

$$Q_{DOM} = \frac{1700hab*100lts/hab/dia*0.80}{86,400}$$

$$Q_{DOM} = 1.574 \text{ lts/sec}$$

2.3.1.3.2. Caudal por conexiones ilícitas

Para las conexiones ilícitas hay varios métodos de los cuales se puede mencionar: criterio de Unepar-Infom, método racional, los que se definen a continuación:

Según el INFOM (Instituto de Fomento Municipal), se puede estimar el valor de este caudal tomando un 10 por ciento del caudal domiciliario, sin embargo, en áreas donde no existe alcantarillado pluvial, como en este caso, se puede usar un valor mayor si se adopta otro criterio de la misma institución, el cual indica que se puede tomar una dotación de 150 lts/hab/día.

$$Q_{Cl} = \frac{\#hab * Dot.}{86,400}, \text{ents/seg.}$$

$$Q_{Cl} = \frac{1,700 \text{ hab} * 150 \text{ lts/hab/día}}{86,400 \text{ seg}}$$

$$Q_{Cl} = 2.951 \text{ lts/seg}$$

Por medio del método racional se calcula como un porcentaje del total de conexiones, como una función de techo, patios y su permeabilidad, así como, la intensidad de lluvia. Se calcula con la fórmula siguiente:

$$Q_{Cl} = \frac{0.5a2.5\% * CIA}{360}, \text{en lts/seg.}$$

donde:

Q_{Cl} = Caudal por conexiones ilícitas (lts/seg.).

C = coeficiente de escorrentía.

I = Intensidad de lluvia (mm/hora).

A = Área factible de conectar ilícitamente al sistema (Ha).

Ahora se calcula el caudal sanitario:

Para encontrar el coeficiente de escorrentía se utiliza un promedio de áreas por vivienda. El promedio del área por casa es de 120 m² para techos y 75 m² para patios, según datos obtenidos en la oficina municipal de planificación de la municipalidad de San Pedro Sacatepéquez departamento de San Marcos.

El coeficiente de escorrentía está en función directa del tipo de superficie por donde corre el agua, sea en patios y techos de las viviendas, en tal sentido se obtienen los siguientes datos:

Escorrentía para techos 0.80 a 0.95

Escorrentía para patios 0.70 a 0.80

Se concluye que el método racional es el más preciso para el cálculo de las conexiones ilícitas, por proporcionar datos reales y bien definidos.

$$C_{eq} = \frac{\sum CA}{\sum A}$$

Área de techos = 120 m² * 161 casas * 1 Ha/1000 m² = 1.932 Ha

Área de patios = 75 m² * 161 casas * 1 Ha/1000 m² = 1.208 Ha

3.14 Ha

$$C_{eq} = \frac{\sum CA}{\sum A} = \frac{0.85*1.932+0.75*1.208}{3.14} = 0.812$$

La intensidad de lluvia se expresa en mm/h, se determina por medio de la siguiente fórmula:

$$i = \frac{5464}{(t+17)^{1.102}}$$

Donde t es el tiempo de concentración en minutos, para Guatemala éste es de 12 minutos.

$$i = \frac{5464}{(12+17)^{1.102}} = 133.64 \text{ mm/h}$$

Entonces:

$$Q_{Cl} = \frac{0.005 * 0.812 * 133.644 * 3.14}{360} = 0.00473 \text{ m}^3/\text{seg} = 4.733 \text{ lts}/\text{seg}$$

El caudal sanitario es:

$$Q_{\text{Sanitario}} = 1.574 + 4.733 = 6.307 \text{ lts/seg}$$

2.3.1.4. Factor de caudal medio

Éste regula la aportación de caudal en la tubería. Se considera que es el caudal con que contribuye un habitante debido a sus actividades sumando los caudales domésticos, de infiltración, por conexiones ilícitas, comercial e industrial. Este factor debe permanecer entre el rango de 0.002 a 0.005, el factor de caudal medio se calcula según la formula:

$$f_{qm} = \frac{Q_{\text{sanitario}}}{\# \text{habitantes}}$$

$$f_{qm} = \frac{6.307 \text{ lts/seg}}{1,700 \text{ habitantes}}$$

$$f_{qm} = 0.00371$$

El resultado se encuentra dentro del rango permitido $0.002 \leq f_{qm} \leq 0.005$ por lo que se adoptará dicho valor.

2.3.1.5. Factor de flujo instantáneo (F.H.)

Este factor está en función del número de habitantes, localizados en el área de influencia. Se encuentra utilizando la fórmula de Hardmond.

$$FH = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}}$$

donde: p = es el número de habitantes a servir expresado en miles.

2.3.1.6. Caudal de diseño

Es el caudal con el que se diseñará cada tramo del sistema sanitario y será igual a multiplicar el factor de caudal medio, el factor de Hardmond y el número de habitantes a servir.

$$Q \text{ dis. Actual} = f_{qm} * FH \text{ actual} * \text{Núm. de hab. actual}$$

$$Q \text{ dis. Futuro} = f_{qm} * FH \text{ futuro} * \text{Núm. de hab. futuro}$$

2.3.1.7. Diseño de secciones y pendientes

En general, se usarán en el diseño secciones circulares de PVC, funcionando como canales abiertos. El cálculo del caudal, la velocidad, diámetro

y pendientes se hará aplicando la formula de MANNING, transformada al sistema métrico para secciones circulares.

2.3.1.8. Velocidades máximas y mínimas

Se debe diseñar de modo que la velocidad mínima del flujo para la tubería PVC, trabajando a cualquier sección deberá ser de 0.4 m/seg. La velocidad máxima será de 4 m/seg, ya que velocidades mayores causan efectos dañinos, debido a que los sólidos en suspensión (arena, cascajo, piedra, etc.) producen un efecto abrasivo a la tubería.

2.3.1.9. Cotas invert

Es la distancia entre el nivel de la rasante del suelo y el nivel inferior de la tubería, tomando en cuenta que la cota invert sea, al menos, igual al recubrimiento mínimo necesario de la tubería.

Se debe tomar en cuenta para el cálculo de cotas invert, que la cota invert de salida de un pozo se coloca, al menos, tres centímetro más baja que la cota invert de llegada de la tubería más baja.

Las cotas invert de entrada y de salida se calculan de la siguiente manera:

$$CIS1 = CT - Hp1$$

$$CIE2 = CIS1 - \frac{S\% * DH}{100}$$

$$CIS2 = CIE2 - 0.03m.$$

donde:

CIS1 = Cota invert de salida del pozo de visita 1 (CIS)

CT = cota de terreno

Hp1 = Altura del pozo de visita 1

CIE2 = Cota invert de entrada del pozo de visita 2 (CIE)

CIS2 = Cota invert de salida del pozo de visita 2 (CIS)

S% Tubo = Pendiente del tubo

DH = Distancia horizontal entre pozos

2.3.1.10. Diámetro de tubería

El diámetro mínimo de tubería que ha de usarse para el diseño de alcantarillados sanitarios utilizando tubería de cemento será de 8 pulgadas; para tuberías de PVC el diámetro mínimo es de 6 pulgadas. Se utilizan estos diámetros debido a requerimientos de limpieza, flujo y para evitar obstrucciones.

2.3.1.11. Pozo de visita

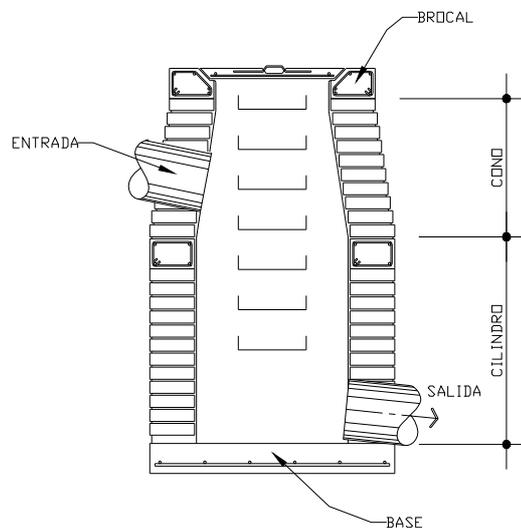
Es una de las partes principales del sistema de alcantarillado, se construyen con el fin de proporcionar acceso al sistema para realizar trabajos de limpieza e inspección. Se construyen de mampostería o de concreto.

Según normas para la construcción de alcantarillados, se recomienda colocar pozos de visita en los siguientes casos:

- En el inicio de ramal
- En intersecciones de dos o más tuberías

- Donde exista cambio de diámetro de tubería
- En curvas de colectores a no más de 30 m
- Alivio o cambio de pendiente
- En tramos no mayores de 100 m

Figura 1. Partes de un pozo se visita



2.3.1.12. Conexiones domiciliarias

Su propósito primordial es descargar las aguas provenientes de las casas y llevarlas al colector central.

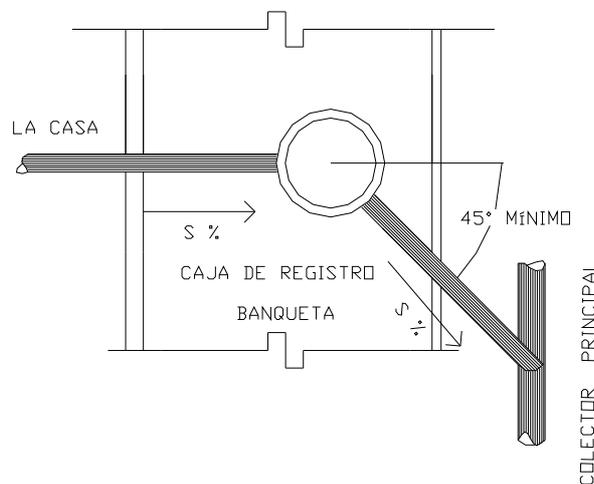
Las conexiones domiciliarias constan de las siguientes partes:

- *Caja o canela.* La conexión se realiza por medio de una caja de inspección construida de mampostería o con tubos de concreto colocados verticalmente, con un diámetro no menor de 12 pulgadas. Éstos deben

estar impermeabilizados por dentro y tener una tapadera para realizar inspecciones, el fondo tiene que ser fundido de concreto y dejar a respectiva pendiente para que las aguas fluyan por la tubería secundaria y pueda llevarla al colector central. La altura mínima de la candela será de un metro.

- *Tubería secundaria.* Sirve para unir la conexión de la candela domiciliar con el colector central, dicha tubería debe tener un diámetro mínimo de 6 pulgadas en tubería de concreto y de 4 pulgadas de tubería de PVC, con una pendiente máxima de 25% y una mínima de 6%, a efecto de evacuar adecuadamente el agua. La conexión con el colector central se hará en el medio diámetro superior, a un ángulo entre 30 y 60 grados.

Figura 2. Conexiones domiciliarias



2.3.1.13. Profundidad de la tubería

Su propósito primordial es descargar las aguas provenientes de las casas y llevarlas al colector central. La colocación de la tubería debe hacerse a

una profundidad tal que no sea afectada la tubería por las inclemencias del tiempo, principalmente por las cargas transmitidas por el tráfico y que evite rupturas en los tubos.

La profundidad mínima de la tubería, desde la superficie del suelo hasta la parte superior de la tubería, en cualquier punto de su extensión, será determinada de la siguiente manera:

Para tráfico normal (menor a 200 quintales) = 1.00 metros

Para tráfico pesado (mayor a 200 quintales) = 1.20 metros

2.3.1.14. Principios hidráulicos

Los sistemas de alcantarillado basan su funcionamiento en transportar el agua de desecho en conductores libres, conocidos como canales. La sección del canal puede ser abierta y cerrada. Para el caso de sistemas de alcantarillado, se emplean canales cerrados circulares, en donde la superficie del agua esta sometida a presión atmosférica y eventualmente a presiones producidas por gases que se produzcan en el sistema.

El flujo queda determinado por la pendiente del canal y la superficie del material del cual está construido.

2.3.1.15. Relaciones hidráulicas

Los sistemas de alcantarillado circular trabajan comúnmente a sección parcialmente llena, ya que el caudal nunca es constante, provocando con ello una variación en el flujo, que a su vez hacer variar el área transversal del líquido y la velocidad de éste.

Para el cálculo de las tuberías se han relacionado los términos de la sección totalmente llena con los de la sección parcialmente llena, con el fin de facilitar y agilizar de alguna manera los resultados de velocidad, área, caudal, perímetro mojado y radio hidráulico. De los resultados obtenidos se construyó el gráfico y las tablas de relaciones hidráulicas. (Ver tabla IX).

Tabla IX. Relaciones hidráulicas para tubería PVC

q/Q	d/D	v/V	a/A
0.000001	0.001	0.019224	0.000054
0.000005	0.002	0.030507	0.000152
0.000011	0.003	0.039963	0.000279
0.000021	0.004	0.048396	0.000429
0.000034	0.005	0.056141	0.000599
0.00005	0.006	0.06337	0.000788
0.00007	0.007	0.070215	0.000992
0.000093	0.008	0.076728	0.001212
0.00012	0.009	0.08297	0.001446
0.000151	0.01	0.08898	0.001693
0.000185	0.011	0.094787	0.001952
0.000223	0.012	0.100417	0.002224
0.000265	0.013	0.105887	0.002506
0.000311	0.014	0.111215	0.0028
0.000361	0.015	0.116413	0.003105
0.000415	0.016	0.121493	0.003419
0.000473	0.017	0.126464	0.003744
0.000536	0.018	0.131335	0.004078
0.000602	0.019	0.136112	0.004421
0.000672	0.02	0.140803	0.004773
0.000746	0.021	0.145412	0.005134
0.000825	0.022	0.149945	0.005503
0.000908	0.023	0.154406	0.005881
0.000995	0.024	0.1588	0.006266

2.3.1.16. Ejemplo de tramo

El tramo a utilizar para el ejemplo, es de la estación 11 a la estación 12, el cual tiene los datos siguientes:

No. de viviendas acumuladas:	45
Población actual acumulada:	270 habitantes
Población futura acumulada:	475 habitantes

Caudal medio actual acumulado:

$$q_{\text{medio actual}} = f_{qm} * \# \text{habitantes actuales}$$

$$q_{\text{medio actual}} = 0.00371 * 270$$

$$q_{\text{medio actual}} = 1.0017 \text{ lts/seg}$$

Caudal medio futuro acumulado:

$$q_{\text{medio futuro}} = f_{qm} * \# \text{habitantes futuros}$$

$$q_{\text{medio futuro}} = 0.00371 * 475$$

$$q_{\text{medio futuro}} = 1.7623 \text{ lts/seg}$$

Factor de Harmond actual:

$$FH_{\text{actual}} = \frac{18 + \sqrt{P/1000}}{4 + \sqrt{P/1000}}$$

$$FH_{\text{actual}} = \frac{18 + \sqrt{270/1000}}{4 + \sqrt{270/1000}}$$

$$FH_{\text{actual}} = 4.10$$

Factor de Harmond futuro:

$$FH_{futuro} = \frac{18 + \sqrt{P / 1000}}{4 + \sqrt{P / 1000}}$$

$$FH_{futuro} = \frac{18 + \sqrt{470 / 1000}}{4 + \sqrt{470 / 1000}}$$

$$FH_{futuro} = 3.99$$

Caudal de diseño sanitario actual:

$$q_{diseño\ actual} = q_{medio\ actual} * FH_{actual}$$

$$q_{diseño\ actual} = 1.0017 * 4.10$$

$$q_{diseño\ actual} = 4.1046\ \text{lts/seg}$$

Caudal de diseño sanitario futuro:

$$q_{diseño\ futuro} = q_{medio\ futuro} * FH_{futuro}$$

$$q_{diseño\ futuro} = 1.762 * 3.99$$

$$q_{diseño\ futuro} = 7.0236\ \text{lts/seg}$$

Ahora se calcula el caudal a sección llena para el tramo en estudio, para chequear si cumple con los requisitos de tirante y velocidad.

Es necesario utilizar la fórmula de Manning para flujo en canales, para el cálculo de caudal y velocidad a sección llena, tomando los siguientes datos:

Diámetro de tubería:	6 pulgadas
Pendiente del terreno:	11.68 %
Pendiente de tubería:	11.70 %

con la fórmula de Manning:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \text{ en } m / \text{seg.}$$

en donde:

$$R = \frac{D}{4}, \text{ para secciones circulares}$$

n = coeficiente de rugosidad de PVC, el cual tiene un valor de 0.010

$$V = \frac{1}{0.010} \left(\frac{6 * 0.0254}{4} \right)^{2/3} (0.117)^{1/2}$$

$$V = 3.8730 \text{ m/seg}$$

luego se calcula el caudal:

en donde: $Q = A * V$ en lts/seg.

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \text{ en metros cuadrados}$$

$$Q = \frac{\pi (6 * 0.0254)^2}{4} * 3.873$$

$$Q = 0.07065 \text{ m}^3/\text{seg} \approx 70.65 \text{ lts/seg}$$

Con el caudal y la velocidad de flujo a sección llena, se puede chequear que el caudal de diseño cumpla con las especificaciones de diseño.

Se comprueba lo siguiente:

$$q_{\text{diseño}} < Q_{\text{lleno}}$$

$$7.0236 < 70.65 \text{ (lts/seg)}$$

Sí chequea, ahora se realiza la relación de caudales:

$$\frac{q_{\text{diseño actual}}}{Q_{\text{lleno}}} = \frac{4.1046 \text{ lts/seg}}{70.65 \text{ lts/seg}} = 0.05810$$

$$\frac{q_{\text{diseño futuro}}}{Q_{\text{lleno}}} = \frac{7.0236 \text{ lts/seg}}{70.65 \text{ lts/seg}} = 0.09942$$

Con los valores de las relaciones q/Q , se busca en la tabla de relaciones hidráulicas, la relación v/V correspondiente a la relación de caudales para cada tramo.

$$\frac{v_{\text{actual}}}{V} = 0.54376 \qquad \frac{v_{\text{futuro}}}{V} = 0.63664$$

Con las relaciones de velocidad encontradas y la velocidad a sección llena, se procede a calcular la velocidad a sección parcialmente llena:

$$v = (v / V) * V$$

$$V_{\text{actual}} = 0.54376 * 3.873$$

$$V_{\text{futuro}} = 0.63664 * 3.873$$

$$V_{\text{actual}} = 2.11 \text{ m/seg}$$

$$V_{\text{futuro}} = 2.47 \text{ m/seg}$$

La relación d/D también se busca en la tabla de relaciones hidráulicas y es la que expresa la relación entre el tirante de flujo en la alcantarilla y el diámetro de la tubería.

$$\frac{d_{\text{Actual}}}{D} = 0.163$$

$$\frac{d_{\text{Futuro}}}{D} = 0.212$$

Se hace el chequeo de velocidades correspondiente:

$$0.40 \leq \text{velocidad de diseño} \leq 4 \text{ (m/seg) para PVC}$$

$$0.40 \leq 2.11 \leq 4 \text{ (m/seg) actual}$$

$$0.40 \leq 2.47 \leq 4 \text{ (m/seg) futura}$$

Ambas velocidades están en el rango permisible.

Es necesario hacer también el chequeo de las relaciones de tirantes para cumplir con las especificaciones.

$$0.10 \leq d/D \leq 0.75$$

$$0.10 \leq 0.163 \leq 0.75$$

$$0.10 \leq 0.212 \leq 0.75$$

Ambas relaciones sí chequean.

Por lo tanto, se cumplen las especificaciones de velocidades y tirantes máximos y mínimos.

Cálculo de cotas invert:

Fórmulas:

$$CIS11 = CT11 - Hp12$$

$$CIE12 = CIS11 - S\% \text{ tubo} * DH/100$$

$$CIS12 = CIEP - 0.03 \text{ m}$$

$$CIS11 = 917.47 - 1.84 = 915.630$$

$$CIE12 = 915.630 - ((11.70 * 25.52) / 100) = 912.68$$

$$CIS12 = 912.68 - 0.03 = 912.65$$

Nota: los planos del sistema de alcantarillado sanitario de los caseríos en estudio, de la aldea San Andrés Chápil se detallan en el anexo No. 2.

2.4. Diseño de la red de alcantarillado sanitario

El diseño del sistema de alcantarillado sanitario de los caseríos Ojo de Agua, San Pedrito y Esquipulas de la aldea Piedra Grande del municipio de San Pedro Sacatepéquez, departamento de San Marcos se realizó según la topografía del terreno y el ordenamiento de sus calles, llevando las aguas residuales a los puntos más bajos, para su descarga en el río Nahuala el cual nace en el lugar conocido como Joya Grande, tratando de no profundizar demasiado la tubería. Se muestran las tablas del cálculo hidráulico en el anexo 1, utilizadas en el diseño del sistema de alcantarillado sanitario de los caseríos de la aldea San Andrés Chápil en estudio:

2.5. Propuesta de tratamiento de aguas residuales

El cuerpo receptor en el cual se realizarán las descargas del sistema de alcantarillado sanitario, es el río Nahuala. Debido a la topografía del lugar, si fue posible realizar el diseño del sistema de alcantarillado sanitario con una única descarga para los tres caseríos en estudio de la aldea, por razones de tipo económico para la obtención del financiamiento del proyecto se tuvo que implementar el tratamiento de las aguas residuales a través del uso de una fosa séptica, con dimensiones que se describen mas adelante.

Se dispone de un terreno para la construcción de la fosa séptica, el cual tiene aproximadamente 110 m².

Los desperdicios líquidos domésticos no tratados, atascan rápido las formaciones más porosas de grava. La fosa séptica condiciona al agua residual para que se filtre fácilmente en el subsuelo. La función más importante de una fosa séptica es proporcionar protección a la capacidad absorbente del suelo.

Dentro de las fosas sépticas se produce el tratamiento primario del agua residual, en donde se separan o eliminan la mayoría de sólidos suspendidos en el agua, mediante el proceso físico de asentamiento.

A medida que el agua residual, procedente del sistema de alcantarillado, entra en la fosa y la velocidad de flujo se reduce, los sólidos mayores se hunden en el fondo o suben a la superficie. De tal forma que, el cieno es la acumulación de sólidos en el fondo de la fosa, y las natas son un conjunto de sólidos parcialmente sumergidos y flotantes que se forman en la superficie.

Dichos sólidos son sometidos a descomposición por procesos bacteriológicos. Las bacterias presentes son de la variedad anaerobia, que prosperan en la ausencia de oxígeno. La descomposición o tratamiento de aguas residuales en condiciones anaerobias, es llamada "séptica".

2.5.1. Diseño de fosa séptica

Considerando que los caseríos Ojo de Agua, San Pedrito y Esquipulas a los cuales servirá la fosa séptica, tienen un número de viviendas actuales igual a 161 casas, se realizó el diseño para los tres caseríos en mención, de la siguiente manera:

$$Q = \text{Dotacion} * \# \text{ habitantes} * \text{F.R.}$$

$$Q = 100 \text{ lts} / \text{hab} / \text{día} * 1,700 \text{ hab} * 0.80$$

$$Q = 136,000 \frac{\text{lts}}{\text{día}}$$

$$Q = 136.00 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

Por el Volumen de agua residual que se espera con la población futura calculada en el diseño, se propone el uso de dos fosas sépticas con un volumen de diseño de $V = 68.00 \text{ m}^3$ y una caja derivadora de caudal

$$L = 2 * a$$

$$V = 2 * a^2 * H$$

$$H = \text{Altura de sólidos (asumiendo 1.70 m)}$$

$$68.00 = 2 * a^2 * 1.70$$

$$a = 4.47 \text{ m}$$

$$L = 8.94 \text{ m}$$

$$H = 2.05 \text{ m}$$

Dimensiones finales de la fosa séptica:

$$\text{Ancho} = 4.50 \text{ m}$$

$$\text{Longitud} = 9.00 \text{ m}$$

$$\text{Profundidad} = 2.05 \text{ m}$$

$$f_y = 2810 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

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

$$\text{Peralte } d = t - \text{recubrimiento} = 20\text{cm} - 3 \text{ cm} = 17\text{cm}$$

$$b = 1 \text{ metro} = 100 \text{ cm}$$

$$M_u = \frac{\gamma * h^3}{6}$$

$$M_u = \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * (1.70\text{m})^3}{6} = 81883 \text{ kg} * \text{m}$$

$$M_u = 81883 \text{ kg} * \text{cm}$$

$$A_x = \frac{M_u}{0.90 * f_y * \left(d - \frac{a1}{2}\right)}$$

$$A_x = \frac{81883}{0.90 * 2810 * \left(17 - \frac{a1}{2}\right)} = \frac{32.38 \text{ kg} * \text{m}}{17 - \frac{a1}{2}}$$

$$a = \frac{f y}{0.85 * f'c * b} * (As)$$

$$a = \frac{2810 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{0.85 * 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 100 \text{ cm}} * As$$

$$a = 0.16 * (As)$$

Tabla X. Valores As y a

a1	As	a
0.40	1.93	0.32
0.20	1.92	0.31
0.15	1.91	0.30

$$As = 1.91 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ m\u00ednimo} = 0.002 * b * d$$

$$A_s \text{ m\u00ednimo} = 0.002 * 100 \text{ cm} * 17 \text{ cm}$$

$$A_s \text{ m\u00ednimo} = 3.40 \text{ cm}^2$$

$$3.40 \text{ cm}^2 \quad - \quad 100 \text{ cm}$$

$$0.71 \text{ cm}^2 \quad - \quad \text{espaciamiento (S)}$$

$$S = 20 \text{ cm}$$

Para las paredes de las fosas s\u00e9pticas, se debe colocar varilla No. 3 @ 20 cm

$$\sigma = 2100 \frac{T}{m^2}$$

$$P = 1 \frac{T}{m^2}$$

$$P = \sigma * h$$

$$A_s \text{ m\u00ednimo} = 0.002 * b * d$$

$$A_s \text{ m\u00ednimo} = 0.002 * 100 \text{ cm} * 17 \text{ cm}$$

$$A_s \text{ m\u00ednimo} = 3.40 \text{ cm}^2$$

$$\text{Espaciamiento} = 0.71 * 100 / 3.40 = 20 \text{ cm}$$

En el armado de las losas de las fosas s\u00e9pticas, se debe colocar varilla No. 3 @ 20 cm en ambos sentidos.

Nota: los planos del dise\u00f1o de las fosas s\u00e9pticas se detallan en el anexo 2.

2.6. Presupuesto del sistema de alcantarillado sanitario

Tabla XI. Integraci\u00f3n de costos totales de obra del drenaje sanitario

CONDUCCI\u00d3N DE DRENAJE SANITARIO TUBER\u00cdA PVC
ALDEA SAN ANDR\u00c9S CH\u00c1PIL, SAN PEDRO SACATEP\u00c9QUEZ S.M.
(LONGITUD 3.25 Km)

INTEGRACI\u00d3N DE COSTOS TOTALES DE OBRA

No.	DESCRIPCI\u00d3N	CANTIDAD	UNIDAD	P / U	TOTAL
1	Trabajos preliminares	3.25	km	Q 4,308.12	Q 14,001.40
2	Herramientas	155.00	Unidad	Q 68.55	Q 10,625.00
3	Colector PVC 6" Norma ASTM F-949	550.00	Tubo	Q 2,189.07	Q 1,203,990.18
4	Pozo de visita < 2m	96.25	ml	Q 1,359.30	Q 130,832.38
5	Pozo de visita < 3m	40.28	ml	Q 943.54	Q 38,005.85
6	Pozo de visita < 4m	6.93	ml	Q 1,054.83	Q 7,309.98
7	Fosa s\u00e9ptica	81.00	m\u00b2	Q 1,110.99	Q 89,990.25
8	Caja derivadora de caudal	4.79	m\u00b2	Q 1,930.97	Q 9,239.69
9	Acometida domiciliar	161.00	Acometida	Q 850.72	Q 136,965.73
10	Administraci\u00f3n 15%	1.00	Global	Q 238,672.79	Q 238,672.79
11	Imprevistos 5%	1.00	Global	Q 79,557.60	Q 79,557.60

COSTO TOTAL DE CONSTRUCCI\u00d3N DE DRENAJE SANITARIO EN ALDEA SAN ANDR\u00c9S CH\u00c1PIL, SAN PEDRO SACATEP\u00c9QUEZ S.M.					Q 1,959,190.85
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	--	--	-----------------------

Tabla XII. Costos unitarios del drenaje sanitario por renglón.

PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO
CONDUCCIÓN DE DRENAJE SANITARIO TUBERÍA PVC
ALDEA SAN ANDRÉS CHÁPIL, SAN PEDRO SACATEPEQUEZ S.M.
(LONGITUD (3.25 Km))

CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	P/U	TOTAL
1	TRABAJOS PRELIMINARES				
1.1	Trazo y replanteo	3.25	km	Q 1,632.00	Q 5,304.00
1.2	MATERIALES PARA BODEGA				
1.2.1	Regla de pino colorado rustica de 2"x1"x10'	20	pt	Q 4.50	Q 90.00
1.2.2	Tabla de pino colorado rustica de 12" x 1" x 10'	480	pt	Q 4.50	Q 2,160.00
1.2.3	Párales de pino colorado rústicos de 3" x 4" x 10'	300	pt	Q 4.50	Q 1,350.00
1.2.4	Clavo con cabeza de 2"	15	Libras	Q 3.00	Q 45.00
1.2.5	Clavo con cabeza de 1 1/2"	6	Libras	Q 3.00	Q 18.00
1.2.6	Lamina galvanizada de 12' cal. 28 (bodega y/o guardiana)	10	Unidad	Q 68.00	Q 680.00
1.2.7	Clavo para lamina de 2"	4	Libras	Q 4.00	Q 16.00
1.2.8	Nylon doble grueso para forro de bodega	75	Yardas	Q 4.00	Q 300.00
1.2.9	Letrina	2	Global	Q 1,400.00	Q 2,800.00
1.3	FLETE DE MATERIALES	1	Global	Q 578.40	Q 578.40
				Suman	Q 8,037.40
1.3	MANO DE OBRA				
1.3.1	Limpieza general	25	m ²	Q 8.00	Q 200.00
1.3.2	Trazo y estaqueado (incluye hacer estacas)	20	ml	Q 10.00	Q 200.00
1.3.3	PRESTACIONES	1	Global	Q 260.00	Q 260.00
				Suman	Q 660.00
	TOTAL				Q 14,001.40
	COSTO UNITARIO	3.25	km	Q 4,308.12	Q 14,001.40
2	HERRAMIENTAS				
2.1	MATERIALES				
2.1.1	Palas	30	Unidad	Q 25.00	Q 750.00
2.1.2	Piochas	30	Unidad	Q 25.00	Q 750.00
2.1.3	Azadones	30	Unidad	Q 25.00	Q 750.00
2.1.4	Barretas	15	Unidad	Q 150.00	Q 2,250.00
2.1.5	Toneles	25	Unidad	Q 65.00	Q 1,625.00
2.1.6	Carretillas de mano	25	Unidad	Q 180.00	Q 4,500.00
				Suman	Q 10,625.00
	TOTAL				Q 10,625.00
	COSTO UNITARIO	155	Unidad	Q 68.55	Q 10,625.00
3	COLECTOR PVC 6" Norma ASTM F-949				
3.1	MATERIALES				
3.1.1	Tubo PVC 6" Norma ASTM F-949	550	Unidad	Q 401.80	Q 220,990.00
3.1.2	Ladrillo tayuyo 6.5x11x23 cms (para soporte de la tubería sobre el material selecto)	1650	Unidad	Q 1.50	Q 2,475.00
3.1.3	Material selecto	390	m ³	Q 100.00	Q 39,000.00
3.1.4	Empaque PVC de 6"	525	Unidad	Q 4.45	Q 2,336.25
3.1.5	Adhesivo PVC 300 ml	30	Unidad	Q 55.00	Q 1,650.00
3.2	FLETE DE MATERIALES	1	Global	Q 26,645.13	Q 26,645.13
				Suman	Q 266,451.25
3.2	MANO DE OBRA				
3.2.1	Excavación de zanja	3685.04	m ³	Q 25.85	Q 95,258.28
3.2.2	Relleno de zanja	3057.9	m ³	Q 4.70	Q 14,372.13
3.2.3	Colocación de tubería PVC 6"	3250	Unidad	Q 141.10	Q 458,575.00
3.2.4	PRESTACIONES	1	Global	Q 369,333.52	Q 369,333.52
				Suman	Q 937,538.93
	TOTAL				Q 1,203,990.18
	COSTO UNITARIO	550	Tubo	Q 2,189.07	Q 1,203,990.18
4	POZOS DE VISITA < 2m	68	Pozos		
4.1	MATERIALES				
4.1.1	Arena de río	39.5	m ³	Q 140.00	Q 5,530.00
4.1.2	Piedrin	46	m ³	Q 185.00	Q 8,510.00
4.1.3	Cemento	440	Unidad	Q 43.00	Q 18,920.00
4.1.4	Hierro No. 4	25	qq	Q 264.38	Q 6,609.50
4.1.5	Hierro No. 3	75	qq	Q 268.53	Q 20,139.75
4.1.6	Alambre de amarre	20	lb	Q 3.50	Q 70.00
4.1.7	Alquiler de molde metálico para fundición	68	Unidad	Q 75.00	Q 5,100.00
4.2	FLETE DE MATERIALES	1	Global	Q 5,213.00	Q 5,213.00
				Suman	Q 70,092.25

Continuación Tabla XII.

PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO
CONDUCCIÓN DE DRENAJE SANITARIO TUBERÍA PVC
ALDEA SAN ANDRÉS CHÁPIL, SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ S.M.
LONGITUD (3.25 Km)

CODIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P/U	TOTAL
4.3	MANO DE OBRA				
4.3.1	Excavación de pozo de visita	427.58	m³	Q 20.00	Q 8,551.60
4.3.2	Armado No. 4 y No. 3	100	qq	Q 40.00	Q 4,000.00
4.3.3	Fundición	75.08	m³	Q 115.00	Q 8,634.20
4.3.4	Armado y desarmado de molde	68	Unidad	Q 15.00	Q 1,020.00
4.3.5	Repello y alisado de cemento	242.92	m²	Q 45.00	Q 10,931.40
4.3.6	Colocación de escalones	105	Unidad	Q 35.00	Q 3,675.00
4.3.7	PRESTACIONES	1	Global	Q 23,927.93	Q 23,927.93
				Suman	Q 60,740.13
	TOTAL				Q 130,832.38
	COSTO UNITARIO	96.25	ml	Q 1,359.30	Q 130,832.38
5	POZOS DE VISITA < 3m	17	Pozos		
5.1	MATERIALES				
5.1.1	Arena de río	15	m³	Q 140.00	Q 2,100.00
5.1.2	Piedrin	18.5	m³	Q 185.00	Q 3,422.50
5.1.3	Cemento	110	Unidad	Q 43.00	Q 4,730.00
5.1.4	Hierro No. 4	7	qq	Q 264.38	Q 1,850.66
5.1.5	Hierro No. 3	19	qq	Q 268.53	Q 5,102.07
5.1.6	Alambre de amarre	8	Libras	Q 3.50	Q 28.00
5.1.7	Alquiler de molde metálico para fundición	17	Libras	Q 75.00	Q 1,275.00
5.2	FLETE DE MATERIALES	1	Global	Q 1,519.55	Q 1,519.55
				Suman	Q 20,027.78
5.3	MANO DE OBRA				
5.3.1	Excavación de pozo de visita	160.22	m³	Q 20.00	Q 3,204.40
5.3.2	Armado No. 4 y No. 3	26	qq	Q 40.00	Q 1,040.00
5.3.3	Fundición	20.77	m³	Q 115.00	Q 2,388.55
5.3.4	Armado y desarmado de molde	17	Unidad	Q 15.00	Q 255.00
5.3.5	Repello y alisado de cemento	65.73	m²	Q 45.00	Q 2,957.85
5.3.6	Colocación de escalones	30	Unidad	Q 35.00	Q 1,050.00
5.3.7	PRESTACIONES	1	Global	Q 7,082.27	Q 7,082.27
5.3.8				Suman	Q 17,978.07
	TOTAL				Q 38,005.85
	COSTO UNITARIO	40.28	ml	Q 943.54	Q 38,005.85
6	POZOS DE VISITA < 4m	2	Pozos		
6.1	MATERIALES				
6.1.1	Arena de río	2	m³	Q 140.00	Q 280.00
6.1.2	Piedrin	2.5	m³	Q 185.00	Q 462.50
6.1.3	Cemento	13	Unidad	Q 43.00	Q 559.00
6.1.4	Hierro No. 4	2	qq	Q 264.38	Q 528.76
6.1.5	Hierro No. 3	3	qq	Q 268.53	Q 805.59
6.1.6	Alambre de amarre	4	Libras	Q 3.50	Q 14.00
6.1.7	Alquiler de molde metálico para fundición	2	Unidad	Q 125.00	Q 250.00
6.2	FLETE DE MATERIALES	1	Global	Q 226.55	Q 226.55
				Suman	Q 3,126.40
6.3	MANO DE OBRA				
6.3.1	Excavación de pozo de visita	25.5	m³	Q 20.00	Q 510.00
6.3.2	Armado No. 4 y No. 3	5	qq	Q 40.00	Q 200.00
6.3.3	Fundición	3.45	m³	Q 115.00	Q 396.75
6.3.4	Armado y desarmado de molde	2	Unidad	Q 15.00	Q 30.00
6.3.5	Repello y alisado de cemento	7.75	m²	Q 45.00	Q 348.75
6.3.6	Colocación de escalones	30	Unidad	Q 35.00	Q 1,050.00
6.3.7	PRESTACIONES	1	Global	Q 1,648.08	Q 1,648.08
				Suman	Q 4,183.58
	TOTAL				Q 7,309.98
	COSTO UNITARIO	6.93	ml	Q 1,054.83	Q 7,309.98
7	FOSA SÉPTICA	2	Unidad		
7.1	MATERIALES				
7.1.1	Arena de río	15	m³	Q 140.00	Q 2,100.00
7.1.2	Piedrin	30	m³	Q 185.00	Q 5,550.00
7.1.3	Cemento	274	Unidad	Q 43.00	Q 11,782.00
7.1.4	Hierro No. 3	68	qq	Q 268.53	Q 18,260.04
7.1.5	Alambre de amarre	135	Libras	Q 3.50	Q 472.50
7.1.6	Madera para formaleta	595	pt	Q 4.50	Q 2,677.50
7.1.7	Párales de 3" x 3" x 9"	216	pt	Q 4.50	Q 972.00
7.1.8	Tendales de 3" x 4" x 9"	288	pt	Q 4.50	Q 1,296.00
7.1.9	Clavo para formaleta	40	Libras	Q 3.00	Q 120.00

Continuación Tabla XII.

PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO
CONDUCCIÓN DE DRENAJE SANITARIO TUBERÍA PVC
ALDEA SAN ANDRÉS CHÁPIL, SAN PEDRO SACATEPEQUEZ S.M.
LONGITUD (3.25 Km)

		7.1.10	Tee pvc de 6"	4	Unidad	Q 80.00	Q 320.00
		7.1.11	Tangit	4	Cuartos	Q 90.00	Q 360.00
		7.1.12	Tubo pvc 6" Norma F-949	12	Unidad	Q 401.80	Q 4,821.60
	7.2		FLETE DE MATERIALES	1	Global	Q 3,778.75	Q 3,778.75
						Suman	Q 47,688.79
	7.3		MANO DE OBRA				
		7.3.1	Limpieza y nivelación	81	m²	Q 25.00	Q 2,025.00
		7.3.2	Trazo y estaqueado	81	m²	Q 5.00	Q 405.00
		7.3.3	Excavación	212	m³	Q 20.00	Q 4,240.00
		7.3.4	Armado No. 3	68	qq	Q 40.00	Q 2,720.00
		7.3.5	Fundición	33.8	m²	Q 115.00	Q 3,887.00
		7.3.6	Encofrado y desencofrado	811	pt	Q 1.25	Q 1,013.75
		7.3.7	Repello + alisado de cemento	191.7	m²	Q 45.00	Q 8,626.50
		7.3.8	Hechura caja distribuidora 1 m³	2	Unidad	Q 500.00	Q 1,000.00
		7.3.9	Colocación de tubo pvc de 6"	72	ml	Q 10.00	Q 720.00
		7.3.10	Hechura de grada canal	20	ml	Q 50.00	Q 1,000.00
		7.3.11	PRESTACIONES	1	Global	Q 16,664.21	Q 16,664.21
						Suman	Q 42,301.46
			TOTAL				Q 89,990.25
			COSTO UNITARIO	81	m²	Q 1,110.99	Q 89,990.25
8			CAJA DERIVADORA DE CAUDAL	1	Unidad		
	8.1		MATERIALES				
		8.1.1	Codo PVC 6" a 45°	4	Unidad	Q 70.00	Q 280.00
		8.1.2	Codo PVC 6" a 90°	1	Unidad	Q 75.00	Q 75.00
		8.1.3	Tangit	2	Cuartos	Q 90.00	Q 180.00
		8.1.4	Cemento	42	Unidad	Q 43.00	Q 1,806.00
		8.1.5	Arena	2.8	m³	Q 140.00	Q 392.00
		8.1.6	Piedrín	5.6	m³	Q 185.00	Q 1,036.00
		8.1.7	Hierro No.3	2	qq	Q 268.53	Q 537.06
		8.1.8	Alambre de amarre	20	Libras	Q 3.50	Q 70.00
		8.1.9	Madera para formaleta	155	pt	Q 4.50	Q 697.50
		8.1.10	Clavo para formaleta	15	Libras	Q 3.00	Q 45.00
	8.2		FLETE DE MATERIALES	1	Global	Q 364.25	Q 364.25
						Suman	Q 5,482.81
	8.3		MANO DE OBRA				
		8.3.1	Limpieza y nivelación	4.785	m²	Q 25.00	Q 119.63
		8.3.2	Trazo y estaqueado	4.785	m²	Q 5.00	Q 23.93
		8.3.3	Excavación	10.53	m³	Q 20.00	Q 210.60
		8.3.4	Armado No. 3	2	qq	Q 40.00	Q 80.00
		8.3.5	Fundición	4.85	m²	Q 115.00	Q 557.75
		8.3.6	Encofrado y desencofrado	155	pt	Q 1.25	Q 193.75
		8.3.7	Repello + alisado de cemento	24.25	m²	Q 45.00	Q 1,091.25
		8.3.8	PRESTACIONES	1	Global	Q 1,479.98	Q 1,479.98
						Suman	Q 3,756.88
			TOTAL				Q 9,239.69
			COSTO UNITARIO	4.785	m²	Q 1,930.97	Q 9,239.69
9			ACOMETIDA	161	unidades		
	9.1		MATERIALES				
		9.1.1	Tubo de cemento de 12"	161	Unidad	Q 22.00	Q 3,542.00
		9.1.2	Tubo pvc de 6"	161	Unidad	Q 401.80	Q 64,689.80
		9.1.3	Arena de río	15	m³	Q 140.00	Q 2,100.00
		9.1.4	Piedrín	15	m³	Q 185.00	Q 2,775.00
		9.1.5	Cemento	125	Unidad	Q 43.00	Q 5,375.00
		9.1.6	Hierro No. 3	60	qq	Q 140.00	Q 8,400.00
		9.1.7	Hierro No. 2	12	qq	Q 145.00	Q 1,740.00
		9.1.8	Madera par formaleta	700	pt	Q 2.00	Q 1,400.00
		9.1.9	Clavo para formaleta de 2 1/2"	35	lb	Q 3.50	Q 122.50
		9.1.10	alambre de amarre	160	lb	Q 3.50	Q 560.00
	9.3		FLETE DE MATERIALES	1	Global	Q 9,070.43	Q 9,070.43
						Suman	Q 99,774.73
	9.4		MANO DE OBRA				
		9.4.1	Construcción de conexión domiciliar	161	Unidad	Q 140.00	Q 22,540.00
		9.4.2	PRESTACIONES	1	Global	Q 14,651.00	Q 14,651.00
						Suman	Q 37,191.00
			TOTAL				136,965.73
			COSTO UNITARIO	161	Acomtida	850.72	136,965.73

2.7. Cronograma de trabajo físico-financiero del proyecto

Tabla XIII. Cronograma de trabajo Físico-financiero del proyecto

CRONOGRAMA DE TRABAJO FÍSICO-FINANCIERO

Cód.	Descripción	Sub-Total	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4
1.0	Trabajos preliminares de obra	Q 14,001.40	Q 14,001.40			
2.0	Herramientas	Q 10,625.00	Q 1,328.13	Q 1,328.13	Q 1,328.13	Q 1,328.13
3.0	Colector PVC 62 Norma ASTM F-949	Q 1,203,990.18	Q 171,998.60	Q 171,998.60	Q 171,998.60	Q 171,998.60
4.0	Pozos de visita < 2m	Q 130,832.38	Q 32,708.10	Q 32,708.10	Q 32,708.10	Q 32,708.10
5.0	Pozo de visita < 3m	Q 38,005.85			Q 19,002.93	Q 19,002.93
6.0	Pozo de visita < 4m	Q 7,309.98			Q 7,309.98	
7.0	Fosa séptica	Q 89,990.25	Q 29,996.75	Q 29,996.75	Q 29,996.75	
8.0	Caja derivadora de caudal	Q 9,239.69	Q 9,239.69			
9.0	Acometida domiciliar	Q 136,965.73				Q 27,393.15
10.0	Administración	Q 238,672.79	Q 29,834.10	Q 29,834.10	Q 29,834.10	Q 29,834.10
11.0	Gastos imprevistos	Q 79,557.60	Q 9,944.70	Q 9,944.70	Q 9,944.70	Q 9,944.70
TOTAL		Q 1,959,190.85	Q 299,051.46	Q 275,810.37	Q 302,123.27	Q 292,209.69
TOTAL ACUMULADO			Q 299,051.46	Q 574,861.82	Q 876,985.09	Q 1,169,194.78
PORCENTUAL ACUMULADO			15.26%	29.34%	44.76%	59.68%

Continuación Tabla XIII.

CRONOGRAMA DE TRABAJO FÍSICO-FINANCIERO

Cód.	Descripción	Sub-Total	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8
1.0	Trabajos preliminares de obra	Q 14,001.40				
2.0	Herramientas	Q 10,625.00	Q 1,328.13	Q 1,328.13	Q 1,328.13	Q 1,328.13
3.0	Colector PVC 62 Norma ASTM F-949	Q 1,203,990.18	Q 171,998.60	Q 171,998.60	Q 171,998.60	
4.0	Pozos de visita < 2m	Q 130,832.38				
5.0	Pozo de visita < 3m	Q 38,005.85				
6.0	Pozo de visita < 4m	Q 7,309.98				
7.0	Fosa séptica	Q 89,990.25				
8.0	Caja derivadora de caudal	Q 9,239.69				
9.0	Acometida domiciliar	Q 136,965.73	Q 27,393.15	Q 27,393.15	Q 27,393.15	Q 27,393.15
10.0	Administración	Q 238,672.79	Q 29,834.10	Q 29,834.10	Q 29,834.10	Q 29,834.10
11.0	Gastos imprevistos	Q 79,557.60	Q 9,944.70	Q 9,944.70	Q 9,944.70	Q 9,944.70
TOTAL		Q 1,959,190.85	Q 240,498.67	Q 240,498.67	Q 240,498.67	Q 68,500.07
TOTAL ACUMULADO			Q 1,409,693.45	Q 1,650,192.11	Q 1,890,690.78	Q 1,959,190.85
PORCENTUAL ACUMULADO			71.22%	83.82%	96.41%	100.00%

2.8. Evaluación de impacto ambiental

2.8.1. Definición del estudio

La evaluación de EIA es una metodología especializada, utilizada en muchas partes del mundo, para identificar los efectos negativos o positivos de un determinado proyecto y presentar alternativas viables. Tiene como propósito fundamental detectar todas las consecuencias significativas, benéficas y adversas de una acción propuesta, para que quienes toman decisiones cuenten con elementos científicos – técnicos que les apoyen para determinar la mejor opción.

La EIA se basa sustancialmente en la existencia de suficiente información básica de una determinada zona. Normalmente este tipo de estudio se requiere para obras de gran magnitud (carreteras, represas, acuicultura, agricultura, forestal, alcantarillados, etc.) o cuando las acciones planificadas se encuentren dentro de zonas frágiles (áreas protegidas, ecosistemas estuarinos, bosques tropicales húmedos, etc.) o si el proyecto tiene influencia sobre áreas de gran interés cultural, étnico o histórico.

La evaluación de impacto ambiental debe ser flexible y acorde con las realidades de cada país, este trabajo permite afirmar que se cuenta con experiencia, base y metodologías para evaluar impactos. El proceso de evaluación es la planificación de acciones de distinto nivel, desde políticas a proyectos individuales. No obstante, para identificar con facilidad el concepto de que es una evaluación de impacto ambiental, se considera necesario aclarar dos procesos cuya finalidad en la práctica son totalmente distintos. El término evaluación ambiental denota el proceso de evaluar los impactos al medio ambiente y la evaluación de impacto ambiental se refiere al documento que

detalla el proceso de evaluación ambiental para una acción particular o tipos de acción.

2.8.2. Fines de la evaluación ambiental

Para la construcción del drenaje sanitario de los caseríos Ojo de Agua, San Pedrito y Esquipulas de la aldea San Andrés Chápil, los impactos generados se consideran poco significativos al ambiente, por lo que se puede realizar una evaluación rápida. A continuación se detalla la lista de impactos ambientales del proyecto tomados en consideración:

Tabla XIV. Lista de control de los impactos ambientales

	SI	PUEDA SER	NO	COMENTARIOS
FORMAS DEL TERRENO				
¿PRODUCIRÁ EL PROYECTO?				
¿Pendientes o terraplenes inestables?			X	
¿Una amplia destrucción del desplazamiento del suelo?			X	
¿Un impacto sobre terrenos agrarios?			X	
¿Cambios en las formas del terreno, orillas, cauces de ríos?			X	
¿Destrucción, ocupación o modificación de rasgos físicos?			X	
AIRE/CLIMATOLOGÍA				
¿PRODUCIRÁ EL PROYECTO?				
¿Emisiones de contaminantes aéreos que provoquen deterioro de la calidad del aire ambiental?			X	
¿Olores desagradables?			X	
¿Alteración de movimientos del aire, humedad o temperatura?			X	
¿Emisión de contaminantes aéreos peligrosos?			X	
AGUA				
¿PRODUCIRÁ EL PROYECTO?				
¿Vertidos a un sistema público de aguas?			X	
¿Cambios en las corrientes de agua dulce?			X	
¿Cambios en los índices de absorción, pautas de drenajes o cantidades de agua de escorrentía?			X	
¿Represas, control o modificaciones de algún cuerpo?			X	
¿Vertidos en aguas superficiales o alteraciones de la calidad del agua considerando, temperatura, turbidez?			X	
¿Alteraciones de la dirección o volumen del flujo de aguas subterráneas?			X	
¿Alteraciones de la calidad del agua subterráneas?			X	
¿Contaminación de las reservas públicas de agua?			X	
¿Infracción de cursos de agua?			X	

Continuación tabla XIV.

	SI	PUEDA SER	NO	COMENTARIOS
¿Instalándose en un área inundable fluvial o litoral?			X	
¿Riesgo de exposición de personas al agua tales como las inundaciones?			X	
RESIDUOS SÓLIDOS				
¿PRODUCIRÁ EL PROYECTO?				
¿Residuos sólidos o basuras en volumen significativo?			X	
RUIDO				
¿PRODUCIRÁ EL PROYECTO?				
¿Aumento en los niveles sonoros previos?		X		Movimiento de equipo
¿Mayor exposición de la gente a ruidos elevados?			X	
VIDA VEGETAL				
¿PRODUCIRÁ EL PROYECTO?				
¿Cambios en la diversidad o productividad o en el número de alguna especie de planta?			X	
¿Introducción de especies nuevas dentro de la zona o creará una barrera para el normal desarrollo pleno de las especies existentes?			X	
¿Reducción o daño en la extensión de algún cultivo agrícola?			X	
¿Represas, control o modificaciones de algún cuerpo?			X	
VIDA ANIMAL				
¿PRODUCIRÁ EL PROYECTO?				
¿Reducirá el hábitat o número de individuos de alguna especie animal considerada como única?			X	
¿Introducirá nuevas especies animales en el área o creará una abarrera a las migraciones o movimientos de los animales terrestres?			X	
¿Dañará los actuales hábitats naturales?			X	
¿Provocará la emigración generando problemas de interacción entre los humanos y los animales?			X	
USO DEL SUELO				
¿PRODUCIRÁ EL PROYECTO?				
¿Alterará sustancialmente los usos actuales o previstos del área?			X	
¿Provocará impacto sobre elementos de vida salvaje?			X	
RECURSOS NATURALES				
¿PRODUCIRÁ EL PROYECTO?				
¿Aumentará la intensidad del uso de algún recurso natural?			X	
¿Destruirá sustancialmente algún recurso no reutilizable?			X	
¿Se situará en un área designada considerada como reserva natural?			X	
ENERGÍA				
¿EL PROYECTO?				
¿Utilizará cantidades considerables de combustible o de energía?			X	
¿Aumentará considerablemente la demanda de las fuentes actuales de energía?			X	
TRANSPORTE Y FLUJO DE TRÁFICO				
¿EL PROYECTO OCACIONARÁ?				
¿Un movimiento adicional de vehículos?	X			Obstrucción de calles
¿Efectos sobre las instalaciones de aparcamientos o necesitará nuevos aparcamientos?			X	
¿Alteraciones sobre las actuales rutas de circulación y movimiento de gente y/o vienes?			X	

Continuación tabla XIV.

	SI	PUEDA SER	NO	COMENTARIOS
¿Un impacto considerable sobre los sistemas actuales de transporte?		X		Obstrucción de calles
¿Un aumento de los riesgos del tráfico para vehículos motorizados, bicicletas o peatones?	X			Zanjeo de colectores
¿La construcción de nuevas calles?			X	
INFRAESTRUCTURA				
¿EL PROYECTO PRODUCIRA DEMANDA DE?				
¿Energía y gas natural?			X	
¿Sistemas de comunicación?			X	
¿Agua?			X	
¿Saneamiento o fosas sépticas?	X			Tratamiento propuesto en el diseño
¿Red de aguas blancas o pluviales?	X			Para sistemas de riego en cultivos
POBLACIÓN				
¿EL PROYECTO?				
¿Alterara la ubicación o distribución humana en el área?			X	
RIESGOS DE ACCIDENTES				
¿EL PROYECTO?				
¿Implicará el riesgo de explosión o escapes de sustancias potencialmente peligrosas incluyendo, pero no sólo, petróleo, pesticidas, productos químicos, radiación u otras sustancias tóxicas en el caso de un accidente o una situación desagradable?			X	
SALUD HUMANA				
¿EL PROYECTO?				
¿Crearé algún riesgo real o potencial para la salud?	X			Emanación de polvo
¿Expondrá a la gente a riesgos potenciales para la salud?	X			Emanación de polvo
ECONOMIA				
¿EL PROYECTO?				
¿Tendrá algún efecto adverso sobre las condiciones económicas locales, turismo, empleo?			X	
			X	
REACCIÓN SOCIAL				
¿ES ESTE PROYECTO?				
¿Conflicto en potencia?			X	
¿Una contradicción respecto a los planes u objetivos que se han adoptado a nivel local?			X	
ESTÉTICA				
¿EL PROYECTO?				
¿Cambiará una vista escénica o un panorama abierto al público?	X			Proceso constructivo
¿Crearé una ubicación estéticamente ofensiva abierta a al vista del público?			X	
¿Cambiará significativamente la escala visual o el carácter del entorno próximo?	X			Proceso constructivo

Continuación tabla XIV.

	SI	PUEDA SER	NO	COMENTARIOS
ARQUEOLOGIA, CULTURA, HISTORIA				
¿EL PROYECTO?				
¿Alterará sitios, construcciones, objetivos o edificios de interés arqueológico, cultural o histórico?			X	
RESIDUOS PELIGROSOS				
¿EL PROYECTO?				
¿Implicará la generación, transporte, almacenaje o eliminación de algún residuo peligroso (abesto)?			X	

2.8.3. Medidas de mitigación

2.8.3.1. En operación

En la etapa de funcionamiento del proyecto de drenaje sanitario de los caseríos Ojo de Agua, San Pedrito y Esquipulas de la aldea San Andrés Chápil, es cuando se llegan a generar los impactos ambientales de mayor significado, principalmente en lo relativo a desechos sólidos y líquidos que el sistema recolecta.

Dada la contaminación que generan las aguas residuales, se pueden reducir mediante los siguientes procesos:

- Los métodos de tratamiento de las aguas servidas deben de quedar instaladas tal y como se han descrito en los diseños y planos del proyecto, para que los desechos sólidos y líquidos sean tratados de la manera indicada y propuesta.

- Para el tratamiento de aguas servidas propuesto, es importante indicar que las fosas sépticas, deben ser limpiadas de los lodos por lo menos cada 6

meses, para lo cual se necesita que exista una directiva entre los habitantes, que contraten periódicamente un camión con bomba succionadora, que saque los lodos orgánicos y los deposite en un lugar específico que tengan previamente aprobado o que lo saquen manualmente y los depositen en las áreas forestales, para abono de los árboles, no dejando los lodos superficiales, sino zanjeados alrededor del mismo.

- Por la derivación de gases de la fosa séptica, se debe de considerar una posibilidad de riesgo por incendio, por lo que se estima conveniente tener siempre a la mano extintores y si fuese posible la colocación de hidrantes impulsados por bombas hidroneumáticas en áreas específicas cercanas las fosas. En este sentido, es conveniente que se deje recomendado a los habitantes que se organicen en una brigada de salvamento y sean adiestrados por alguna compañía de bomberos.

2.8.3.2. En construcción

En los trabajos de construcción del sistema de drenaje, es importante considerar las siguientes medidas de mitigación para su ejecución:

- A la hora de realizar los movimientos de tierra debe de buscarse el acomodamiento más adecuado del sitio donde se harán los depósitos de tierra, controlando que estos sean asentados en áreas donde no se provoquen deslizamientos indeseados por escorrentía superficial
- Se deben colocar letrinas y basureros necesarios provisionales, en el área de construcción de tal manera que los trabajadores, no contaminen los alrededores, siendo esto de suma necesidad y obligatorio.

- Deben de tomarse en cuenta todas las medidas de seguridad necesarias de acuerdo con el manual de seguridad e higiene de la construcción, para que los trabajadores de la construcción y los maquinistas sean más educados para evitar la mayor cantidad de accidentes.
- La importancia de la naturaleza y los valores estéticos, pueden superarse mediante programas de educación ambiental, dirigidos al personal que intervendrá en alguna de las etapas del proyecto y a los habitantes del proyecto.
- Debe de existir un ingeniero de planta que supervise constantemente los procesos de construcción.
- La obtención del agua potable por parte de los trabajadores en la etapa de construcción es un problema, que al igual que en todas las construcciones, sufre el trabajador la obtención del agua para tomar, se recomienda que se hagan tanques de abastecimiento provisionales para la obtención del vital líquido, además se deberá de clorar el agua si esta estuviese contaminada.

2.9. Evaluación socio económica

Al realizar el análisis económico de un proyecto se pueden tomar varios puntos de vista. Si se desea saber la rentabilidad del proyecto, el análisis tendría que ser desde el punto de vista del inversionista o en el caso del proyecto de alcantarillado sanitario de los caseríos Ojo de Agua, San Pedrito y Esquipulas de la aldea San Andrés Chápil, asumir que el valor del proyecto es financiado y recuperado de alguna manera, es decir, que se considera cuánto cuesta hacer el proyecto y que se obtiene con ello (ingresos). El costo de un proyecto es la suma del valor de los recursos o insumos que dicha obra ocupa

durante su vida útil y cuya aplicación se justifica sólo si a partir de la utilización de ellos se genera un beneficio directo o indirecto para toda la comunidad o parte de ella.

El alcantarillado sanitario también puede ser analizado desde el punto de vista del proyecto, es decir, desde un punto de vista social, comprendido por una inversión que se realiza por parte del Gobierno de Guatemala, en el cual no se recupera dicha inversión y la atención se enfoca en la cantidad de beneficiarios que atenderá el proyecto.

2.9.1. Valor Presente Neto (VPN)

El Valor Presente Neto nos indica el valor real del dinero a través del tiempo, consiste en trasladar a una sola cantidad equivalente en el tiempo presente, los valores futuros y series de anualidades del flujo de efectivo de un proyecto.

Para el análisis del proyecto de alcantarillado sanitario en la aldea San Andrés Chápil, se asume una tasa de interés del 6%, dado que el proyecto no es de carácter lucrativo, sino de carácter social, la tasa debe ser lo más baja posible.

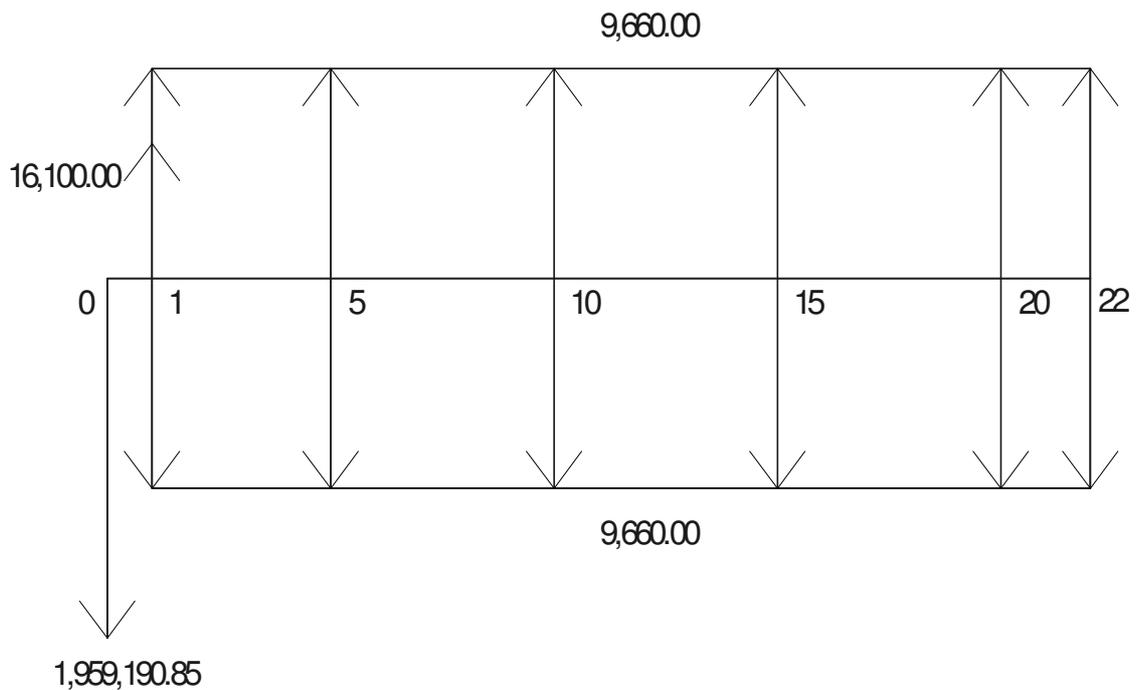
Además, el proyecto contará con el aporte comunitario, de dos maneras diferentes, el primero será el pago de la instalación de acometida domiciliar, que constará de Q100.00 por vivienda, en el primer año; mientras que el segundo aporte será de Q5.00 mensuales por cada vivienda, por concepto del mantenimiento de la fosa séptica, estos precios fueron establecidos por la alcaldía auxiliar de San Andrés Chápil en mutuo acuerdo con los habitantes beneficiados de los caseríos que involucra la red de alcantarillado sanitario;

recaudando una cantidad anual de Q60.00 por vivienda, si tomamos en cuenta que hay 161 hogares, se obtienen los siguientes resultados:

$$161 * Q100.00 = Q16100.00 \text{ por acometida domiciliar}$$

$$161 * Q60.00 = Q9660.00 \text{ por mantenimiento de la fosa séptica}$$

Figura 3. Diagrama de flujo de efectivo



La anualidad se puede pasar al presente, a través del factor de serie uniforme valor presente, el cual es:

$$P = A * \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i * (1+i)^n} \right]$$

$$P = 9660 * \frac{(1.06)^{22} - 1}{0.06 * (1.06)^{22}}$$

$$P = 116,321.70$$

El Valor Presente Neto es exactamente el mismo para los ingresos como para los egresos durante los 22 años por lo tanto, al realizar la suma algebraica se eliminan uno al otro.

Además, el aporte comunitario por la acometida domiciliar se convierte a un valor presente por medio del factor de pago único valor presente, de la siguiente manera:

$$P = F * \frac{1}{(1 + i)^n}$$

$$P = 16,100 * \frac{1}{(1.06)^1}$$

$$P = 15,188.70$$

Entonces, el Valor Presente Neto queda de la siguiente manera:

$$VPN = 15,188.70 - 1,959,190.85 + 9,660.00 - 9,660.00 = - 1,944,002.15$$

Como se puede observar, el Valor Presente Neto de este proyecto es negativo, sin producir ninguna utilidad, cumpliendo su objetivo de carácter social, promoviendo desarrollo en los caseríos Ojo de Agua, San Pedrito y Esquipulas de la aldea San Andrés Chápil, teniendo como beneficiarios los

habitantes de dicha aldea, con el saneamiento adecuado y la reducción de enfermedades.

2.10. Tasa Interna de Retorno

La Tasa Interna de Retorno se define como la tasa en la cual, el valor presente neto se hace igual a cero; también es el punto en donde un proyecto no tiene ni pérdidas ni ganancias.

El cálculo de la Tasa Interna de Retorno se puede realizar proponiendo dos tasas de utilidad diferentes, con las cuales se procede a calcular las respectivas cantidades que representen el Valor Presente Neto.

Se propone una tasa de -99.20%, entonces se obtiene:

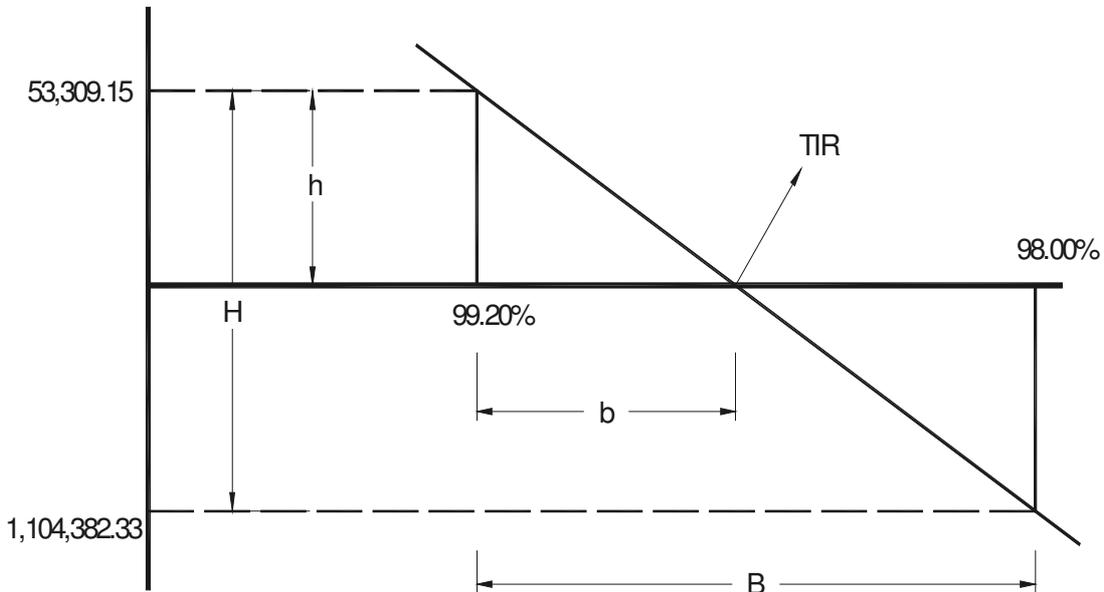
$$P = \frac{16100}{(1-0.992)^1} = 2,012,500.00$$

El Valor Presente Neto es positivo, procediendo a sumar algebraicamente con el egreso de la inversión inicial, y las anualidades destinadas al funcionamiento del sistema de alcantarillado sanitario:

$$-1,959,190.85 + 2,012,500.00 + 9,660.00 - 9,960.00 = 53,309.15$$

Mientras que con una tasa de -98%, se obtiene $P = 80,500.00$ y un valor presente neto $VPN = -1,104,382.33$

Figura 4. Diagrama de Tasa Interna de Retorno



Del diagrama resultan los siguientes datos, sin tomar en cuenta el signo:

$$\begin{aligned}
 B &= 1.20\% & H &= 53,309.15 + 1,104,382.33 = 1,157,691.48 \\
 b &= x & h &= 53,309.15
 \end{aligned}$$

Se hace una relación de triángulos para obtener:

$$\frac{B}{H} = \frac{b}{h} \quad \Rightarrow \quad \frac{1.20}{1,157,691.48} = \frac{x}{53,309.15}$$

$$x = 0.055$$

$$\text{TIR} = -99.20\% + 0.055\% = -99.145\%$$

En este proyecto, la Tasa Interna de Retorno es negativa, por lo tanto, no existe utilidad alguna, siendo un proyecto de carácter social.

3. DISEÑO DEL PUENTE VEHICULAR DE 38.80 m, PARA ALDEA PIEDRA GRANDE DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS

3.1. Especificaciones técnicas sobre puentes

3.1.1. Criterios técnicos

- Puente: es una estructura que permite conectar el tráfico a través de cualquier interrupción al trazo de una carretera tal como un río, quebrada, cañón o barranco existente en la zona.
- Superestructura: está compuesta por la losa, vigas principales, diafragmas internos y externos, barandales, banquetas.
- Subestructura: está compuesta por los elementos que soportan el puente, como las vigas de apoyo, estribos, pila, columna central y zapata.
- Los puentes para su uso pueden ser divididos en puentes para caminos, ferrocarriles, mixtos, canales y para peatones. Según su duración pueden ser provisionales y definitivos. Por su condición fijos, móviles o desmontables. Por la forma de efectuar el cruce en normal o diagonal; si los puentes cruzan otra vía de comunicación pueden ser de paso superior o de paso inferior.

Para este proyecto el tipo del puente a utilizar es un puente para acceso principal, por su duración es definitivo, por su condición de apoyos fijos y el cruce es normal. El puente tiene la característica de ubicarse en una quebrada que en tiempos anteriores era un puente colgante que facilitaba el cruce peatonal de las personal de los caseríos de la aldea y conforme el paso del tiempo fue habilitado el paso vehicular por medio de la comunidad, realizando

ellos un relleno con tierra en la quebrada que facilitaba momentáneamente el paso de vehículos en forma difícil e insegura para las personas.

3.1.2. Normas aplicables de diseño

Para realizar los diseños de puentes de concreto o acero para carreteras a menudo se basan en las normas de la última edición de Standard Specification for Highway Bridges, de la American Association of State Highway and Transportation Oficial (AASHTO), de la cual toma las especificaciones la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES).

Se tomarán también para el diseño las especificaciones generales para construcción de puentes y carreteras, de la Dirección General de Caminos, Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas, vigente en la República de Guatemala y por último se tomarán algunas normas del American Concrete Institute (Código ACI 318-99).

3.1.3. Recomendaciones de ejecución y supervisión

Según las especificaciones de la Dirección General de Caminos el espíritu que prevalece es que cada elemento debe asumir la responsabilidad que le corresponde, el que diseña es el responsable del diseño, el que construye es el responsable de la construcción y el que supervisa es el responsable de que la construcción se ejecute de conformidad con el diseño aprobado por la Dirección General de Caminos.

3.2. Estudios topográficos, hidrológico y de suelos

3.2.1. Levantamiento topográfico

□ Planimetría

Está definida como el conjunto de trabajos necesarios para representar gráficamente la superficie de la tierra, tomando como referencia el norte para su orientación. En los trabajos de medición de la planimetría del proyecto se utilizó el método de radiaciones hasta formar una poligonal cerrada, esto con el propósito de encontrar todos los puntos necesarios que formen parte del terreno en cuestión.

□ Altimetría

Es la medición de las alturas de una superficie de la tierra, con el fin de representarlas gráficamente para que junto con la planimetría se defina la superficie en estudio. Para su realización se tomó en consideración la toma de las medidas de la lectura de hilos superior, medio e inferior y la altura del instrumento. Para que en gabinete al realizar los cálculos necesarios se encontrarán las respectivas cotas de terreno de cada punto en cuestión que se habían obtenido en la planimetría. Los resultados de planimetría y altimetría se presentan en los planos en el anexo No. 3.

3.2.2. Estudio hidrológico e hidráulico

El proyecto de un puente para un río exige el conocimiento del caudal en las crecientes máximas extraordinarias, en las crecientes ordinarias y en el verano, la duración de las misas, los niveles que alcanza el río, las zonas de

inundación, la dirección de la corriente en las crecientes; esta información es indispensable cuando se va a definir las características de la obra.

Hay diversos procedimientos que se utilizan para estimar el caudal en las crecientes, se hace mención de algunos de ellos:

- El primero consiste en utilizar los registros de una estación de aforo próxima al sitio donde se realizará la construcción del puente.
- El segundo método es el de sección pendiente, éste utiliza fórmulas validas para los ríos, aunque solamente se estará hallando valores próximos a los reales.
- El tercer método es el denominado Método Racional algunos autores lo recomiendan para utilizarlos en cuencas de hasta 25 Km. cuadrados y otros para áreas reducidas, se debe tener mucho cuidado con su aplicación.

Para realizar el estudio hidrológico del proyecto según las características que este presenta, se opto por el método racional.

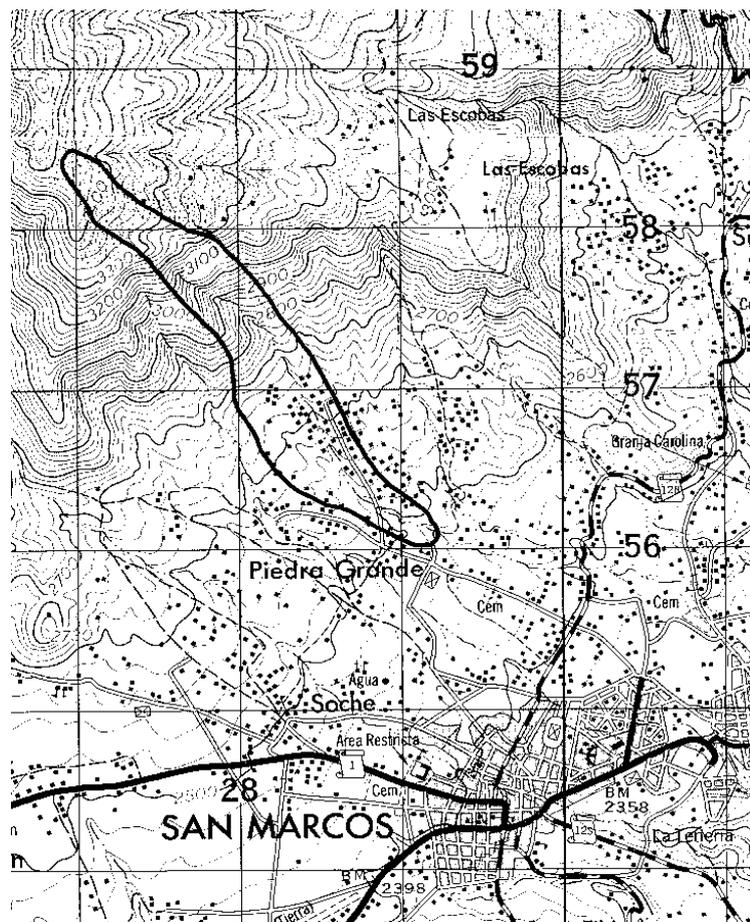
3.2.2.1. Método racional

Este es un método hidrometeorológico con el cuál se pueden determinar crecidas por medio del análisis de la frecuencia de lluvias intensas, solamente se puede aplicar cuando se ha adquirido previamente un buen conocimiento de la distribución de lluvia en la cuenca.

En el presente estudio se utiliza una derivación de este método utilizando en lugar de intensidad de lluvia la precipitación máxima caída en 24 horas.

Para el cálculo del tirante máximo extraordinario fue necesario definir el período de retorno con el cual se trabajaría. Por la importancia de este proyecto, el período de retorno escogido fue para 30 años; además, fue indispensable calcular el área de cuenca, intensidad de lluvia para el período antes descrito y el coeficiente de escorrentía para el punto de estudio donde se ubicaría el puente; también fue necesario encontrar la pendiente desde el punto más alto de la cuenca hasta el punto de estudio y la rugosidad de la quebrada.

Figura 5. Cuenca hidrográfica en estudio



Hoja cartográfica 1,860 IV y 1,861 III San Marcos

de todo lo anterior, se obtuvo:

$$h_{\text{aguas arriba}} = 3,100 \text{ msnm}$$

$$h_{\text{aguas abajo}} = 2,500 \text{ msnm}$$

$$Dh = 2.00 \text{ Km}$$

$$S = \frac{3,100 - 2500}{2,000} = 0.30$$

Datos:

$$\text{Intensidad de lluvia, } I = 333 \text{ mm/h}$$

$$\text{Área de cuenca, } A = 1.073 \text{ Km}^2 = 1073 \text{ Ha.}$$

$$\text{Coeficiente de escorrentía, } C = 0.65$$

$$\text{Pendiente, } S = 30.00 \%$$

Asumiendo que el área hidráulica de la sección se mantiene constante y que su radio hidráulico no varía, se procederá a realizar la revisión de capacidad hidráulica por medio de este método.

$$Q = \frac{0.065 * 333 * 1,073}{360} = 64.51 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Resultados teóricos:

$$Q = 64.51 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Tomando el anterior resultado se determina el valor teórico del caudal, si se diseña con un caudal de $64.51 \text{ m}^3/\text{seg}$ y con un área de 35.97 m^2 se tendría una velocidad de $1.79 \text{ m}/\text{seg}$ y si se considera que con la construcción del puente vehicular se erradicara el relleno existente habilitando el paso peatonal y vehicular con su estructura a los pobladores de la comunidad.

Adicionalmente la quebrada que salvara la estructura del puente, tendrá una mayor área en su sección longitudinal al eliminarse el relleno existente, ayudando con esto a drenar con mayor fluidez el caudal de agua pluvial que atraviesa el punto de ubicación del puente vehicular en el invierno, ya que en época de verano no se ve afectada por algún caudal de agua, al no existir un río que la atraviese.

3.2.3. Localización de crecida máxima y extramáxima

Se tomó en consideración información de orden general, que se recopiló por medio de visitas al lugar o entrevistas hechas a los miembros del comité pro-desarrollo y otros, quienes ubicaron los puntos de crecida máxima en años de lluvia, y de la crecida extramáxima durante el fenómeno natural de la tormenta STAN en el año 2005.

De esto se obtuvieron las siguientes cotas, a partir del lecho de la quebrada donde se ubica el puente:

- Cota de crecida máxima: 78.30
- Cota de crecida extramáxima: 79.80 (Stan año 2,005)

Cabe señalar que estas cotas se registran bajo los efectos ocasionados por la alteración natural del terreno hecha por los pobladores, al reducir por medio de un relleno de tierra el cauce natural de agua que puede pasar por la quebrada y que se veía de alguna manera aliviada por medio de una bóveda de piedra colocada en el centro del relleno hecha también por la comunidad.

Se señala que por medio de la erradicación total del relleno existente y con la colocación de la estructura del puente vehicular, se recobrarán el cauce

natural que puede tener la quebrada para evacuar el agua que en época de invierno afectaría la constitución del puente.

3.2.4. Estudio de suelo

Con los datos que se obtengan en la realización del estudio de suelos correspondiente en un proyecto de puente vehicular, se llega a seleccionar el tipo de subestructura y cimentación que será utilizada en el proyecto. Generalmente, se plantea el eje central del puente y se realiza las perforaciones correspondientes para determinar las características del estrato del suelo. Estas perforaciones pueden realizarse de diferente maneras algunas son perforaciones con barrenas, perforación de pozos a cielo abierto, penetrómetros (perforación estática o dinámica).

Para el estudio del suelo del puente, la municipalidad contrató a una empresa privada, quien efectuó dicho estudio, por medio de perforaciones dinámicas. El informe que entregó dicha empresa, da como resultado los datos que fueron indispensables para el diseño de la subestructura:

- Estrato de 8´ a 10´
- Tipo de suelo: A-2-4 LIMO ARENOSO

Tabla XV. Resultados de estudio de suelos

Ensayo No.	Fuerza normal (Kg.)	Fuerza de corte Kg. (fuerza hor)	Esfuerzo Normal Kg/cm ²	Esfuerzo de corte Kg/cm ²
1	20.49	15.40	1.50	1.13
2	34.15	19.84	2.50	1.45
3	47.81	24.28	3.50	1.78

Continuación tabla XV.

Área de la muestra	13.66 cm ²
Angulo de fricción interno	18°
Cohesión kg/cm ²	0.64
Peso unitario en estado natural kg/m ³	1,490.00
Última resistencia del suelo T/m ²	24.25

$$\begin{aligned} 1 \text{ Ton} &= 907.1847 \text{ kg} \\ &= 2,000 \text{ lbs.} \end{aligned}$$

Por lo que se tomaron estos datos para el diseño estructural del puente vehicular.

3.3. Analisis estructural

3.3.1. Líneas de influencia

Si una estructura está sometida a una carga viva o móvil, la variación de la fuerza cortante y del momento flexionante en el miembro se describe mejor usando la línea de influencia. Una línea de influencia representa la variación de la reacción, de la fuerza cortante, del momento flexionante o de la deflexión en un punto específico de un miembro cuando una fuerza concentrada se mueve sobre el miembro. Una vez construida esta línea, puede verse claramente dónde debe colocarse una carga viva sobre la estructura para que genere la máxima influencia en el punto especificado. Además, la magnitud de la reacción, fuerza cortante, momento o deflexión asociadas en el punto puede entonces calcularse a partir de las ordenadas del diagrama de la línea de influencia. Por estas razones, las líneas de influencia juegan una parte

importante en el diseño de puentes y otras estructuras donde las cargas se mueven a lo largo de su claro.

3.3.2. Líneas de influencia para vigas

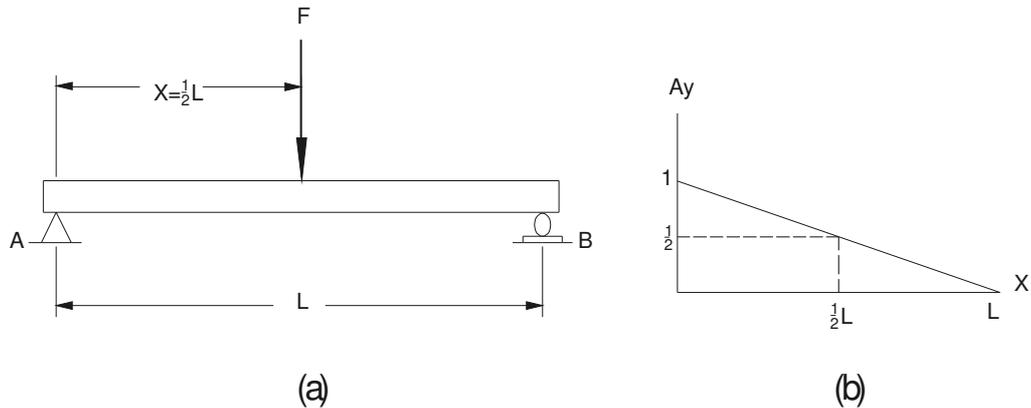
Como las vigas o traveses son a menudo los elementos principales portadores de carga de un sistema de piso o de la cubierta de un puente es importante poder construir las líneas de influencia para las reacciones, fuerza cortante o momento en cualquier punto especificado de una viga.

3.3.2.1. Cargas

Una vez construida la línea de influencia para una función (reacción, fuerza cortante o momento), será entonces posible localizar las cargas vivas sobre la viga que produzcan el valor máximo de la función respecto a esto, se considerarán ahora dos tipos de cargas:

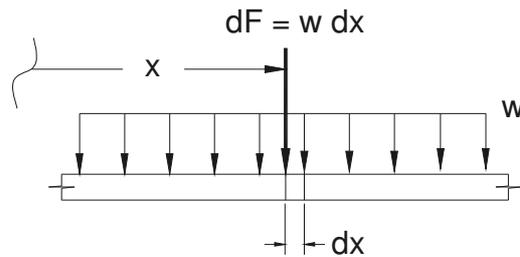
- *Fuerza concentrada.* Como los valores numéricos de una función para una línea de influencia se determinan usando una carga unitaria sin dimensiones, entonces para cualquier fuerza concentrada F que actúe sobre la figura en cualquier posición de x , el valor de la función puede encontrarse multiplicando la ordenada de la línea de influencia en la posición x por la magnitud de F , por ejemplo, la línea de influencia para la reacción en A sobre la viga AB en la figura 6 (a) es la mostrada en la figura 6 (b).

Figura 6. Línea de influencia para la reacción A sobre la viga AB

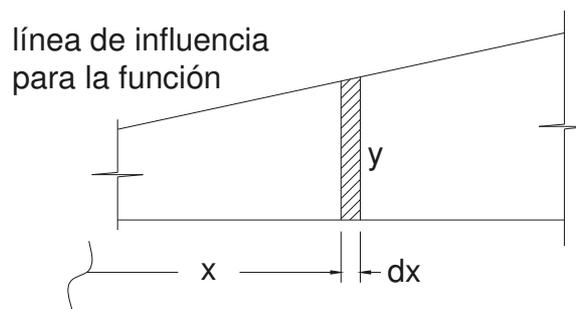


- *Carga uniforme.* Considera una porción de una viga sometida a una carga uniforme w . figura 7(a). como se muestra, cada segmento dx de la carga w crea una fuerza concentrada igual a $dF = w dx$ sobre la viga. Si dF está localizada en x , donde la ordenada de la línea de influencia de la viga para alguna función (reacción, fuerza cortante, momento) es y , figura 7(b), entonces el valor de la función es $(dF)(y) = (w dx)y$. el efecto de todas las fuerzas concentradas dF se determina integrando sobre la longitud total de la viga, en general el valor de una función causada por una carga uniforme distribuida es simplemente el área bajo la línea de influencia para la función, multiplicada por la intensidad de la carga uniforme.

Figura 7. Línea de influencia para una porción de viga sometida a una carga uniforme w .



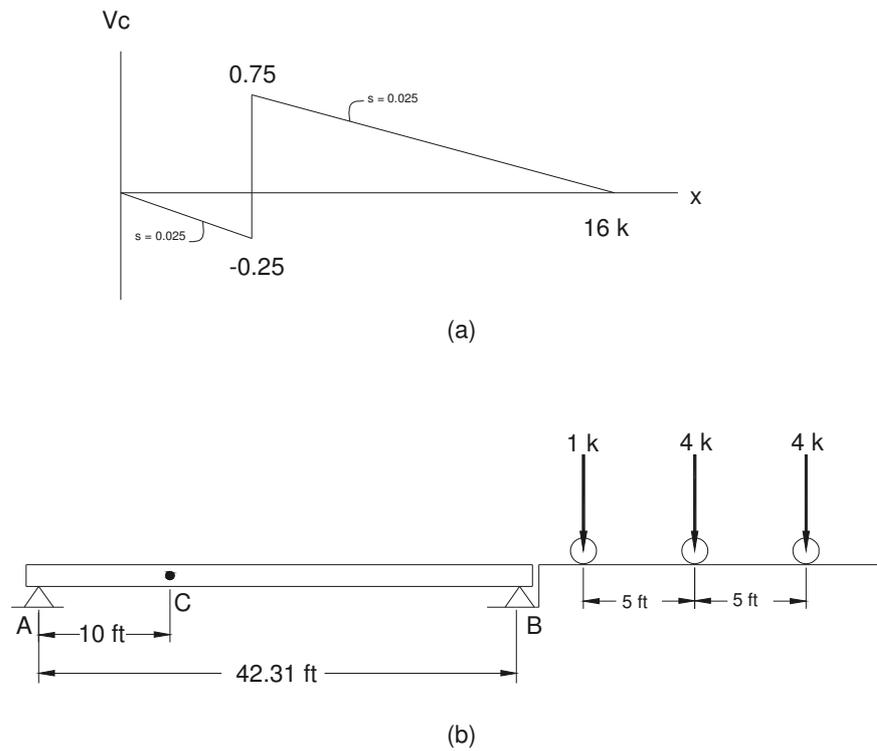
(a)



(b)

Una vez que se ha establecido la línea de influencia de una función para un punto en una estructura, el efecto máximo causado por una fuerza viva concentrada se determina multiplicando la ordenada máxima de la línea de influencia por la magnitud de la fuerza. Un ejemplo serían las cargas de ruedas de un camión, como se muestra en la figura 8 que afectaría la viga del puente vehicular en el presente diseño, tomando como referencia para el diagrama de corte el punto "C" sobre la viga. En el diseño de vigas principales se mostrara gráficamente el punto escogido para determinar el corte y momento máximo de diseño por carga viva.

Figura 8. Línea de influencia para una viga sometida a cargas concentradas.

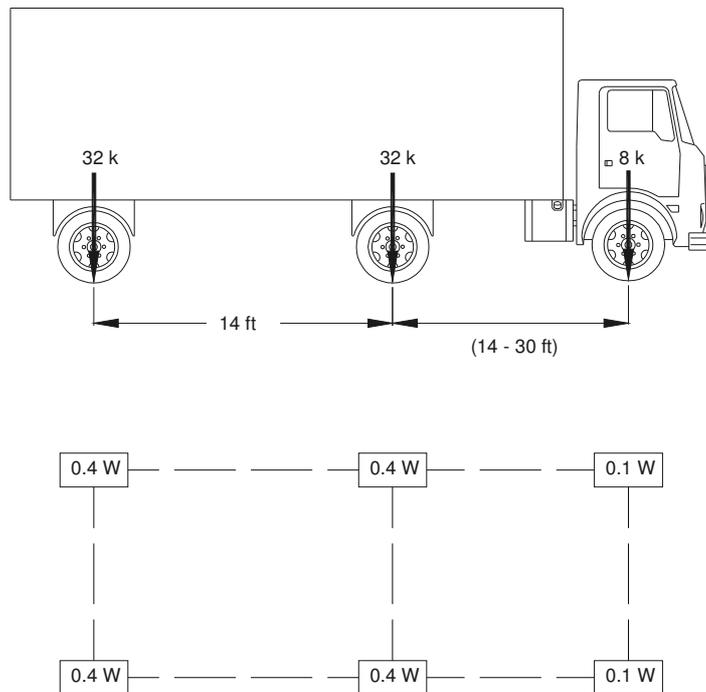


3.3.3. Cargas vivas para puentes

La carga vehicular más pesada que se encuadra es la causada por una serie de camiones. Las especificaciones para cargas de camión sobre puentes carreteros están contenidas en el código de la American Association of State and Highway Transportation Officials (AASHTO). Para camiones de dos ejes, estas cargas se designan con una H, seguida del peso del camión y otro número, que da el año de la especificación en que se reportó la carga. Por ejemplo, un H 15-44 es un camión de 15 toneladas como se da en la especificaciones de 1944.

El tamaño del camión estándar y la distribución de su peso se indican también en las especificaciones AASHTO. Por ejemplo, el HS 20-44 se muestra en la figura 9 y es un camión de 20 toneladas como se da en las especificaciones de 1944.

Figura 9. Carga de camión HS 20-44.



W = Peso combinado de los dos primeros ejes, que es igual al que tiene el camión H correspondiente.

3.4. Diseño de la superestructura

3.4.1. Diseño de la losa

3.4.1.1. Ancho del puente

Artículo 3.6.1 de ASHTO: Carril de tráfico. La carga de camión o la carga de vía ocupan un ancho de carril de 10 pies (3.05 m). Entonces para efectos de diseño, se determinó un ancho de carril de 3.50 metros.

3.4.1.2. Espesor de la losa

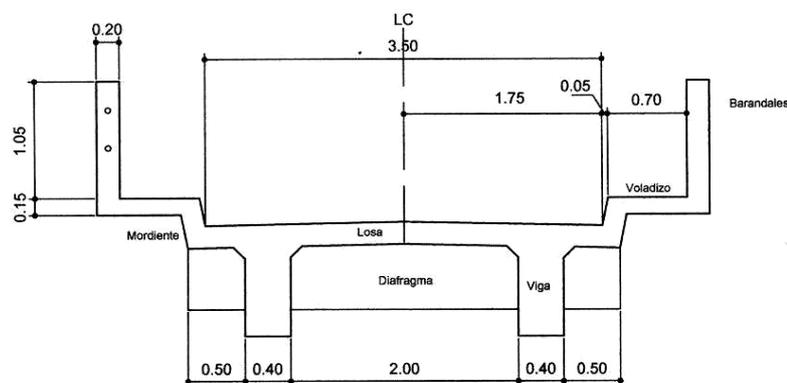
Artículo 8.9.2 de AASHTO: Espesor de losa. Para losas continuas con refuerzo perpendicular a la dirección del tránsito, el espesor de la misma se determinará mediante la siguiente fórmula:

$$t = \frac{L + 3.05}{30} \geq 0.175$$

Donde L = luz libre entre vigas

$$t = \frac{2.00 + 3.05}{30} = 0.168 \geq 0.175 \quad \text{Entonces tomaremos } t = 0.20 \text{ m}$$

Figura 10. Sección transversal del puente vehicular.



3.4.1.3. Cálculo de momentos

Se tomaran en consideración los siguientes valores:

Peso del concreto = 2,400 kg/m³

Peso del asfalto = 1,800 kg/m³

Franja unitaria = 1.00 m

- Carga muerta:

Integrando peso de la carga muerta:

$$W_{cm} = W_{losa} + W_{asfalto}$$

$$W_{cm} = (2400)(0.20)(1.00) + (1800)(0.05)(1.00) = 570.00 \text{ kg/m}$$

Fórmula para momento en voladizo:

$$M = \frac{WL^2}{10}$$

$$M = \frac{570 * 2.00^2}{10} = 228.00 \text{ kg - m}$$

- Carga viva:

Artículo 3.7.4 de AASHTO: cargas mínimas. En puentes con uno o mas carriles con tráfico pesado, se designará una carga HS20-44, donde P= 16,000 libras (eje más cargado del peso del camión).

Artículo 3.24.3.1 caso “a” de AASHTO: momento para carga viva con refuerzo perpendicular a la dirección del tránsito:

$$M = \frac{L+2}{32} * P \quad \text{fórmula en el sistema inglés}$$

Donde L = luz libre entre vigas

$$M = \frac{6.56+2}{32} * 16000 \cong 4281.00 \text{ Lb - pies} \cong 591.85 \text{ kg - m}$$

- Sobrecarga por impacto

Artículo 3.8.2.1 de AASHTO: fórmula para sobrecarga por impacto (que se utilizara en todos los cálculos respectivos del proyecto).

$$I = \frac{15}{L+38} \leq 30\%$$

$$I = \frac{15}{2+38} = 37.50 \%$$

Como el valor obtenido es mayor al 30% tomaremos el valor de I = 30%

$$M_{CV+i} = 591.83 * 1.30 = 769.41 \text{ kg - m}$$

- Momento último

Tabla 3.22.1 de AASHTO: fórmula de teoría última o fórmula de factores de carga, para combinación de carga murta y viva.

$$M_U = 1.30 \left[M_{cm} + \frac{5}{3} * M_{CV+i} \right]$$

$$M_U = 1.30 \left[228 + \frac{5}{3} * 769.41 \right] = 1,966.78 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

3.4.1.4. Cálculo de refuerzo

Fórmula de cálculo de área de acero que se utilizará para el cálculo de todas las áreas de acero del proyecto, según sección 8 de AASHTO y según ASTM.

$$A_s = \left[(bd) - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_u b}{0.003825 * f'c}} \right] \left(0.85 \frac{f'c}{f_y} \right)$$

$$A_s = \left[100 * 16.71 - \sqrt{(100 * 16.71)^2 - \frac{1,966.78 * 100}{0.003825 * 210}} \right] \left(0.85 \frac{210}{2,810} \right)$$

Fórmulas de área de acero máximo y mínimo que se utilizarán para el cálculo de todas las áreas en el proyecto:

$$A_{\min} = \frac{14.1}{f_y} bd \text{ en cm}^2$$

$$A_{\max} = 0.50(\delta_b)(bd) \text{ en cm}^2$$

Se obtiene:

$$A_{s\min} = 8.38 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 4.76 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\max} = 30.87 \text{ cm}^2$$

Como el área de acero mínima es mayor que el área de acero requerido, tomaremos el $A_{s\min} = 8.38 \text{ cm}^2$.

- Diseñando cama inferior

Como refuerzo se propone usar varilla No.5 (área No.5 = 1.98 cm²)

$$S = \frac{(1.98)(100)}{8.38} = 23.63 \text{ cm} \qquad \text{Usaremos } S = 0.23 \text{ m}$$

Acero por temperatura:

Artículo 8.20.1 de AASHTO: fórmula para calcular acero por temperatura y que se utilizará en los cálculos de todas las áreas en el proyecto.

$$A_{st} = 0.002 * b * t$$

$$A_{st} = 0.002 * 100 * 20 = 4.00 \text{ cm}^2$$

Utilizando varilla No. 4 tenemos un espaciamiento entre varillas de:

$$S = \frac{1.27 * 100}{4.00} = 31.75 \text{ cm} \qquad \text{usaremos } S = 0.31 \text{ m}$$

Resumen: Colocar varilla No. 5@ 0.23 m + varilla No.4 @ 0.31 m para la cama inferior de la losa.

- Diseño de cama superior

Artículo 3.24.10.2 de AASHTO. la distribución del refuerzo para cama superior en el caso del refuerzo perpendicular a la dirección del tránsito, debe ser el 675 del refuerzo principal como máximo.

$$A_s = 0.67 * 8.38 = 5.61 \text{ cm}^2$$

Utilizando varilla No. 4 se tiene un espaciamiento de:

$$S = \frac{1.27 * 100}{5.61} = 22.64 \text{ cm} \quad \text{Usaremos } S = 0.22 \text{ m en ambos sentidos}$$

Resumen: Colocar varilla No. 4 @ 0.23 m en ambos sentido, para el armado de la cama superior de la losa.

Nota: El armado de la losa del puente, se detalla en los planos que adjuntan en el anexo 3.

3.4.2. Diseño de vigas principales

□ Dimensiones de las vigas principales

Según libros sobre puentes y algunas tesis, recomiendan para dimensionar vigas principales, los siguientes parámetros:

- > Peralte considerar de L/16 a L/12
- > Para la base tomar 2/5 del peralte de la viga principal

Teniendo estas referencias obtenemos los valores siguientes:

$$S = \frac{12.90}{16} = 0.80 \text{ m}$$

$$S = \frac{12.90}{12} = 1.075 \text{ m}$$

Se tomará el valor de d = 0.80 m

Para la base tenemos:

$$S = \frac{2}{5}(0.80) = 0.32 \text{ m}$$

Se tomará el valor de b = 0.40 m

3.4.2.1. Integración de carga muerta y carga viva

- Integración de carga muerta

Peso del concreto: $2,400 \text{ kg/m}^3 = 150 \text{ lb/pie}^3$

Pasamanos: $W = (3.65)(2 \text{ pasamanos})$

$$W = 7.30 \text{ lb/pie}$$

Poste: $W = 254.34 \text{ lb/pie}$

Banqueta: $W = 150 * 1.48 = 221.54 \text{ lb/pie}$

Mordiente: $W = 150 * 0.592 = 88.81 \text{ lb/pie}$

Losa: Luz = $2.70 \text{ m} \approx 8.86 \text{ pie}$

Espesor = $0.20 \text{ m} \approx 0.66 \text{ pie}$

Capa asfáltica = $0.05 \text{ m} \approx 0.164 \text{ pie}$

$$W = [150 * 0.66 * 8.86] + [68 * 0.164 * 8.86] = 975.95 \text{ lb/pie}$$

Peso propio de la viga:

Base = $0.40 \text{ m} \approx 1.31 \text{ pie}$

Altura = $0.80 \text{ m} \approx 2.62 \text{ pie}$

$$W = 150 * 0.31 * 2.62$$

$$W = 515.77 \text{ lb/pie}$$

$$\sum W_{\text{muerta}} = 7.3 + 254.34 + 221.54 + 88.81 + 975.95 + 515.77$$

$$\sum W_{\text{muerta}} = 2,063.71 \text{ Lb/pie}$$

- Integración de carga viva

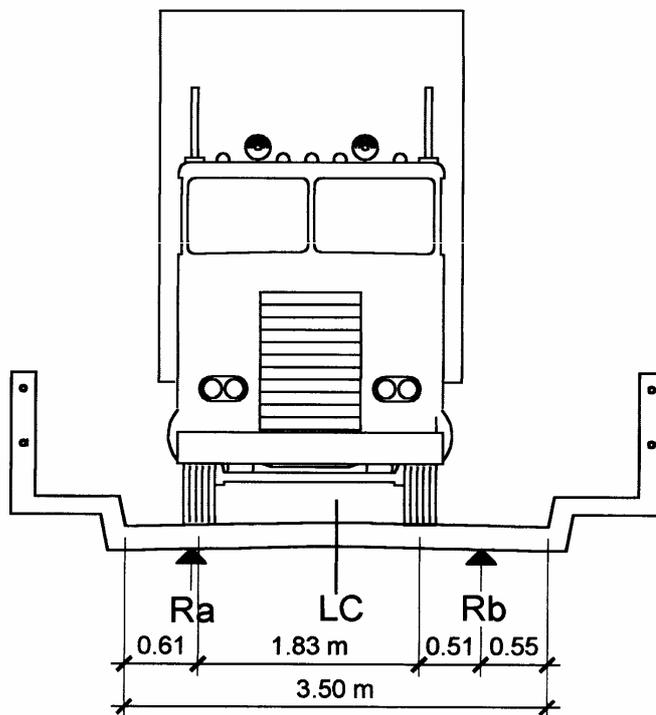
$$\sum W_{\text{muerta}} = 2,063.71 \text{ Lb/pie} \approx 3,071.34 \text{ kg/m}$$

La carga viva es ocasionada por el paso de vehículos, también puede existir la ocasionada por el paso de peatones, aunque ésta no es una carga predominante.

Artículo 3.7.4 de AASHTO: cargas mínimas. Se designará en carreteras principales y/o puentes que soporten tráfico pesado, una carga mínima HS20, con un peso de 32,000 libras por cada par de ejes.

3.4.2.2. Cálculo de sobrecarga

Figura 11. Sobrecarga ocasionada por el camión sobre las vigas.



P del camión = 16,000 lb (según AASHTO)

Si hacemos una sumatoria de momentos respecto de la reacción “Rb” se obtiene:

$$\sum M_b = 0 \rightarrow \text{Entonces: } -0.51 * P + 2.40 * R_a - 2.34 * P = 0$$

Resolviendo la ecuación se tiene: $R_a = 1.19 * P$, entonces el factor de sobrecarga será 1.19.

3.4.2.3. Cálculo de corte y momento por carga muerta

□ Momento máximo:

$$M_{\max} = \frac{W_t L^2}{8} + \frac{PL}{3}$$

W_t = Sumatoria de carga muerta total

L = largo total del puente en pies

P = peso del diafragma interior, que es el que carga en la viga

$$M_{\max} = \frac{2,063.71 * 42.32^2}{8} + \frac{2,619.05 * 42.32}{3}$$

$$M_{\max} = 498,954.60 \text{ lb - pie} \approx 68,980.75 \text{ kg - m}$$

□ Corte máximo:

$$V_{\max} = \frac{WL}{2} + P_i + P_e$$

P_i = peso total del diafragma interior

P_e = peso total del diafragma exterior

$$V_{\max} = \frac{2,063.71 * 42.32}{2} + 2,619.05 + 1,428.57$$

$$V_{\max} = 47,715.72 \text{ lb} \approx 21,643.85 \text{ kg}$$

3.4.2.4. Cálculo de corte y momento por carga viva

Para este análisis en diferentes libros y tesis sobre puentes, recomiendan 2 métodos para el cálculo de la carga viva, estos son:

El “método del tren de cargas” dice que el momento máximo ocurre bajo las ruedas de mayor carga, cuando ésta se encuentra tan lejos del soporte, como su centro de gravedad del otro extremo.

El “método de carga de carril estándar” dice que la carga de carril ocupa un ancho de 10' (3.05m), y el ancho tributario de cada viga corresponde a una fracción de la carga.

Según la investigación que se efectuó, se determinó que el segundo método es mucho más conservador y al ser el primer método el más utilizado para el diseño de puentes, se determinó que para este diseño se utilizaría el “método del tren de cargas”.

- Determinar el centro de gravedad del camión

Haciendo sumatoria de momentos en el punto “CG” de la figura 11.

$$\sum M_{CG} = 0 \downarrow +$$

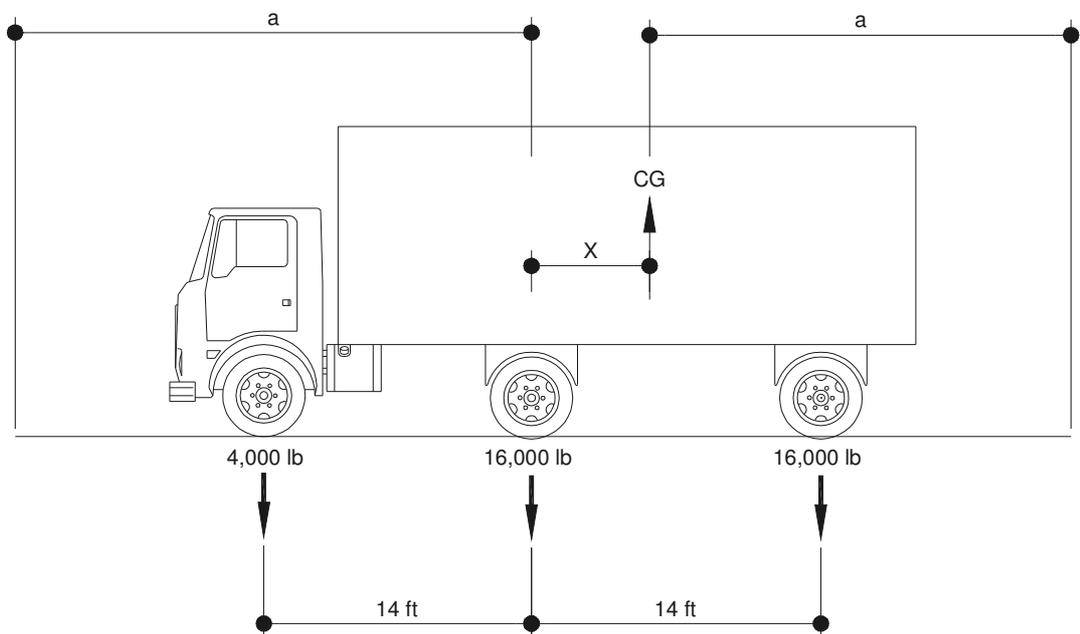
$$M_{CG} = 4,000(14+X) - 16,000*X + 16,000(14-X) = 0$$

Resolviendo: $X = 4.67$ pie

Se denominara a “a” el punto desde el centro de gravedad (CG), hasta la reacción en el punto “Rb”, y se tendrá:

$$2*a+4.67 = 42.31 \quad \text{entonces } a = 18.825 \text{ pie}$$

Figura 12. Determinación del centro de gravedad del camión



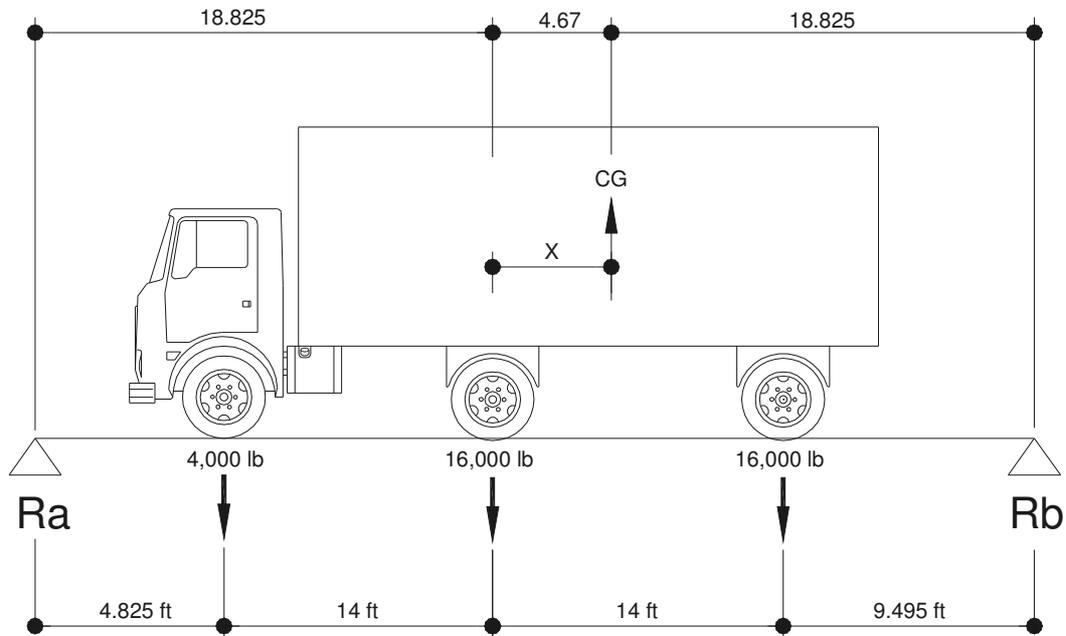
De la figura 11., haciendo sumatoria de momentos respecto del punto “Ra”:

$$\sum M_a = 0 \quad \uparrow +$$

$$4,000*4.825 + 16,000*18.825 + 16,000*32.825 - R_b*42.32 = 0$$

Resolviendo: $R_b = 16,016.54 \text{ lb}$

Figura 13. Centro de gravedad del camión



Haciendo sumatoria de fuerzas verticales:

$$\sum F_v = 0 \downarrow +$$

$$R_a + 19,983.46 - 3,600 = 0$$

$$R_a = 16,016.54 \text{ lb}$$

□ Cálculo de momento máximo por carga viva

Haciendo sumatoria de momentos desde “ R_a ”:

$$M_{\max} = (4.825)(4,000) + (16,016.54 - 4,000)(18.825)$$

$$M_{\max} = 245,511.37 \text{ lb-pie}$$

Cálculo de momento máximo por carga viva

Haciendo sumatoria de momentos respecto del punto "Ra":

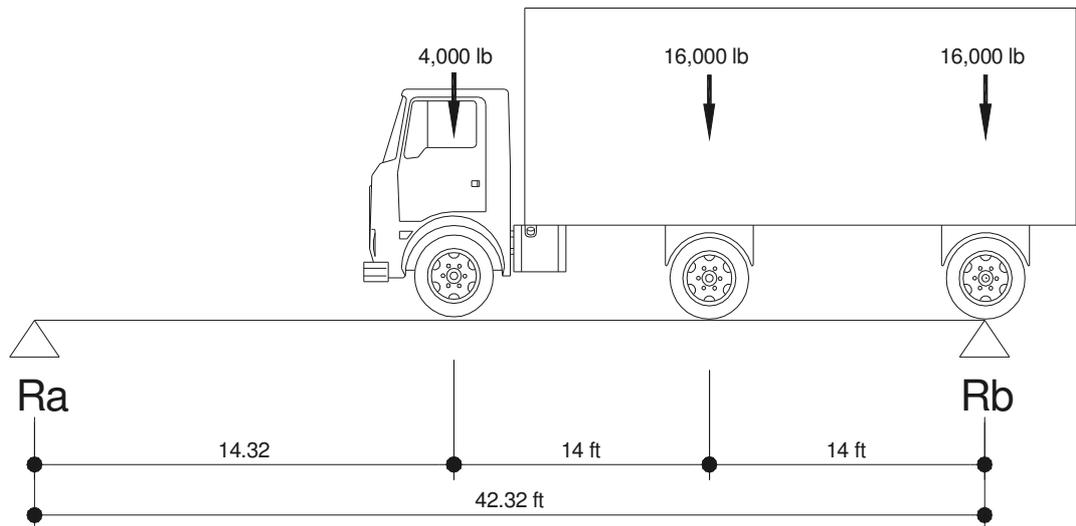
$$\sum M_a = 0 \downarrow +$$

$$42.32 R_b = 4,000 * 14.32 + 16,000 * 28.32 + 16,000 * 42.32$$

$$\text{Resolviendo } R_b = 28,060.50 \text{ lb}$$

$$R_b = V_{\max}$$

Figura 14. Determinación de la carga crítica de corte



3.4.2.5. Cálculo de sobrecarga por impacto

Artículo 3.8.2.1 de AASHTO:

$$I = \frac{15}{L + 38} \leq 30\%$$

$$I = \frac{15}{12.90 + 38} = 29.47\%$$

Entonces usaremos $I = 29.50\%$

3.4.2.6. Cálculo de corte y momento últimos de diseño

$$M_u = 1.30 \left[M_{cm} + \frac{5}{3} (M_{cv} * SC * l) \right]$$

$$V_u = 1.30 \left[V_{cm} + \frac{5}{3} (V_{cv} * SC * l) \right]$$

$$M_u = 1.30 \left[49,854.60 + \frac{5}{3} (245,511.37 * 1.19 * 1.295) \right]$$

$$M_u = 1,468,389.12 \text{ lb-pie} \approx 203,005.58 \text{ kg-m}$$

$$V_u = 1.30 \left[47,715.712 + \frac{5}{3} (28,060.50 * 1.19 * 1.295) \right]$$

$$V_u = 155,722.80 \text{ lb} \approx 70,635.87 \text{ kg}$$

3.4.2.7. Cálculo refuerzo a tensión

Peralte efectivo: se propone varilla No. 10

$$d = t - \frac{\emptyset}{2} - \text{recubrimiento} = 100 - \frac{3.23}{2} - 4$$

$$d = 94.39 \text{ cm}$$

Datos:

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

$$b = 40 \text{ cm}$$

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

$$d = 94.39 \text{ cm}$$

$$Mu = 203,005.58 \text{ kg-m}$$

se obtiene:

$$A_s = 110.49 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} = 18.95 \text{ cm}^2$$

$$A_{smax} = 69.75 \text{ cm}^2$$

al revisar $A_{smin} \leq A_s \leq A_{smax}$

18.95 < 110.49 > 69.75, entonces no chequea, se debe de calcular una viga doblemente reforzada.

□ Cálculo de viga doblemente reforzada

A continuación se presenta el método que el código ACI-99 da para calcular vigas doblemente reforzadas:

Momento que resiste el A_{smax} :

$$MA_{smax} = 0.90 \left\{ 115.86 * 2,810 \left[94.39 - \frac{69.75 * 2,810}{1.70 * 210 * 40} \right] \right\} = 14,229,068.92 \text{ kg} - \text{cm}$$

$$MA_{smax} = 142,290.69 \text{ kg} - \text{m}$$

Momento que falta por resistir:

$$Mr = 203,005.58 - 142,290.69$$

$$Mr = 60,714.89 \text{ kg} - \text{m}$$

Acero adicional:

$$A'_s = \frac{60,714.89 * 100}{0.90 * 2,810 * 94.39} = 27.11 \text{ cm}^2$$

Acero a compresión:

$$A''_s = \frac{27.11}{0.75} = 36.15 \text{ cm}^2$$

□ Diseño de cama superior

Para acero corrido se tomara A_s : con 2 Varillas No.5 y 4 varillas No. 10 corridas se tiene un área de acero igual a 36.66 cm².

Resumen de armado de cama superior: 2 Varillas No.5 + 4 Varillas No. 10 corridas.

□ Diseño de cama inferior:

Tomar el 50 % del $A_s = (110.49)(0.50) = 55.25$ cm².

Con 6 varillas No.10 + 1 varilla No.9 se tiene un área de acero igual a 55.49cm².

Para rieles: $(110.49-55.49) = 55.00$ cm²

Con 6 varillas No. 10 + 1 Varilla No.9 = 55.49 cm²

Resumen de armado cama inferior: 6 varillas No. 10 + 1 varilla No.9 corridas y 6 varillas No.10 + 1 varilla No.9 como rieles.

□ Acero por temperatura

$$A_{st} = 0.002bt = 0.002(40)(30) = 2.40 \text{ cm}^2$$

Colocar 4 varillas No.5 corridas, a cada pie de altura de la viga.

3.4.2.8. Cálculo refuerzo a corte

Se propone el uso de varilla No. 3 para el peralte efectivo:

$$d = 100 - 0.953/2 - 4$$

$$d = 95.52 \text{ cm}$$

□ Corte resistente:

$$V_r = (0.85)(0.53)\sqrt{210}(40)(95.52) = 24943.58 \text{ kg}$$

□ Corte actuante:

$$V_a = 70,635.87 \text{ kg (viene del cálculo de corte último)}$$

Como el corte resistente es menor al corte actuante no chequea, hay que reforzar a corte:

Espaciamiento:

$$S = \frac{2 * 0.71 * 2,810 * 95.52}{70,635.87 - 24,943.58} = 8.34 \text{ cm}$$

Resumen para armado de viga a corte: Colocar doble juego de estribos varilla No.3 @ 0.16 m

Nota: El armado de las vigas principales, se presenta en los planos adjuntos en el anexo 3.

3.4.3. Diseño de diafragmas

Artículo 8.12.1 de AASHTO: se indica la necesidad de construirlos, cuando se trata de un puente formado con vigas T, como sucede en el caso de la sección de viga y losa.

Artículo 8.12.2 de AASHTO: la principal función de las vigas diafragmas es dar rigidez torsional a la sección transversal del puente, ayudar a distribuir las cargas transversales (viento y sismo), y mantener la geometría de la sección. Se deben reforzar con el área de acero mínima ya que no se diseñan para soportar carga proveniente de la losa.

□ Dimensionamiento de los diafragmas

Se tomaran los siguientes parámetros que algunos libros y tesis recomiendan:

- > Distribución a lo largo de la luz del puente: cuando $L \geq 15.00$ m, entonces se distribuyen a los tercios de la luz.
- > Ancho de los diafragmas: se recomienda generalmente 0.30 m como mínimo. Por lo que para efecto de diseño se tomará $b = 0.30$ m.

Altura de los diafragmas:

- > Diafragmas externos: mitad de la altura de la viga principal > 0.50 m
Se tendrá entonces una altura de $h = (0.50)(1.00) = 0.50$ m
- > Diafragma interno: $\frac{3}{4}$ de la altura de la viga principal > 0.50 m

Se tendrá una altura de $h = 0.75 * 1.00 = 0.75$ m

3.4.3.1. Diseño de diafragmas internos

Considerar los siguientes datos:

Peso del concreto: $2,400 \text{ kg/m}^3$

Largo de la estructura: 3.00m

□ Peso de la estructura

$$W = 2,400 * 3.00 * 0.30 * 0.55$$

$$W = 1,188 \text{ kg}$$

□ Refuerzo para cama inferior

Según las especificaciones anteriores, se debe reforzar con área de acero mínima.

$$A_{smin} = 14.1 \frac{30 * 75}{2,810} = 11.29 \text{ cm}^2$$

Con 2 varillas No.8 y 1 varilla No.4 tenemos un área = 11.40 cm^2

Acero por temperatura para una sección de $0.30 \text{ m} \times 0.55 \text{ m}$, se propone usar 2 varillas No.4 y 2 varillas No. 3:

$$A_{st} = 0.002 * b * t \qquad t = \frac{3.96}{0.002 * 30} = 66 \text{ cm} > 55 \text{ cm cumple}$$

Resumen: Colocar 2 varillas No. 8 + 3 varillas No.4 + 2 varillas No.3 corridas, en la cama inferior.

- Refuerzo para cama superior

Se colocarán 2 varillas No.5 por simetría con el armado de la losa, aunque se señala que el diseño solo pide acero mínimo en la sección.

- Diseño a corte

Corte actuante:

$$V_a = \frac{PL}{3} = \frac{1,188 * 12.90}{3} = 5,108.40 \text{ kg}$$

Corte resistente:

$$V_r = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 30 * 71.23 = 13,950.46 \text{ kg}$$

Al revisar el corte resistente es mayor que el corte actuante, la sección propuesta chequea y se debe reforzar a $d/2 = 71.23/2 = 35.62 \text{ cm}$, por seguridad tomaremos un espaciamiento $S = 0.30 \text{ m}$

Resumen: Reforzar a corte la estructura colocando estribos con varilla No.3 @ 0.30m.

Nota: El armado del diafragma interno del puente, se detalla en los planos que adjuntan en el anexo 3.

3.4.3.2. Diseño de diafragmas externos

- Peso de la estructura

$$W = 2,400 * 3.00 * 0.30 * 0.30$$

$$W = 648 \text{ kg}$$

- Refuerzo para cama inferior

Según las especificaciones anteriores, se debe reforzar con área de acero mínima.

$$A_{smin} = 14.1 \frac{30 * 50}{2,810} = 7.53 \text{ cm}^2$$

Con 2 varillas No.7 tenemos un área = 7.76 cm²

Acero por temperatura para una sección de 0.30 m x 0.30 m, se propone usar 2 varillas No.4:

$$A_{st} = 0.002 * b * t$$

$$t = \frac{2.534}{0.002 * 30} = 42 \text{ cm} > 30 \text{ cm cumple}$$

Resumen: Colocar 2 varillas No. 7 + 2 varillas No.4 corridas, en la cama inferior.

- Refuerzo para cama superior

Se colocarán 2 varillas No.5 por simetría con el armado de la losa, aunque se señala que el diseño solo pide acero mínimo en la sección.

- Diseño a corte

Corte actuante:

$$V_a = \frac{PL}{3} = \frac{648 * 12.90}{3} = 2,786.40 \text{ kg}$$

Corte resistente:

$$V_r = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 30 * 46.39 = 9,085.53 \text{ kg}$$

Al revisar el corte resistente es mayor que el corte actuante, la sección propuesta chequea y se debe reforzar a $d/2 = 46.39/2 = 23.19 \text{ cm}$, por seguridad tomaremos un espaciamiento $S = 0.20 \text{ m}$

Resumen: Reforzar a corte la estructura colocando estribos con varilla No.3 @ 0.20m.

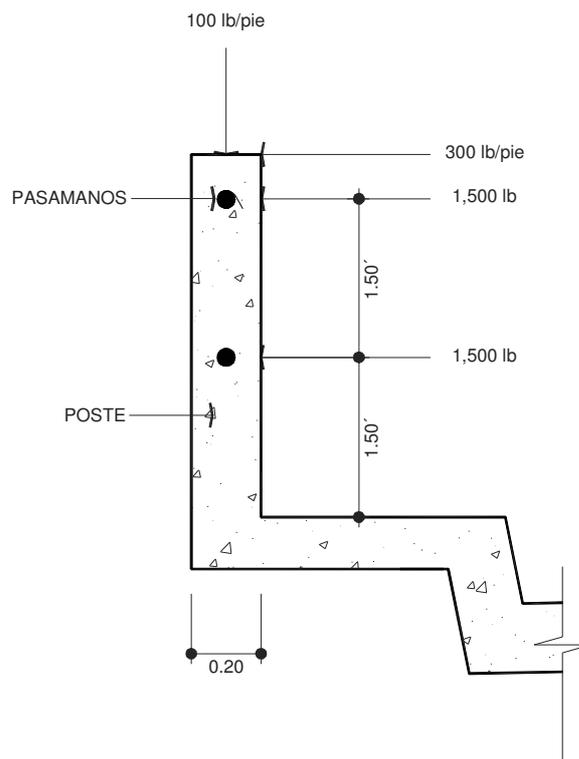
Nota: El armado del diafragma externo del puente, se detalla en los planos que adjuntan en el anexo 3.

3.4.4. Diseño de los pasamanos

Artículo 2.7.1.1.1 de AASHTO: los materiales para los pasamanos pueden ser de concreto, metal o la combinación de ambos.

Artículo 2.7.1.2.2 de AASHTO: los pasamanos deben estar por lo menos a una altura de 9 pulgadas (0.23 m) sobre el nivel de la carpeta de rodadura.

Figura 15. Detalle de cargas aplicadas para el diseño de los pasamanos



Los pasamanos se deben de diseñar para soportar una carga $P/4$ de la carga estandarizada. AASHTO recomienda una carga vertical de 100 lb/pie y

una carga horizontal de 300 lb/pie (carga peatonal). La altura mínima que deberá tener el pasamanos será de 1.05 m.

3.4.4.1. Cálculo de la resistencia de los tubos y los postes

- Análisis de la resistencia del tubo (diseñada como vigas continuas)

Se considerarán:

Carga de diseño: 150 lb/pie por cada pasamanos

Largo entre postes: 2.00 m

Se propone tubo galvanizado $\varnothing = 2$ pul.

Propiedades del tubo:

$F = 20,000$ PSI

$W = 3.65$ lb/pie

$\varnothing_{\text{ext}} = 2.375$ pulg.

$I = 0.665$ pul⁴

$C = 1.1875$ pul.

$\varnothing_{\text{int}} = 2.067$ pul.

Fórmula:

$$\frac{I}{C} * F \geq \frac{W * L^2}{10}$$

$$\frac{0.665}{1.1875} * 2000 \geq \frac{(150 + 3.65) * 6.562^2}{10}$$

Operando se obtiene: 933.33 Lb-pie > 661.61 Lb-pie, si cumple.

□ Resistencia de los postes

Sección de los postes: 0.20 m x 0.15 m

Peso del concreto: 2,400 kg/m³

Franja unitaria = 1.00 m

Integrando carga muerta:

$$W_{cm} = 1.30 W_{cm} = (1.30)(2400)(0.15)(0.20)(1.00) = 93.60 \text{ kg} \approx 206.35 \text{ lb.}$$

$$W_{tubos} = (1.30)(6.562)(2 \text{ tubos}) = 62.27 \text{ lb.}$$

$$W_{vertical} = (100)(0.20)(3.281) = 65.62 \text{ lb.}$$

$$\text{Entonces: } W_{total} = (206.35 + 62.27 + 65.62) = 334.24 \text{ lb.} \approx 151.61 \text{ kg.}$$

Integrando carga viva:

$$W_{cv} = (300)(3) = 900 \text{ lb.}$$

Momento total:

$$M_t = 984.30 * 3.45 + 334.24 * 0.246 + 1,500 * 1.5 + 1,500 * 3$$

$$M_t = 102,28.06 \text{ lb} - \text{pie} \approx 1,414.03 \text{ kg} - \text{m}$$

3.4.4.2. Cálculo de refuerzo

- Diseñando a flexión

Peralte efectivo con varilla No.4 = $20 - 1.27/2 - 2.5 = 16.865$ cm

Datos:

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 \qquad b = 100 \text{ cm}$$

$$fy = 2,810 \text{ kg/cm}^2 \qquad d = 16.865 \text{ cm}$$

$$Mu = 1,122.67 \text{ kg-m}$$

Se obtiene:

$$A_s = 3.37 \text{ cm}^2 \qquad A_{smin} = 1.27 \text{ cm}^2 \qquad A_{smax} = 4.67 \text{ cm}^2$$

Acero a tensión:

$$As = 2.90 \text{ cm}^2 \text{ colocar 3 varillas No.4} = 3.81 \text{ cm}^2$$

Acero a compresión:

$$Asmin = 1.27 \text{ cm}^2 \text{ colocar 2 varillas No.3} = 1.42 \text{ cm}^2$$

- Diseñando a flexocompresión

Revisando la esbeltez de la columna tenemos:

$$K = 2 \text{ (condición de apoyo libre en un extremo)}$$

$$L = 3.00 \text{ pie}$$

$$R = 0.25h = (0.25)(0.656) = 0.164 \text{ pie}$$

Fórmula según código ACI-99:

$$\frac{KL}{R} > 22 = \frac{2 * 3}{0.20} = 30 > 22 \text{ chequea el armado}$$

□ Diseñando a corte

$$V_a = 3,000 + 948.30$$

$$V_a = 3,948.30 \text{ lb}$$

$$V_r = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 0.15 * 16.865$$

$$V_r = 1,651.51 \text{ kg}$$

Revisando el $V_a > V_r$ no chequea, por lo que se tiene que reforzar a corte.

Proponiendo varilla No. 3 para el refuerzo:

Fórmula para refuerzo a corte que se utilizará en todos los cálculos respectivos del proyecto:

$$S = \frac{2 * A_v * f_y * d}{V_a - V_r} = \frac{2 * 0.71 * 2,810 * 16.865}{1,807.28 - 1651.51} = 432.01 \text{ cm}$$

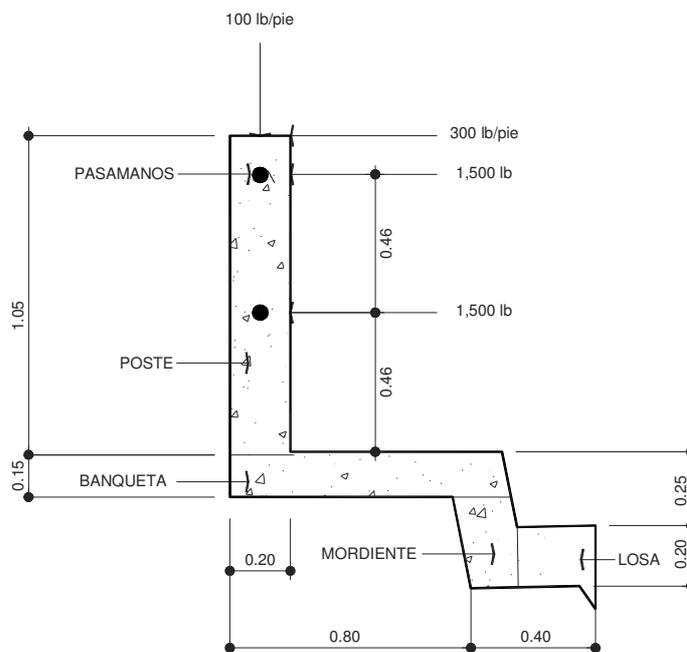
Entonces tomar $d/2 = 16.865/2 = 8.00 \text{ cm}$.

Resumen: Armado para postes, colocar 3 varillas No.4 + 2 varillas No. 3 y estribos No.3 @ 0.08 m.

Nota: el armado de los postes se presenta en los planos adjuntos, en el anexo 3.

3.4.5. Diseño de la banqueta

Figura 16. Detalle de cargas aplicadas para el diseño de la banqueta



3.4.5.1. integración de carga muerta y carga viva

- Integración de carga muerta

Pasamanos. $W = 3.65 \text{ lb/pie}$

$$M = 3.65 * 2 \text{ tubos} * 3.95 * 3.281 = 94.61 \text{ lb-pie}$$

$$\text{Poste: } W = 150 * 1.11 = 166.90 \text{ lb}$$

$$M = 166.90 * 3.95 = 659.26 \text{ lb-pie}$$

$$\text{Banqueta: } w = 150 * 4.85 = 726.88 \text{ lb}$$

$$M = 726.88 * 2.79 = 2,028 \text{ lb-pie}$$

$$\text{Mordiente: } W = 150 * 1.94 = 1,291.39 \text{ lb}$$

$$M = 291.39 * 1.51 = 439.78 \text{ lb-pie}$$

$$\text{Losa: } M = 150 * 2.65 + 0.62 * 68 = 439.66 \text{ lb-pie}$$

$$\sum M_{cm} = 3,361.31 \text{ lb-pie}$$

□ Integración de carga viva

$$\text{Poste horizontal: } M = 300 * 3.28 * 3.69 = 3,632.06 \text{ lb-pie}$$

$$\text{Poste vertical: } M = 100 * 0.66 * 3.94 = 259.86 \text{ lb-pie}$$

$$\text{Mordiente: } M = 500 * 0.82 * 1.31 = 538.08 \text{ lb-pie}$$

$$\text{Banqueta. } M = 85 * 2.62^2 * 2.79 = 6.21 \text{ lb-pie}$$

$$\sum M_{cv} = 4,436.21 \text{ lb-pie}$$

□ Calculando momento último

$$M_u = 1.30 \left[M_{cm} + \frac{5}{3} * M_{cv} \right]$$

$$M_u = 1.30 \left[3,361.31 + \frac{5}{3} * 4,436.21 \right] = 13,981.49 \text{ lb-pie} \approx 1,932.95 \text{ kg-m}$$

3.4.5.2. Cálculo de refuerzo

Para el diseño del refuerzo se propone usar varilla No.5:

$$\text{Peralte efectivo } d = t - \frac{\emptyset}{2} - \text{recubrimiento} = 15 - \frac{1.59}{2} - 2.5 = 11.705 \text{ cm}$$

Datos:

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

$$b = 100 \text{ cm}$$

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

$$d = 11.705 \text{ cm}$$

$$M_u = 1,509.32 \text{ kg-m}$$

Se obtiene:

$$A_s = 6.84 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} = 5.87 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\max}} = 21.62 \text{ cm}^2$$

Se tomará el $A_s = 6.84 \text{ cm}^2$

Espaciamiento:

$$S = \frac{1.98 * 100}{6.84} = 28.95 \text{ cm}$$

Se usará un espaciamento de $s = 0.25 \text{ m}$.

Acero por temperatura:

Se tomará varillas No.4 @ 0.22m por simetría al del armado de la losa.

Resumen: Para el armado del voladizo colocar varillas No.5 @ 0.25m + Varillas No.4 @ 0.22m

Nota: el armado del voladizo, se presenta en los planos adjuntos en el anexo 3.

3.4.6. Diseño de apoyos de neopreno

Se presenta a continuación el método utilizado en el libro “diseño de puentes de concreto” de José Eusebio Trujillo.

Los apoyos del puente serán de neopreno de dureza Shore 60 reforzados con placas metálicas. El esfuerzo máximo permisible por compresión se obtiene mediante la fórmula:

$$\sigma_r = \frac{8(a)(b)}{t(a+b)} ; \text{ para apoyos fijos y móviles}$$

$$\frac{\Delta L}{T} \leq 0.5 \text{ apoyos móviles o libremente apoyados.}$$

Dónde:

ΔL = máximo desplazamiento horizontal

a, b = dimensiones del apoyo

σ_f = esfuerzo admisible del acero (esfuerzos de trabajo)

σ_r = esfuerzo máximo permisible a compresión del apoyo

σ_a = esfuerzo a compresión del apoyo

t = espesor de una lámina (1.3 cm)

T = espesor total del elastómero

Según la sección 14 división I, y la sección 25 división II de las normas AASHTO se tiene:

Propiedades del acero a utilizar:

1. Tendrá propiedades de alargamiento a la rotura mayor del 23%
2. El esfuerzo de fluencia será mayor de $2,400 \text{ kg/cm}^2$
3. El esfuerzo de rotura será mayor de $4,200 \text{ kg/cm}^2$

Propiedades del elastómetro:

4. El neopreno tendrá características de un módulo de elasticidad a corte G preferiblemente de 10 kg/cm^2 (dureza SHORE A de 60).

Datos:

$$L = 12.90 \text{ m}$$

$$a = 30 \text{ cm}$$

$$b = 30 \text{ cm}$$

$$R = 70.635 \text{ Ton (por viga)}$$

$$M_{CM} = 68.98 \text{ Ton-m}$$

$$M_{CV+I} = 52.31 \text{ Ton-m}$$

$$T = 3.3 \text{ cm}$$

- Revisando el esfuerzo por compresión

$$\sigma_r = \frac{8 * 30 * 30}{1.30(30 + 30)} = 92.308 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_a = \frac{70,635.87}{30 * 30} = 78.48 \text{ Kg/cm}^2$$

El esfuerzo no sobrepasa el máximo recomendable de 100 Kg/cm² ($\sigma_r < \sigma_a$), el cual recomienda AASHTO como máximo.

Para apoyo simple o apoyo móvil se debe cumplir que $\frac{\Delta L}{T} \leq 0.50$.

- Cálculo del desplazamiento horizontal (L = 20.00 m)

Deformación total por esfuerzo, se utiliza la ley de Hooke $\sigma_f = 1,700$ Kg/cm²:

$$\Delta_{eT} = \frac{\sigma_f}{E} * L$$

$$\Delta_{eT} = \frac{1,700 \text{ Kg/cm}^2}{2.1 \text{ E}6 \text{ Kg/cm}^2} * 1,290 = 1.049 \text{ cm}$$

- Deformación por carga muerta:

$$\Delta_{eCM} = \frac{\Delta_{eT} * M_{CM}}{M_{CM} + M_{CV+I}}$$

$$\Delta_{eCM} = \frac{1.049 * 68.98}{68.98 + 52.31} = 0.597 \text{ cm}$$

- Deformación por contracción de fraguado y contracción diferida:

$$\Delta_c = 0.000165 * L = 0.213 \text{ cm}$$

- Deformación por temperatura:

$$\Delta_t = (0.000011)(D^\circ)(L) = (0.000011)(10)(1290) = 0.140 \text{ cm}$$

- Deformaciones máximas

$$\text{Contracción} = \Delta e_{CM} - (\Delta_c + \Delta_t) = 0.597 - (0.213 + 0.142) = 0.242 \text{ cm}$$

$$\text{Dilatación} = (\Delta e_T + \Delta_t) - \Delta_c = (1.049 + 0.142) - 0.213 = 0.978 \text{ cm}$$

$$\text{Máximo desplazamiento horizontal del apoyo} = \Delta L = 1.51 \text{ cm}$$

- Espesor apoyos

Se usan 2 placas de elastómero de 13 mm + dos placas de acero de 2 mm + una placas de acero de 3 mm = 33 mm = 3.3 cm.

$$\frac{\Delta L}{T} = \frac{0.978}{3.3} = 0.296 \leq 0.50$$

Nota: El detalle de los apoyos de neopreno, se presentan en planos adjuntos en el anexo 3.

3.5. Diseño de la subestructura

3.5.1. Diseño del estribo

3.5.1.1. Carga muerta y carga viva actuantes

Los estribos son los componentes del puente que soportan la superestructura en los extremos y contienen el terraplén de aproximación y transmiten la carga al terreno de cimentación. El tipo de muro a diseñar, es del tipo de muro en voladizo de concreto armado.

Peso del concreto: 2,400 kg/cm²

Peso volumétrico del suelo: 1,500 kg/cm²

Cortina: $W1 = (0.30)(1.45)(1)(2,400) = 1,044.00 \text{ kg}$

Pantalla del muro: $W2 = (0.60)(2.8)(1)(2,400) = 4,032.00 \text{ kg}$

Base: $W3 = (0.70)(3)(1)(2,400) = 5,040.00 \text{ k}$

Aleros: $W4 = \frac{2(0.30)(1.50)(2.25)(2,400)}{5.40} = 900 \text{ kg}$

Relleno debajo de la cortina: $W5 = (0.10)(2.4)(1.00)(1,500) = 315 \text{ kg}$

Relleno sobre el talón: $W6 = (1)(3.55)(1)(1,500) = 5325.00 \text{ kg}$

Relleno sobre el pie:

$$W7 = ((1.28)(1.48)(1) + \frac{1}{2}(1.28)(0.47)(1))1,500 = 3,292.80 \text{ kg}$$

Carga que soporta cada estribo: $W_{CM} = \frac{(21,643.85)(2)}{5.40} = 8,016.24 \text{ kg}$

Figura 17. Dimensiones y cargas que actúan sobre el estribo

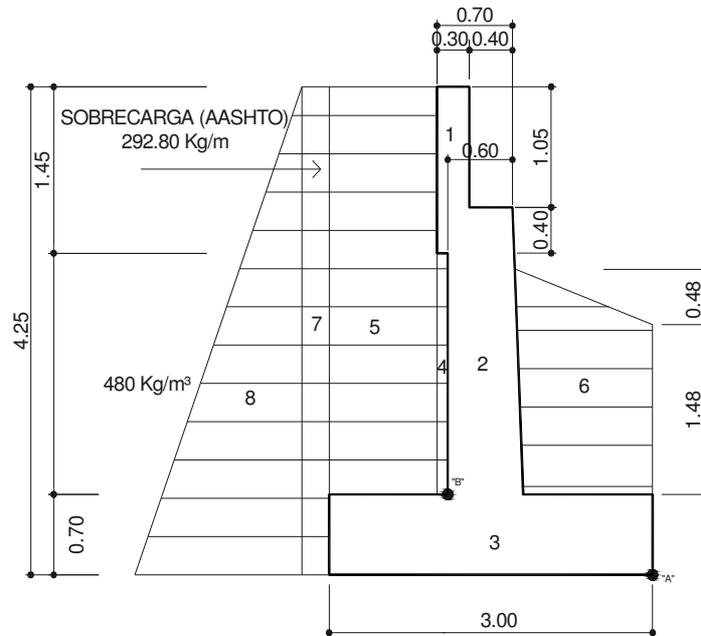


Tabla XVI. Integración de cargas muertas que actúan sobre el estribo

Cargas muertas			
	Wo (kg)	Brazo (m)	Mo (kg-m)
W1	1,044.00	1.95	2,035.80
W2	4,032.00	1.55	6,249.60
W3	5,040.00	1.50	7,560.00
W4	900.00	1.50	1,350.00
W5	315.00	1.95	614.25
W6	5,325.00	2.50	13,312.50
W7	3,292.80	0.60	1,975.68
Wcm	8,016.24	1.50	12,024.36
Σ	27,965.04		45,122.19

Tabla XVII. Fuerzas de sismo que actúan sobre el estribo

Fuerzas debido a sismo			
	10% Wo (kg)	Brazo (m)	Mo (kg-m)
W1	104.00	3.53	368.53
W2	403.20	1.60	645.12
W3	504.00	0.35	176.40
W4	90.00	2.05	184.50
Wcm	801.62	3.00	2404.86
Σ	1,903.22		3,779.41

- Cargas vivas actuantes por metro lineal

Carga móvil HS 20 sobre cada estribo: 16,329.33 kg. (Viene del diseño de cortinas).

$$P_{cv} = \frac{16,329.33}{5.40} = 3,024.00 \text{ kg/m}$$

Tabla XVIII. Cargas vivas que actúan sobre el estribo

Cargas vivas			
	Wo (kg)	Brazo (m)	Mo (kg-m)
PCV	3,024.00	2.25	6,804.00

- Empuje por presión de la tierra (por metro lineal)

Se tiene en el diseño de los aleros que $P_h = 1,325.00 \text{ kg}$.

$$\text{Aleros: } E_a = \frac{(p_h)(\# \text{aleros})}{\text{Longitud del estribo}} = \frac{(1,325)(2)}{5.40} = 490.74 \text{ kg}$$

Sobrecarga AASHTO:

$$E7 = 292.80 * 4.25 = 1,244.40 \text{ KG}$$

Equivalente liquido:

$$E8 = \frac{1}{2} * 480 * 4.25 * 5.40 = 5,508.00 \text{ kg}$$

Tabla XIX. Empujes ejercidos por presión de tierra sobre el estribo

Empuje por presión de tierra			
	Wo (kg)	Brazo (m)	Mo (kg-m)
Wa	490.74	2.05	1,005.94
W7	1,244.40	2.13	2,650.57
W8	5,508.00	1.42	7821.36
Σ	7,243.14		11,477.87

- Fuerzas de empuje ejercidas horizontalmente (por metro lineal)

Fuerza de frenado:

$$P_f = 10\% P_{cv} = 0.10 * 3,024 = 302.40 \text{ kg.}$$

Fuerzas ejercidas por temperatura:

Artículo 3.16 de AASHTO, el rango de temperatura puede ser tomado generalmente para estructuras de concreto en clima frío: $35^\circ\text{F} = 25^\circ\text{C}$.

$$P_{tv} = 25\% P_{cv} = 0.25 * 3024 = 756.00 \text{ kg}$$

Tabla XX. Fuerzas horizontales de empuje que actúan sobre el estribo

Empuje de fuerzas horizontales			
	Wo (kg)	Brazo (m)	Mo (kg-m)
Pf	302.40	5.48	1,657.15
Ptv	756.00	3.00	2,268.00
Σ	1,058.40		3,295.15

- Resistencia de la base a esfuerzos cortantes horizontales

Grupo II

$$V_a = 1.30(\sum E_t + \sum E_a) = 1.30(7,243.14 + 1,903.22) = 11,890.27 \text{ kg}$$

Grupo III

$$V_a = 1.30(\sum E_t + \sum E_a + (\sum (p_f + p_v))) = 1.30(7,243.14 + 1,903.22 + 1,058.40)$$

$$V_a = 13,266.19 \text{ kg}$$

Corte resistente de la sección propuesta:

$$V_r = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 100 * 60 = 39,170.19 \text{ kg}$$

El $V_r > V_a$, si chequea.

3.5.1.2. Cálculo del momento de volteo

Cálculo del impacto en el muro:

$$I = \frac{15}{5.40 + 38} = 34\% > 30\%, \text{ entonces tomar } I = 30\%$$

- Momentos verticales producido por las fuerzas de volteo, con respecto al punto "A"

Grupo II

$$M_v = 1.30(\sum M_{Et} + \sum M_{Eq}) = 1.30(11,477.87 + 3,779.41) = 19,834.46 \text{ kg} - \text{m}$$

Grupo II

$$M_v = 1.30(\sum M_{Et} + M_{Eq} + I * \sum (P_f + P_{tv}))$$

$$M_v = 1.30(11,477.87 + 3,779.41 + 1.30(3,295.15)) = 25,403.27 \text{ kg} - \text{m}$$

- Momentos verticales producido por las fuerzas estabilizantes, con respecto al punto "A"

Grupo II

$$M_e = 1.30(\sum M_{cm}) = 1.30(45,122.19) = 58,658.85 \text{ kg} - \text{m}$$

Grupo III

$$M_e = 1.30(\sum M_{cm} + I \sum M_{cv}) = 1.30(45122.19 + 1.30(6804)) = 70157.61 \text{ kg} - \text{m}$$

- Factor de seguridad al volteo:

$$\frac{M_e}{M_v} > 1.50$$

Grupo II: $F_s = 58,658.85/19,834.46 = 2.96 > 1.50$, si chequea

Grupo III: $F_s = 70,157.61/25,403.27 = 2.76 > 1.50$, si chequea

3.5.1.3. Cálculo del momento estabilizante

- Fuerzas estabilizantes: (cargas verticales)

Grupo II

$$F_e = 1.30(\sum W_{cm}) = 1.30(27,965.04) = 36,354.55 \text{ kg}$$

Grupo III

$$F_e = 1.30(\sum W_{cm} + I\sum W_{cv}) = 1.30(27,965.04 + 1.30 * 3,024) = 41,465.14 \text{ kg}$$

□ Fuerzas deslizantes: (cargas horizontales)

Grupo II

$$F_d = 1.30(\sum W_{et} + \sum W_{Eq}) = 1.30(7,243.14 + 1,903.22) = 11,890.27 \text{ kg}$$

Grupo III

$$F_d = 1.30(\sum W_{Et} + 0.30\sum W_{Eq} + I\sum W_{P_t+P_v})$$

□ Factor de seguridad al deslizamiento: $\frac{0.60F_e}{F_d} > 1.50$

$$\text{Grupo II: } F_s = \frac{0.60(36,354.55)}{11,890.27} = 1.83 > 1.50, \text{ si chequea}$$

$$\text{Grupo III: } F_s = \frac{0.60(41,465.11)}{11,947.03} = 2.08 > 1.50, \text{ si chequea}$$

□ Cálculo de presiones negativas en el terreno

Según los resultados del estudio de suelos efectuado, se determinó que el CBR del terreno es igual a: 24,250 kg/cm².

$$\text{Centróide de aplicación de cargas: } Y = \frac{M_e - M_v}{F_e}$$

$$\text{Grupo II: } Y = \frac{58,658.58 - 19,834.46}{36,354.55} = 1.07 \text{ m}$$

$$\text{Grupo III: } Y = \frac{70,157.61 - 25,403.27}{41,465.11} = 1.08 \text{ m}$$

$$\text{Excentricidad de la carga: } \left| Y - \frac{L}{2} \right| < \frac{L}{6}$$

Longitud de la base: 3.00m

$$\text{Grupo II: } e = \left| 1.07 - \frac{3}{2} \right| < \frac{3}{6} = 0.43 < 0.50, \text{ si chequea}$$

$$\text{Grupo III: } e = \left| 1.08 - \frac{3}{2} \right| < \frac{3}{6} = 0.42 < 0.50, \text{ si chequea}$$

Presión máxima bajo la base del muro:

Revisar $3e < L$

$$\text{Grupo II: } (3)(0.43) < 3 = 1.29 < 3, \text{ si chequea}$$

$$\text{Grupo III: } (3)(0.42) < 3 = 1.26 < 3, \text{ Si chequea}$$

Presiones máximas en el terreno:

$$\text{De la fórmula simplificada de valor soporte, se tiene: } Q_{\max} = \frac{W}{1.50(eL)}$$

$$\text{Grupo II: } Q_{\max} = \frac{36,354.55}{1.50 * 0.43 * 3} = 18,787.8 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Grupo III: } Q_{\max} = \frac{41,465.11}{1.50 * 0.42 * 3} = 21,939.21 \text{ kg/cm}^2$$

Los valores obtenidos demuestran que según los datos del estudio de suelos, los valores calculados si chequean:

Grupo II: $18,787.88 \text{ kg/cm}^2 < 24,250.00 \text{ kg/cm}^2$, si chequea

Grupo III: $21,939.21 \text{ kg/cm}^2 < 24,250.00 \text{ kg/cm}^2$, si chequea

3.5.1.4. Cálculo del pie

- Revisión por corte

$$W_{\text{suelo+cimiento}} = W_{\text{s+c}}$$

$$W_{\text{s+c}} = \delta_s(\text{desplante})(L_{\text{pie}}) + \delta_c(T_{\text{Zapate}})(L_{\text{pie}})$$

$$W_{\text{s+c}} = 1,500[1.20 * 1.48 * 1 + 1/2 * 1.20 * 0.47 + 2,400 * 0.70 * 1.20]$$

$$W_{\text{s+c}} = 5,013.00 \text{ kg/m}$$

Se propone varilla No.8 para el refuerzo, el peralte efectivo será:

$$D = t - \text{Ø}/2 - \text{recubrimiento} = 70 - 2.54/2 - 7.50 = 61.23 \text{ cm}$$

Corte resistente del concreto:

$$V_r = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 100 * 61.23 = 39,973.18 \text{ kg}$$

Corte en el rostro del muro:

$$V_{\text{rostro}} = 1.70 * W_{\text{s+c}} = 1.70 * 5,013 = 8,522.10 \text{ kg}$$

El $V_r > V_u$: $39,973.18 \text{ kg} > 8,522.10 \text{ kg}$, si chequea

- Revisión por flexión

$$M_{\text{rostro}} = 1.70 \left[W_{\text{s+c}} * \frac{L_{\text{pie}}}{2} \right] = 1.70 * 5,013 * \frac{1.2}{2} = 5,113.26 \text{ kg-m}$$

□ Diseño del refuerzo

Datos:

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

$$f_y = 2,810 \text{ kg/cm}^2 \quad d = 61.23 \text{ cm}$$

$$M_u = 5,113.26 \text{ kg} \cdot \text{m} \quad b = 100 \text{ cm}$$

Se obtiene:

$$A_s = 3.32 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} = 30.37 \text{ cm}^2$$

$$A_{smax} = 113.12 \text{ cm}^2$$

Se tomara el $A_{smin} = 30.37 \text{ cm}^2$

Espaciamiento:

$$S = \frac{5.067}{30.37} * 100 = 16.49 \text{ cm}, \text{ se usara un } S = 0.15 \text{ m con varilla No.8}$$

Acero en sentido longitudinal:

$$A_{st} = 0.002bt = 0.002(100)(700) = 14 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento:

$$S = \frac{2.85}{14.00} * 100 = 20.36 \text{ cm}, \text{ se usará un } S = 0.20 \text{ m con varilla No. 6}$$

Resumen del armado del pie del estribo: colocar como refuerzo principal varillas No.8 @ 0.15m + refuerzo longitudinal varilla No.6 @ 0.20m.

3.5.1.5. Cálculo del talón

Relleno sobre el talón:

$$W = 3.55 * 2.10 * 1 * 1,500 + 0.70 * 1.10 * 1 * 2,400 = 7,705.50 \text{ kg}$$

□ Revisión por corte

$$V_{\text{rostro}} = 1.70 * W_{\text{s+c+q}} = 1.70 * 77,050.50 = 13,099.35 \text{ kg}$$

Corte que resiste el concreto:

$$V_r = 0.53 * 0.85 * \sqrt{210} * 100 * 61.23 = 39,973.18 \text{ kg}$$

El $V_r > V_u$: $39,973.18 \text{ kg} > 13,099.35 \text{ kg}$., entonces si revisa.

□ Diseño del refuerzo

Datos:

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

$$b = 100 \text{ cm}$$

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

$$d = 61.23 \text{ cm}$$

$$M_u = 7,024.64 \text{ kg - m}$$

Se obtiene:

$$A_s = 4.68 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{smin}} = 30.37 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{smax}} = 113.12 \text{ cm}^2$$

Se tomará el $A_{\text{smin}} = 30.37 \text{ cm}^2$

Espaciamiento:

$$S = \frac{5.067}{30.37} * 100 = 16.49 \text{ cm}, \text{ se usara un } S = 0.15 \text{ m con varilla No.8}$$

Acero en sentido longitudinal:

$$A_{st} = 0.002bt = 0.002 * 100 * 70 = 14 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento:

$$S = \frac{2.85}{14.00} * 100 = 20.36 \text{ cm}, \text{ se usará un } S = 0.20 \text{ m con varilla No. 6}$$

Resumen del armado del talón del estribo: Colocar como refuerzo principal varillas No.8 @ 0.15m + refuerzo longitudinal varilla No.6 @ 0.20m.

3.5.1.6. Cálculo de la pantalla

Tabla XXI. Cargas de sismo y empuje de tierra actuantes sobre la pantalla.

Fuerzas debido a sismo			
	Wo (kg)	Brazo (m)	Mo (kg-m)
EQ1	104.40	2.825	294.93
EQ2	403.20	1.25	504
Eq3	504	0	0
Eq4	90	2.05	184.50
Eqcm	801.62	2.50	2,004.05
Σ	1,903.22		2,987.48

Tabla XXII. Empuje ejercido por presión de tierra

Empuje ejercido por presión de tierra			
	Wo (kg)	Brazo (m)	Mo (kg-m)
EA	490.74	2.25	1,104.16
E7	1,244.40	1.775	2,208.81
E8	5,508.00	1.183	6,515.96
Σ	7,243.14		9,828.93

- Integrando grupos de carga

Grupo II

$$M_u = 1.30(\sum M_{Eq} + \sum M_{Et}) = 1.30(2,987.48 + 9,828.93) = 16,661.34 \text{ kg - m}$$

Gripo III

$$M_u = 1.30[(0.30)(\sum M_{Eq}) + \sum M_{Et} + I\sum M_{cv}]$$
$$M_u = 1.30[0.30 * 2,987.48 + 9,828.93 + 1.30 * 3,441.31]$$
$$M_u = 19,758.54 \text{ kg - m}$$

3.5.1.7. Cálculo de refuerzo

Datos:

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

$$b = 100 \text{ cm}$$

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

$$d = 61.23 \text{ cm}$$

$$Mu = 19,758.54 \text{ kg - m}$$

Se obtiene:

$$A_s = 12.98 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} = 30.37 \text{ cm}^2$$

$$A_{smax} = 113.12 \text{ cm}^2$$

Se tomará el $A_{smin} = 30.37 \text{ cm}^2$

Espaciamiento:

$$S = \frac{5.067}{30.37} * 100 = 16.49 \text{ cm}, \text{ se usara un } S = 0.15 \text{ m con varilla No.8}$$

Acero en sentido longitudinal:

$$A_{st} = 0.002bt = 0.002 * 100 * 70 = 14 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento:

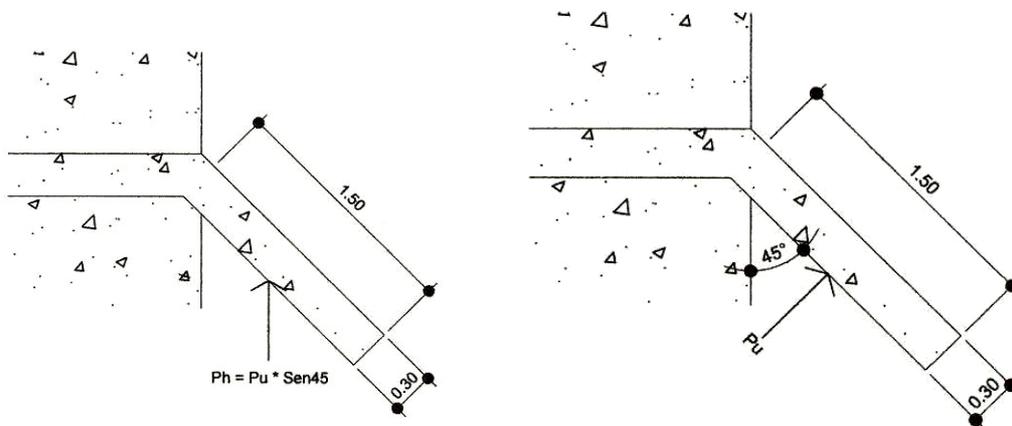
$$S = \frac{2.85}{14.00} * 100 = 20.36 \text{ cm}, \text{ se usara un } S = 0.20 \text{ m con varilla No. 6}$$

Resumen del armado de la pantalla del estribo colocar como refuerzo principal varillas No.8 @ 0.15m + refuerzo longitudinal varilla No.6 @ 0.20m.

Nota: El detalle del estribo, se presentan en planos adjuntos en el anexo 3.

3.5.2. Diseño de los aleros

Figura 18. Detalle de dimensiones de los aleros



Datos:

Ancho = 0.30 m

Largo = 1.50 m

Altura = 2.25m

Peso del concreto = 2,400 kg/m³

Peso propio del alero: (por metro lineal)

$$W_a = 0.30 * 1.50 * 2,400 = 1,080 \text{ kg/m}$$

3.5.2.1. Cálculo de momentos

- Momento ocasionado por el sismo

Según artículo 3.2.1 de AASHTO, factor de sismo debe ser de 0.10

$$M_s = 0.10 * 1,215.00 = 121.50 \text{ kg-m}$$

- Momento en la base producido por la carga muerta

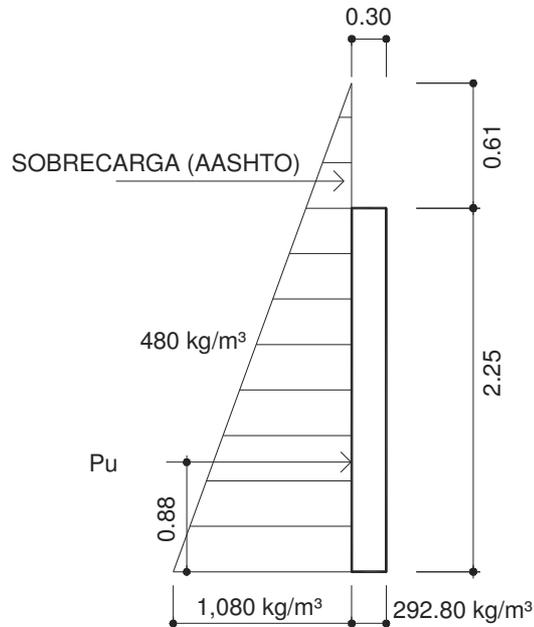
$$M_a = \frac{WL^2}{2} = \frac{1,080 * 1.50^2}{2} = 1,215.00 \text{ kg-m}$$

3.5.2.2. Cálculo de empuje de tierra

AASHTO recomienda una sobrecarga mínima de 480 kg/m³, y una altura mínima de 2 pies para presión de tierra sobre elementos estructurales.

$$(480)(0.61) = 292.80 \text{ kg/m}^2$$

Figura 19. Cargas que actúan sobre los aleros



Presión de tierra resistida: (por metro lineal)

$$(480)(2.25) = 1,080 \text{ kg/m}^2$$

La fuerza última según la figura 17, es:

$$P_u = 1.00 * 292.80 * 2.25 + \frac{1}{2} * 1,080 * 2.25 = 1,873.80 \text{ kg}$$

La fuerza última horizontalmente será:

$$P_h = P_u * \text{seno}\varnothing = 1,873.80 * \text{Sen}45^\circ$$

$$P_h = 1,325.00 \text{ kg}$$

Calculando centróide de aplicación de cargas:

$$Y = \frac{\sum(Y)(A_i)}{\sum A}$$

$$Y = \frac{0.50 * 292.80 * 2.25^2 + \frac{1}{3} * 2.25 * 0.50 * 1,080 * 2.25}{292.80 * 2.25 + \frac{1}{2} * 1,080 * 2.25} = 0.88 \text{ m}$$

Momento producido por el empuje de la tierra: (por metro lineal)

$$M_o = (P_h)(\text{Brazo}) = 1,873 * \frac{1.50}{2} = 624.60 \text{ kg} - \text{m}$$

Cálculo del momento total resistido por el alero:

Grupo II

$$M_u = 1.30(E_q + E_t) = 1.30(121.50 + 624.60) = 969.96 \text{ kg} - \text{m}$$

Grupo III

$$M_u = 1.30(0.30(E_q) + E_t) = 1.30(0.30 * 121.50 + 624.60) = 859.37 \text{ kg} - \text{m}$$

3.5.2.3. Cálculo de refuerzo

Se propone varilla No. 5, el peralte efectivo será:

$$d = 30 - 1.59/2 - 7.50 = 21.705 \text{ cm}$$

Datos:

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

$$b = 100 \text{ cm}$$

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

$$d = 21.705 \text{ cm}$$

$$Mu = 969.93 \text{ kg-m}$$

se obtiene:

$$A_s = 1.78 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} = 10.89 \text{ cm}^2$$

$$A_{smax} = 40.10 \text{ cm}^2$$

se tomará el $A_{smin} = 10.89 \text{ cm}^2$

Espaciamiento:

$$S = \left(\frac{1.981}{10.89} \right) (100) = 18.19 \text{ cm} \quad , \quad \text{se usará un } S = 0.15 \text{ m con varilla No.5}$$

Acero por temperatura:

$$A_{st} = 0.002bt = 0.002(100)(30) = 6 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento:

$$S = \left(\frac{1.27}{6.00} \right) (100) = 21.17 \text{ cm}$$

se usará un $S = 0.20 \text{ m}$ con varilla No. 4

Revisando armado por corte de la sección propuesta

Corte resistente:

$$V_t = (0.85)(0.53)(\sqrt{210}(21.705)) = 14,165.80 \text{ kg}$$

Corte actuante:

$$V_a = 0.50[(b+h)*h + 0.10*t*h*a*E_c]$$

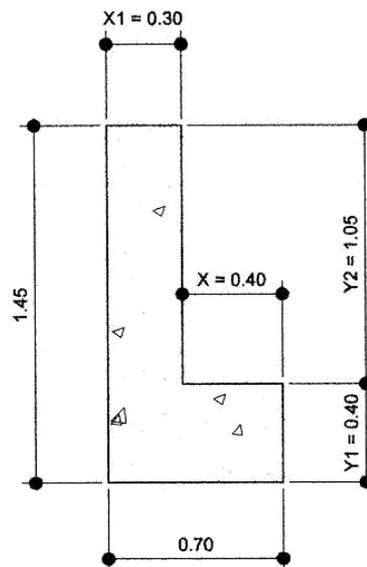
$$V_a = 0.50[(1,080 + 292.80) * 292.80 + 0.10 * 0.30 * 2.25 * 1.50 * 2,400] = 1,075.80 \text{ kg}$$

Como el corte actuante es menor al corte resistente, la sección propuesta esta bien.

Nota: El detalle de los aleros se muestra en los planos adjuntos en el anexo 3.

3.5.3. Diseño de la viga de apoyo

Figura 20. Dimensiones de la cortina y la viga de apoyo



- Dimensionamiento de la cortina y la viga de apoyo

Según el libro “diseño de puentes de concreto de José Eusebio Trujillo, AASHTO recomienda los siguientes parámetros para dimensionar las vigas de apoyo y las cortinas:

X: debe ser de 2.00 cm por cada metro longitudinal del puente.

X1: Debe ser como mínimo 0.30m.

Y1 Debe ser como mínimo 0.40m

Y2: es la suma de la altura de la viga de apoyo, más el espesor de la losa, más el espesor r de la capa asfáltica.

$$X = (12.90)(0.02) = 0.26 \text{ m, tomaremos } X = 0.40\text{m}$$

$$X1 = 0.30\text{m}$$

$$Y1 = 0.40\text{m}$$

$$Y2 = 0.80 + 0.20 + 0.05 = 1.05\text{m}$$

- Cálculo de acero longitudinal con acero por temperatura.

$$A_{st} = 0.002bt = 0.002 * 100 * 40 = 8.00 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento:

$$S = \frac{1.981}{8.00} * 100 = 24.00 \text{ cm , se usará un } S = 0.20 \text{ m con varilla No. 5}$$

- Acero transversal

$$A_{s_{min}} = 14.10 \frac{70 * 40}{2,810} = 14.05 \text{ cm}^2$$

Con 8 varillas No.5 tenemos un área de 15.85 cm²

Resumen: armado de viga de apoyo: Colocar 8 varillas corridas No.5 + estribos No. 5 @ 0.20m.

Nota: El detalle de la viga de apoyo se muestra en los planos adjuntos en el anexo 3.

3.5.4. Diseño de la cortina

3.5.4.1. Cálculo de carga muerta y carga viva

- Resultantes verticales que actúan en cada viga

$P_u = 70,635.87$ kg. (del cálculo de las vigas)

$P_{max} = 21,643.85$ kg. (viene de vigas por carga muerta)

Longitud del estribo = 5.40m

- Carga muerta por cada estribo: (por metro lineal)

$C_m = (21,643.85)(2 \text{ estribos})/5.40 = 8,016.24$ kg/m

- Carga viva en losa

Realizando un análisis de la carga más crítica, que es la carga completa que produce el camión HS 20 sobre la estructura, se tiene una carga móvil HS 20, el cual lo constituye un camión tipo tractor de 36,000 libras y un remolque de 30,000 libras. En tal caso, la carga para cada estribo será:

$$C_m = \frac{2(16,000) + 2(20,000)}{2} = 36,000 \text{ lb}$$

$$C_m = 16,329.60 \text{ kg}$$

$$C_v = \frac{16,329.60}{5.40} = 3,023.95 \text{ kg/m}$$

3.5.4.2. Cálculo de fuerzas horizontales

- Cálculo de fuerza de frenado

Artículo 3.9 de AASHTO. Se deberá considerar del 5-10% de la carga viva, por efectos de frenado. Además, el centro de aplicación de dicha fuerza se encuentra a una altura de 6 pies (1.83m) por arriba del piso de la losa.

Se encuentra momento ocasionado por el frenado:

$$M_f = (1.83+1.05) * 302.40 = 870.912 \text{ kg-m}$$

Peso propio de la cortina

$$W_c = 0.30 * 1.05 * 1 * 2,400 = 756 \text{ kg}$$

$$M_c = E_q * \text{brazo} * \text{fuerza} = 0.10 * 0.5252 * 756 = 39.69 \text{ kg-m}$$

3.5.4.3. Cálculo empuje de tierra

- Fuerza y momento producido por el empuje de la tierra sobre la cortina

$$F_t = 292.80 * 1.05 * 1 + 1/2 * 5.04 * 1.05 * 1$$

$$F_t = 572.04 \text{ kg}$$

Centro de aplicación de la fuerza ejercida

$$Y = \frac{0.50 * 1.05 * 1.05 * 292.80 + \frac{1}{2} * 1.05 * 0.50 * 1.05 * 5.04}{292.80 * 1.05 + \frac{1}{2} * 5.04 * 1.05} = 0.444 \text{ m}$$

Momento producido por empuje de la tierra:

$$M = 0.444 * 572.04$$

$$M = 254.016 \text{ kg-m}$$

□ Integrando grupos de carga

$$\text{Franja Unitaria: } 0.30 * 1 * 2,400 = 720 \text{ kg-m}$$

Por fórmula de voladizo:

$$\frac{WL^2}{2} = \frac{720 * 1.05^2}{2} = 396.90 \text{ kg - m}$$

Aplicando factor de sismo para diseño:

$$E_q = 0.10 * 396.90 = 39.69 \text{ kg-m}$$

Grupo II

$$M_u = 1.30(E_t + E_q) = 1.30(254.016 + 39.69) = 381.82 \text{ kg - m}$$

Grupo III

$$M_u = 1.30(0.30E_q + E_t + P_f)$$

$$M_u = 1.30(0.30 * 39.69 + 254.016 + 870.912) = 1,477.89 \text{ kg} - \text{m}$$

3.5.4.4. Cálculo de refuerzo

Se propone varilla No.5, por lo que el peralte efectivo debe ser:

$$d = t - \emptyset/2 - \text{recubrimiento} = 30 - 1.59/2 - 7.5 = 21.705 \text{ cm}$$

Datos:

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

$$b = 100 \text{ cm}$$

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

$$d = 21.705 \text{ cm}$$

$$M_u = 1,477.89 \text{ kg} - \text{m}$$

Se obtiene:

$$A_s = 2.72 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} = 10.89 \text{ cm}^2$$

$$A_{smax} = 40.10 \text{ cm}^2$$

Se tomará el $A_{smin} = 10.89 \text{ cm}^2$

Espaciamiento:

$$S = \frac{1.981}{10.89} * 100 = 18.19 \text{ cm}, \text{ se usará un } S = 0.15 \text{ m con varilla No.5}$$

Acero por temperatura:

$$A_{st} = 0.002bt = 0.002 * 100 * 30 = 6 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento:

$$S = \frac{1.27}{6.00} * 100 = 21.17 \text{ cm}, \text{ se usará un } S = 0.20 \text{ m con varilla No. 4}$$

□ Revisando la sección a corte

Corte resistente:

$$V_r = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 100 * 21.705 = 14,169.82 \text{ kg}$$

Corte actuante:

$$V_a = 0.50[(b + h) + h + 0.10 * t * h * a * E_c]$$

$$V_a = 0.50(504 + 292.80 + 292.80 + 0.10 * 0.30 * 1.05 * 1 * 2,400)$$

$$V_a = 582.60 \text{ kg}$$

$$14,169.82 > 582.60 \text{ kg}$$

$V_r > V_a$, entonces si chequea la sección propuesta.

Nota: el armado de la cortina se muestra en los planos adjuntos en el anexo 3.

3.5.5. Diseño de la pila central

Resultantes verticales que actúan en cada viga principal:

$$P_u = 1.30 \left[P_{cm} + \frac{5}{3} (P_{cv})(SC)(I) \right]$$

$$P_{cm} = 47,715.72 \text{ lb} \approx 21,463.85 \text{ kg}$$

$$P_{cv} = 28,060.50 \text{ lb} \approx 12,728.24 \text{ kg}$$

$$SC = 1.19$$

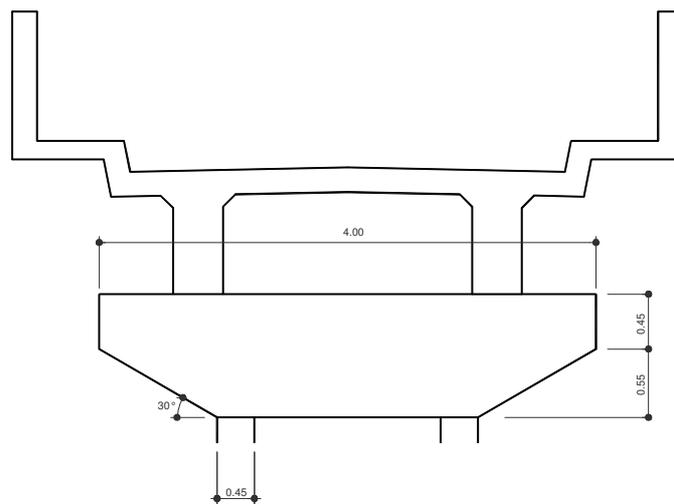
$$I = 1.30 \%$$

$$P_u = 1.30(21,463.85 + 1.667(1.19)(1.30)(12,728.24))$$

$$P_u = 70,799.95 \text{ kg}$$

3.5.5.1. Diseño de la viga de apoyo

Figura 21. Dimensiones de la viga de apoyo



Para el criterio de diseño se tomará al camión actuando al centro de la luz total de una de las lozas del puente, como carga más crítica.

$$P_u = 1.30 \left[(21,643.85)(2\text{vigas}) + \frac{5}{3}(1.19)(1.30)(12,728.21) \right] = 98,936.95 \text{ Kg}$$

$$P_u \approx 218,114.98 \text{ Lb}$$

- Momento actuante al rostro de la columna:

$$Mu = (Pu)(brazo) = (98,936.95)(0.50)$$

$$Mu = 49,468.47 \text{ Kg-m}$$

- Diseño del armado

Se propone usar varilla No. 10, el peralte efectivo será:

$$d = 100 - 3.23/2 - 7.5 = 90.885 \text{ cm.}$$

Datos:

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

$$b = 85 \text{ cm}$$

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

$$d = 90.885 \text{ cm}$$

$$Mu = 49,468.47 \text{ kg - m}$$

Se obtiene:

$$A_s = 22.02 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} = 38.76 \text{ cm}^2$$

$$A_{smax} = 142.71 \text{ cm}^2$$

Se tomará el $A_{smin} = 38.76 \text{ cm}^2$

Con 5 varillas No. 10 se tiene 40.85 cm^2

- Revisión de la sección a corte

Corte actuante:

$$Va = Pu = 98,936.95 \text{ Kg}$$

Corte resistente:

$$V_r = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 85 * 90.885$$

$$V_r = 50,433.09 \text{ kg}$$

Como el $Va > Vr$, se debe de reforzar a corte:

Espaciamiento:

$$S = \frac{2 * 1.27 * 2,810 * 85}{98,936.95 - 50,433.09} = 12.50 \text{ cm} \approx 0.10 \text{ m},$$

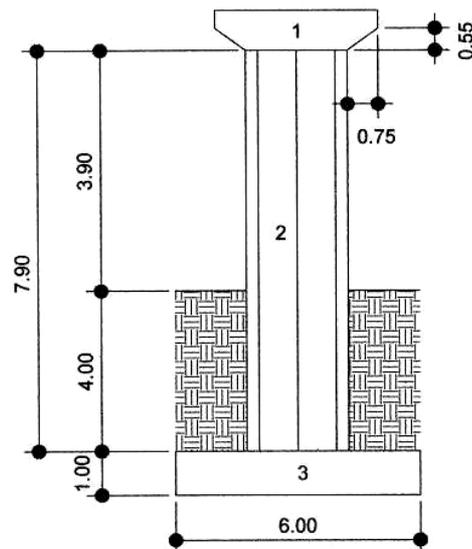
Colocar doble juego de estribos con carilla No.4 @ 0.20m.

Resumen del armado de viga de apoyo: Colocar refuerzo principal 5 varillas No.10 + 2 juegos de estribos varilla No.4 @ 0.20m.

Nota: El detalle de la viga de apoyo de la pila central se muestra en los planos adjuntos en el anexo 3.

3.5.5.2. Carga muerta y carga viva actuantes

Figura 22. Dimensiones y cargas que actúan sobre la pila central



Centro geométrico de aplicación de la carga muerta de la viga de apoyo

$$Y = \frac{(0.50)(1)^2(4) + 2\left(\frac{1}{3}\right)(0.55)^2}{(4)(1) + (2)(0.50)(0.75)(0.55)} = 0.52 \text{ m}$$

- Carga muerta de la viga de apoyo

$$W1 = 2,400[4 * 1 * 0.85 - 2 * 0.50 * 0.55 * 0.75 * 0.85] = 7,318.50 \text{ Kg}$$

- Carga muerta de la columna

$$W2 = 2,400 * 7.90[2.50 * 0.85 - 4 * 0.43 * 0.30 * 0.50] = 35,398.32 \text{ Kg}$$

- Carga muerta de la zapata

$$W3 = 2,400 * 1 * 6 * 6 = 8,6400 \text{ Kg}$$

- Carga muerta de la superestructura

$$Pcm = 4 \text{ vigas} * 21,643.85 = 86,575.40 \text{ Kg}$$

- Peso del relleno de tierra

$$WT = 480 * 4[6^2 - 2.50 * 0.85 - 4 * 0.30 * 0.43 * 0.50] = 65,535.36 \text{ Kg}$$

Tabla XXIII. Integración de carga muerta que actúa sobre la pila central

Cargas muertas			
	Wo (kg)	Brazo (m)	Mo (kg-m)
W1	7,318.50	3	21,955.50
W2	35,398.22	3	106,194.66
W3	8,6400	3	25,9200
WT	65,535.36	3	196,606.18
Pcm	86,575.40	3	259,776.20
Σ	281,227.48		843,682.44

- Fuerzas debido a la carga viva

Peso del camión HS 20, según AASHTO

$$C_v = \frac{40,000 + 32,000}{2} * 0.4538 = 16,336.80 \text{ kg}$$

Tabla XXIV. Cargas vivas que actúan en la pila central

Cargas vivas			
	Wo (kg)	Brazo (m)	Mo (kg-m)
Pcv	32,673.60	3.00	98,020.80

- Determinación de fuerzas horizontales actuantes, debido a sismo

Viga de apoyo: EQ1 = 0.10 * 7,318.50 = 731.85 Kg

Muro central: EQ2 = 0.10 * 35,398.32 = 3,539.83 Kg

Zapata: EQ3 = 0.10 * 86,400 = 8,640.00 Kg

Superestructura: Ecm = 0.10 * 86,575.40 = 8,657.54 Kg

Tabla XXV. Fuerzas de sismo que actúan sobre la pila central

Fuerzas debido a sismo			
	Wo (kg)	Brazo (m)	Mo (kg-m)
EQ1	731.85	9.40	6,879.39
EQ2	3,539.83	4.95	17,522.16
EQ3	8,640.00	0.50	4,320.00
EQcm	8,657.54	8.90	77,052.10
Σ	21,569.22		105,773.66

- Empujes que actúan sobre la pila

La dirección de la corriente ejerce presión directa a la pila en el sentido transversal, pero en el caso del presente diseño no existe río y por tal motivo asumiremos una velocidad de diseño del río de 2.00 m/s.

Artículo 3.18.1.1 AASHTO: el empuje que el agua produce en el elemento, debe ser calculada por la fórmula: $P_{avg} = 16KV_{avg}$

donde:

P_{avg} = Presión de la corriente

V_{avg} = Velocidad del río (m/s)

K = Constante que depende de la forma de la columna, en este caso la forma es diamantada, por lo que $K = 0.50$

Velocidad de diseño asumida de río: $V_{avg} = 2.00$ m/s

$$P_{avg} = 16(0.50)(2) = 16.00 \text{ Kg/m}^2$$

Empuje del agua: $E_a = (P_{avg})(\text{Ancho columna})(\text{Altura crecida extramáxima})$

$$E_a = (16)(0.80)(84.00) = 51.20 \text{ kg}$$

Presión de tierra:

$$E_t = 1/2bh = 0.50 * 480 * 4 * 4\text{ lados} = 3840.00 \text{ kg.}$$

Tabla XXVI. Fuerzas de agua y de tierra que actúan sobre la pila

Empujes que actúan sobre la pila			
	Wo (kg)	Brazo (m)	Mo (kg-m)
Ea	51.20	6.33	324.27
Et	3840	3.00	11,520.00
Σ	3,891.20		11,844.27

- Empuje ocasionado por las fuerzas horizontales

Fuerza de frenado: $P_f = 10\%P_{cv} = 0.10 * 32,673.60 = 3,267.36 \text{ Kg}$

Fuerza de temperatura: $P_{tv} = 255P_{cv} = 0.25 * 32,673.60 = 8,168.40 \text{ kg}$

Tabla XXVII. Fuerzas horizontales que actúan sobre la pila central

Empujes horizontales que actúan sobre la pila			
	Wo (kg)	Brazo (m)	Mo (kg-m)
PF	3,267.36	12.20	39,959.81
PTV	8,168.40	9.45	77,191.38
Σ	11,435.76		117,152.19

- Calcular resistencia de la base a esfuerzos cortantes horizontales

Grupo II

$$V_a = 1.30 \left[\sum W_{Eq} + \sum W_{Et} \right] = 1.30(21,569.22 + 3,891.20) = 33,098.55 \text{ kg}$$

Grupo III

$$V_a = 1.30 \left[0.30 \sum W_{Eq} + \sum W_{Et} + \sum W_{cv} \right]$$

$$V_a = 1.30 \left[(0.30)(21,569.22) + 3891.20 + 11,435.76 \right] = 28,337.044 \text{ kg}$$

Corte resistente:

$$V_r = (0.85)(0.53)\sqrt{210}(190)(80) = 99,231.15 \text{ kg}$$

Si revisa $V_r > V_a$, $99,231.15 > 33,098.55$

La sección si cumple, se deberá reforzar con espaciamento mínimo:

$$\text{Se propone varilla No. 3: } \frac{d}{2} = \frac{0.80}{2} = 0.40 \text{ cm}$$

3.5.5.3. Cálculo momento de volteo

□ Estabilidad de la pila

Momento producido por las fuerzas estabilizantes:

Grupo II

$$M_e = 1.30 \sum M_{cm} = 1.30(843,682.44) = 1,016,787.17 \text{ kg} - m$$

Grupo III

$$M_e = 1.30 [\sum M_{cm} + \sum M_{cv}(\text{impacto})] = 1.30(843,682.44 + 1.3(117,151.19))$$

$$M_e = 1,294,772.63 \text{ kg} - m$$

Momento producido por las fuerzas volteantes:

Grupo II

$$M_v = 1.30 (\sum M_{eq} + \sum M_{Et}) = 1.30(105,773.66 + 11,844.27) = 125,903.31 \text{ kg} - m$$

Grupo III

$$M_v = 1.30[(0.30)\sum M_{Eq} + \sum M_{Er} + I\sum; M_{cv}]$$

$$M_v = 1.30(0.30(105,773.66 + 11,844.27 + 1.3(117,152.19)))$$

$$M_v = 254,636.48 \text{ kg-m}$$

□ Factor de seguridad al volteo: $\frac{M_e}{M_v} > 1.50$

Grupo II: $F_s = 1,096,787.17/125,903.31 = 8.71 > 1.50$, si chequea

Grupo III: $F_s = 1,294,772.63/254,636.48 = 5.03 > 1.50$, si chequea

3.5.5.4. Cálculo de momento estabilizante

□ Fuerzas estabilizantes

Grupo II

$$F_e = 1.30(\sum W_{cm}) = 1.30(281,227.48) = 365,595.72 \text{ kg}$$

Grupo III

$$F_e = 1.30(\sum W_{cm}) + I\sum W_{cv}$$

$$F_e = 1.30(281,227.48 + 1.30(32,673.60))$$

$$F_e = 420,814.11 \text{ Kg}$$

□ Fuerzas deslizantes

Grupo II

$$F_d = 1.30(\sum W_{Eq} + \sum W_{Et}) = 1.30(21,569.22 + 3,891.20) = 33,098.55 \text{ Kg}$$

Grupo III

$$F_d = 1.30(0.30 \sum W_{Eq} + \sum W_{Et} + I \sum W_{cv})$$

$$F_d = 1.30(0.30(21,596.22 + 3,891.20 + (1.30)(11,435.76))$$

$$F_d = 32,796.99 \text{ Kg}$$

□ Factor de seguridad al deslizamiento: $0.60 \left(\frac{F_e}{F_d} \right) > 1.50$

Grupo II

$$(0.60) \frac{365,595.72}{33,098.55} = 6.63 > 1.50, \text{ si chequea}$$

Grupo III

$$(0.60) \frac{420,814.11}{32,796.99} = 7.70 > 1.50, \text{ si chequea}$$

□ Revisión depresiones negativas en el terreno

Según los resultados del estudio de suelos efectuado, se determinó que el CBR del terreno es igual a 24,250 kg/cm².

Cálculo centróide de aplicación de cargas: $Y = \frac{M_e - M_v}{F_e}$

Grupo II

$$Y = \frac{1,096,787.12 - 12,590.31}{365,595.72} = 2.65 \text{ m}$$

Grupo III

$$Y = \frac{1,294,772.63 - 254,636.48}{420,814.11} = 2.47 \text{ m}$$

Cálculo de la excentricidad de la carga: $\left| Y - \frac{L}{2} \right| < \frac{L}{6}$

$$\text{Grupo II: } e = \left| 2.65 - \frac{6}{2} \right| < \frac{6}{6} = 0.35 < 1, \text{ si chequea}$$

$$\text{Grupo III: } e = \left| 2.47 - \frac{6}{2} \right| < \frac{6}{6} = 0.53 < 1, \text{ si chequea}$$

□ Cálculo de la presión máxima bajo la base del muro

$$\text{Fórmula: } \left(\frac{F_e}{L^2} \right) \left(1 \pm \frac{6e}{L} \right)$$

Grupo II

$$Q_{\min} = \left(\frac{365,595.72}{6^2} \right) \left(1 - \frac{6(0.35)}{6} \right) = 6,601.03 \text{ kg/cm}^2$$

$$Q_{\max} = \left(\frac{365,595.72}{6^2} \right) \left(1 + \frac{6(0.35)}{6} \right) = 13,709.84 \text{ kg/cm}^2$$

Entonces: como $24,250 \text{ kg/cm}^2 > 13,709.84 \text{ kg/cm}^2$, entonces es correcto.

Grupo III

$$Q_{\min} = \left(\frac{420,814.11}{6^2} \right) \left(1 - \frac{6(0.53)}{6} \right) = 11,069.75 \text{ kg/cm}^2$$

$$Q_{\max} = \left(\frac{420,814.11}{6^2} \right) \left(1 + \frac{6(0.53)}{6} \right) = 17,884.60 \text{ kg/cm}^2$$

Entonces: como $24,250 \text{ kg/cm}^2 > 17,884.60 \text{ kg/cm}^2$, entonces es correcto.

3.5.5.5. Diseño de la columna central

Determinando fuerzas actuantes sobre el muro de contención, respecto del punto "B" de la figura 20.

Tabla XXVIII. Cargas vivas que actúan sobre la columna

Cargas vivas que soporta la columna			
	Wo (kg)	Brazo (m)	Mo (kg-m)
Pcm	32,673.60	0.00	.0.00

Tabla XXIX. Cargas muertas que actúan sobre la columna

Cargas muertas que soporta la columna			
	Wo (kg)	Brazo (m)	Mo (kg-m)
W1	7,318.50	0.00	0.00
W2	35,398.22	0.00	0.00
W3	86,400.00	0.00	0.00
Pcm	36,575.40	0.00	.0.00
Σ	215,692.12		0.00

Tabla XXX. Fuerzas debido al sismo que actúa sobre la columna

Fuerzas debido al sismo que actúa			
	Wo (kg)	Brazo (m)	Mo (kg-m)
EQ1	731.85	0.00	0.00
EQ2	3,539.83	0.00	0.00
EQcm	8,657.54	0.00	0.00
Σ	12,929.22		0.00

Tabla XXXI. Fuerzas de empuje que actúan sobre la columna

Empujes que actúan sobre la columna			
	Wo (kg)	Brazo (m)	Mo (kg-m)
Ea	51.20	5.63	288.25
Et	3,840	1.33	5,107.20
Σ	3,891.20		5,395.46

Tabla XXXII. Fuerzas horizontales que actúan sobre la columna

Empuje ejercido por fuerzas horizontales			
	Wo (kg)	Brazo (m)	Mo (kg-m)
Pf	3,267.36	11.93	38,979.60
Ptv	8,168.40	8.90	72,698.76
Σ	11,435.76		111,678.36

- Carga puntual resultante de fuerzas verticales

Grupo II

$$P_u = 1.30(\sum W_{cm}) = 1.30(215,692.12) = 280,399.76 \text{ Kg}$$

Grupo III

$$P_u = 1.30[\sum W_{cm} + I\sum W_{cv}] = 1.30(215,692.12 + 1.30(32,673.60)) = 335,618.14 \text{ Kg}$$

- Momentos de volteo actuantes al pie de la zapata

Grupo II

$$M_U = 1.30(\sum M_{Eq} + \sum M_{Et}) = 1.30(88,520.49 + 35,395.46) = 122,090.74 \text{ kg - m}$$

Grupo III

$$M_U = 1.30[(0.30)\sum M_{Eq} + \sum M_{Et} + I*\sum M_{cv}]$$

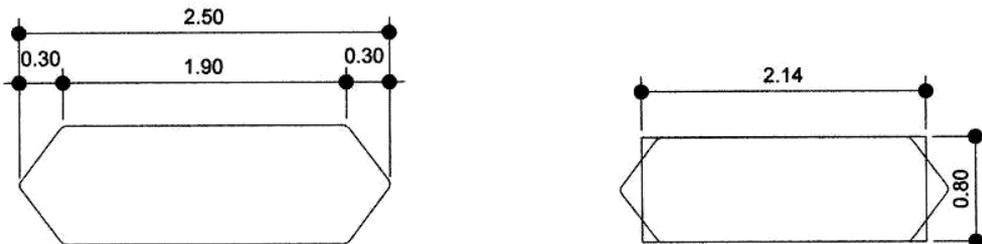
$$M_U = 1.30(0.30(88,520.49) + 35,395.46 + 1.30(111,678.36)) = 230,273.52 \text{ kg - m}$$

- Determinar columna rectangular equivalente para simplificar cálculos.

Se tomará una base constante de 0.80 m y se procederá a determinar una longitud equivalente rectangularmente:

$$H_e = \frac{(0.80 + 1.90) + 2(0.30)^2}{0.80} = 2.125 \text{ m, entonces se tomara } H_e = 2.14 \text{ m}$$

Figura 23. Columna rectangular equivalente



El código ACI-99, recomienda en su capítulo 10.9, que el porcentaje de refuerzo en columnas no sea mayor de 15 ni mayor al 4% del área gruesa.

Área bruta: $214 * 80 = 17,120 \text{ cm}^2$

Tomando el rango propuesto:

$$17,120 * 0.01 = 171.20 \text{ cm}^2 < 17,120 * 0.04$$

Se tomará el rango del 1% dando un área de 171.20 cm^2 , se propone usar 18 varillas No. 11 las cuales dan un área de acero 172.44 cm^2 .

□ Revisiones de la columna

Como el armado será distribuido en toda la sección de la columna se calcularán la esbeltez de la columna, falla a la tensión, falla a la compresión, falla balanceada y las cargas mínimas y máximas.

□ Revisar la esbeltez de la columna

El código ACI-99, en el capítulo 10.9 da la fórmula para calcular la esbeltez:

$$E = \frac{KL_u}{T} < 22, \text{ para columnas no arriostradas}$$

Donde $K=2$, para columnas empotradas en la base y libre en un extremo, $R = 0.25B$ para columnas rectangulares.

$$E = \frac{(2)(7.90)}{(0.25)(2.14)} = 25.53 > 22, \text{ No chequea calcular un magnificador de momentos}$$

Calcular multiplicador δ_b : (caso sin desplazamiento lateral)

Sección de columna: 84.25" x 31.50"

Calcular factor de peralte de la viga:

$$Y = \frac{T - (2 \text{ veces el recubrimiento}) - (2 \text{ estribos}) - \text{varilla}}{T}$$

$$Y = \frac{84.25 - 2(2.93) - 2(0.625) - 1.41}{84.25} = 0.90$$

Calcular factor de carga muerta y carga viva:

$$C_m = 215,692.12 \text{ Kg}$$

$$C_v = 32,673.60 \text{ Kg}$$

$$\beta_d = \frac{\gamma(1.4C_m)}{\gamma(1.4C_m + 1.7C_v)} = \frac{0.90(1.40)(475,511.73)}{(0.90)(1.40)(475,511.73) + 1.70(72,031.75)} = 0.845$$

Cálculo de la inercia:

$$I_g = \frac{(31.50)(84.25)^3}{12} = 1,569,694.74 \text{ plg}^4$$

Cálculo de rigidez de la columna (EI):

$$EI = \frac{(I_g)(Ec)}{2.50(1 + \beta_d)} = \frac{(1,569,694.71)(3,600,000)}{2.50(1 + 0.845)} = 1.225 \times 10^{12} \text{ lb-pulg}$$

$$\text{Calcular carga crítica: } P_c = \frac{\pi^2 * EI}{KL_u} = \frac{\pi^2 * 1.22 \times 10^{12}}{2 * 311.03} = 31,245,616.16 \text{ lb}$$

Cargas puntuales:

Grupo II: 618,165.26 lb

Grupo III: 739,898.90 lb

Calcular

$$C_m = 0.60 + \left[0.40 \left(\frac{618,165.26}{739,898.90} \right) \right] = 0.934$$

Calcular

$$\delta_b = \frac{0.942}{\left[1 - \left(\frac{739,898.90}{0.70(31,245,616.16)} \right) \right]} = 0.966$$

Según el ACI especifica que el porcentaje mínimo de magnificador de momentos debe ser el 5%, por lo tanto se toma para diseño el $\delta_n = 5\%$.

□ Magnificando momentos:

Grupo II: $M_u = (1.05)122090.74 = 128,195.25 \text{ Kg-m}$

Grupo III: $M_u = (1.05)(230273.52) = 241,787.20 \text{ Kg-m}$

Tabla XXXIII. Puntos del diagrama de momento vrs. cargas, de la columna central

PUNTO	FALLA	MOMENTO (T-m)	CARGA (T)
A	Flexión pura	0	2,660.23
B	Falla a compresión	316.77	2,395.59
C	Falla balanceada	900.62	1,035.11
D	Falla a tensión	790.07	574.62
E	Carga concéntrica	185.57	0
F	Carga última grupo II	128.19	280.39
G	Carga última Grupo III	241.88	335.61

□ Revisión a corte la sección propuesta

$$V_r = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 80 * 214 = 111,765.61 \text{ kg}$$

Al revisar el corte resistente es menor que el corte actuante, por lo que se debe reforzar a corte la sección:

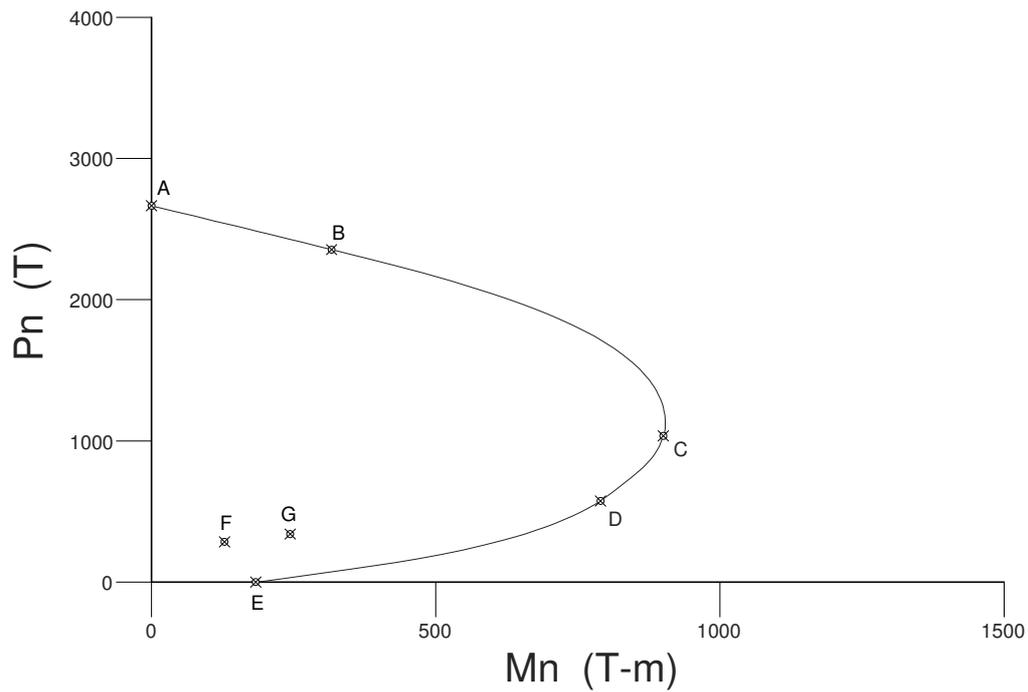
$$S = \frac{2 * A_v * f_y * d}{V_a - V_r} = \frac{2 * 1.981 * 2,810 * 214}{379,047.50 - 111,765.61} = 8.91 \text{ cm}$$

$$S = 0.08 \text{ m}$$

Resumen final de armado de la columna central: Colocar 18 varillas No.11 + estribos varilla No. 5 @ 0.08m

Nota: el detalle de la columna central se muestra en los planos adjuntos en el anexo 3.

Figura 24. Diagrama de momento vrs. Cargas de la columna central



3.5.5.6. Diseño de la zapata principal

- Factor de seguridad

$$F_{cu} = \frac{1.3 * CM + 1.7 * CV}{CM + CV} = \frac{1.40 * 215,692.12 + 1.70 * 32,673.60}{215,692.12 + 32,673.60} = 1.439$$

- Cargas de servicio

$$P = 335.62 / 1.439 = 233.23 \text{ T-m}$$

- Momento de trabajo

$$M = 241.80 / 1.439 = 168.03 \text{ T-m}$$

- Chequeo de presiones sobre el suelo

$$P_t = 233.33 + 65.55 = 298.88 \text{ T}$$

- Chequeos de flexión biaxial

$$q = \frac{P_t}{A} \pm \frac{M_x}{S_x} \pm \frac{M_y}{S_y}$$

$$S_x = \frac{1}{6}bh^2 \quad S_y = \frac{1}{6}bh^2$$

Operando se tiene:

$$q = \frac{298.88}{36} \pm \frac{168.03}{36} \pm \frac{168.03}{36}$$

$$q_{\min} = 1.03 \text{ T/m}^2$$

$$q_{\max} = 17.64 \text{ T/m}^2$$

Ambos valores son menores al valor soporte encontrado en el estudio de suelos el cual es de 24.25 T/m².

- Chequeando corte simple (con varilla No. 11)

$$d = 100 - 5.59/2 - 7.50 = 89.71 \text{ cm}$$

$$V_a = 0.93 * 6 * 25.38 = 141.21 \text{ T}$$

$$V_r = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 600 * 89.71 / 1000 = 351.40 \text{ T}$$

$V_r > V_a$ si chequea.

- Chequeando corte punzonante

Área de punzonamiento:

$$214 + d = 214 + 89.71 = 303.71 \text{ cm}$$

$$80 + d = 80 + 89.71 = 169.70$$

$$\text{Área} = 5.15 \text{ m}^2$$

$$V_a = (6^2 - 5.15) * 25.38 = 782.97 \text{ T}$$

$$V_r = 0.85 * 1.06 * \sqrt{210} * 946.84 * 89.71 / 1,000 = 1,109.05 \text{ T}$$

$V_r > V_a$, si chequea.

3.5.5.7. Cálculo de refuerzo

$$M = \frac{WL^2}{2} = \frac{(25.38)(2.60)^2}{2} = 85.78 \text{ T - m}$$

Datos:

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

$$b = 100 \text{ cm}$$

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

$$d = 89.71 \text{ cm}$$

$$M_u = 241,800 \text{ kg - m}$$

Se obtiene:

$$A_s = 119 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} = 45.01 \text{ cm}^2$$

$$A_{smax} = 165.73 \text{ cm}^2$$

Reforzar con 12 varillas No.11 tomando el $A_s = 119.00 \text{ cm}^2$

Espaciamiento

$$S = \frac{6 - 2 * 0.075}{12} = 0.48 \text{ m}$$

Se tomará un $S = 0.45\text{m}$

Acero por temperatura:

$$A_{st} = 0.002(100)(89.71) = 17.942 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} = 45.01 \text{ cm}^2$$

Se tomará el acero mínimo para el refuerzo por temperatura, con 8 varillas No.10

$$S = \frac{6 - 2(0.075) - 8(0.0358)}{12} = 0.70 \text{ m}$$

Resumen del armado de la zapata central:

Cama superior colocar 8 varillas No. 11 @ 0.70 m en ambos sentido.

Cama inferior colocar 12 varillas No. 11 @ 0.45m en ambos sentidos.

Nota: el detalle de la zapata central se muestra en los planos adjuntos en el anexo 3.

3.5.6. Presupuesto del proyecto

Tabla XXXIV. Integración de costos totales de obra del puente vehicular.

**DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR DE 38.80 m
ALDEA PIEDRA GRANDE, SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ S.M.**

INTEGRACIÓN DE COSTOS TOTALES DE OBRA

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P / U	TOTAL
1	Trabajos preliminares	720.00	m³	Q 166.72	Q 120,037.40
2	Losa de concreto para la superestructura	208.98	m²	Q 703.69	Q 147,057.35
3	Vigas principales de superestructura	77.40	ml	Q 2,120.32	Q 164,112.59
4	Postes, pasamanos, acera y mordiente de superestructura	77.40	ml	Q 809.91	Q 62,687.30
5	Diafragmas interiores de la superestructura	34.20	ml	Q 1,533.13	Q 52,433.15
6	Aleros de entrada y salida de los muros de contención	7.00	ml	Q 3,864.99	Q 27,054.95
7	Cortinas de los muros de contención	2.90	ml	Q 7,038.13	Q 20,410.59
8	Vigas de apoyo en extremos de los muros de contención	10.80	ml	Q 3,913.47	Q 42,265.51
9	Pantallas de los muros de contención	4.20	ml	Q 26,619.84	Q 111,803.31
10	Zapatas de los muros de contención	32.40	m²	Q 1,821.22	Q 59,007.62
11	Zapata de la pila central	72.00	m²	Q 1,727.04	Q 124,347.14
12	Columna de la pila central	15.80	ml	Q 7,247.82	Q 114,515.49
13	Viga de apoyo de la pila central	4.80	ml	Q 3,626.34	Q 17,406.43
14	Apoyos de neopreno para superestructura	12.00	Apoyo	Q 2,750.00	Q 33,000.00
15	Pavimento Asfáltico + Carpeta de rodadura sobre puente	40.00	ml	Q 2,975.00	Q 119,000.00
16	Señalamiento Horizontal y vertical de la obra	40.00	ml	Q 775.00	Q 31,000.00
17	Remates en extremos del puente	4.20	ml	Q 1,255.23	Q 5,271.98
18	Administración 15%	1.00	Global	Q 180,988.37	Q 180,988.37
19	Imprevistos 5%	1.00	Global	Q 60,329.46	Q 60,329.46

COSTO TOTAL DE CONSTRUCCION DE PUENTE VEHICULAR DE 38.80 m PARA ALDEA PIEDRA GRANDE, SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ S.M.	Q 1,492,728.63
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------

Tabla XXXV. Costos unitarios de materiales del puente vehicular por renglón.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P/U	TOTAL	
1	TRABAJOS PRELIMINARES DE OBRA					
1.1	MATERIALES PARA BODEGA					
1.1.1	Regla de pino colorado rustica de 2"x1"x10'	20	pt	Q 4.50	Q 90.00	
1.1.2	Tabla de pino colorado rustica de 12" x 1" x 10'	480	pt	Q 4.50	Q 2,160.00	
1.1.3	Párales de pino colorado rústicos de 3" x 4" x 10'	300	pt	Q 4.50	Q 1,350.00	
1.1.4	Clavo con Cabeza de 2"	15	Libras	Q 3.00	Q 45.00	
1.1.5	Clavo con Cabeza de 1 1/2"	6	Libras	Q 3.00	Q 18.00	
1.1.6	Lamina galvanizada de 12' Cal. 28 (bodega y/o guardiania)	10	Unidad	Q 68.00	Q 680.00	
1.1.7	Clavo para lamina de 2"	4	Libras	Q 4.00	Q 16.00	
1.1.8	Naylon doble grueso para forro de bodega	75	Yardas	Q 4.00	Q 300.00	
1.1.9	Letrina	2	Global	Q 1,400.00	Q 2,800.00	
1.2	FLETE DE MATERIALES	1	Global	Q 578.40	Q 578.40	
				Suman	Q 8,037.40	
1.3	MANO DE OBRA					
1.3.1	Limpieza general	25	m²	Q 8.00	Q 200.00	
1.3.2	Trazo y estaqueado (Incluye hacer Estacas)	20	ml	Q 10.00	Q 200.00	
				Suman	Q 400.00	
	MOVIMIENTO DE TIERRA					
1.4	1.4.1	Excavación del relleno existente	720	m³	Q 90.00	Q 64,800.00
	1.4.2	Traslado de material	720	m³	Q 65.00	Q 46,800.00
				Suman	Q 111,600.00	
	TOTAL				Q 120,037.40	
	COSTO UNITARIO	720	m³	Q 166.72		

Continuación tabla XXXV.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P/U	TOTAL
2	LOSA DE CONCRETO PARA LA SUPERESTRUCTURA				
2.1	MATERIALES				
2.1.1	Cemento portland gris UGC	360	Sacos	Q 43.00	Q 15,480.00
2.1.2	Arena de río	40	m³	Q 140.00	Q 5,600.00
2.1.3	Piedrín triturado de 1/2"	40	m³	Q 185.00	Q 7,400.00
2.1.4	Hierro No. 5, corrugado grado 40 de 20' original	150	Varillas	Q 56.40	Q 8,460.00
2.1.5	Hierro No.4, corrugado grado 40 de 20' original	340	Varillas	Q 35.25	Q 11,985.00
2.1.6	Alambre de amarre calibre 18	550	Libras	Q 3.50	Q 1,925.00
2.1.7	Tabla de pino colorado rustico de 1" x 12"x 10'	2400	pt	Q 4.50	Q 10,800.00
2.1.8	Párales de pino colorado rústicos de 6" x 4" x 9'	1944	pt	Q 4.50	Q 8,748.00
2.1.9	Clavo con cabeza de 3"	60	Libras	Q 3.00	Q 180.00
2.1.10	Clavo con cabeza de 4"	60	Libras	Q 3.00	Q 180.00
2.1.11	Clavo con cabeza de 5"	60	Libras	Q 3.00	Q 180.00
2.2	FLETE DE MATERIALES	1	Global	Q 7,780.84	Q 7,780.84
				Suman	Q 78,718.84
2.3	MANO DE OBRA				
2.3.1	Incluye: Armadura, poner y quitar formaleta, preparar concreto y fundir, hacer y deshacer andamios	1.00	Global	Q 41,417.28	Q 41,417.28
2.3.2	PRESTACIONES	1.00	Global	Q 26,921.23	Q 26,921.23
				Suman	Q 68,338.51
	TOTAL				Q 147,057.35
	COSTO UNITARIO	208.98	m²	Q 703.69	
3	VIGAS PRINCIPALES DE SUPERESTRUCTURA				
3.1	MATERIALES				
3.1.1	Cemento portland gris UGC	330	Sacos	Q 43.00	Q 14,190.00
3.1.2	Arena de río	30	m³	Q 140.00	Q 4,200.00
3.1.3	Piedrín triturado de 1/2"	30	m³	Q 185.00	Q 5,550.00
3.1.4	Hierro No.10, corrugado grado 40 de 20' original	205	Varillas	Q 242.70	Q 49,753.50
3.1.5	Hierro No. 7, corrugado grado 40 de 20' original	40	Varillas	Q 115.28	Q 4,611.20
3.1.6	Hierro No. 5, corrugado grado 40 de 20' original	40	Varillas	Q 56.40	Q 2,256.00
3.1.7	Hierro No. 4 corrugado grado 40 de 20' original	60	Varillas	Q 35.25	Q 2,115.00
3.1.8	Hierro No. 3, corrugado grado 40 de 20' original	280	Varillas	Q 20.14	Q 5,639.20
3.1.9	Alambre de amarre calibre 18	2200	Libras	Q 3.50	Q 7,700.00
3.1.10	Tabla de pino colorado rustico de 1" x 12"x 10'	560	pt	Q 4.50	Q 2,520.00
3.1.11	Párales de pino colorado rústicos de 6" x 4" x 9'	460	pt	Q 4.50	Q 2,070.00
3.1.12	Clavo con cabeza de 3"	100	Libras	Q 3.00	Q 300.00
3.1.13	Clavo con cabeza de 4"	70	Libras	Q 3.00	Q 210.00
3.1.14	Clavo con cabeza de 5"	80	Libras	Q 3.00	Q 240.00
3.2	FLETE DE MATERIALES	1	Global	Q 12,248.30	Q 12,248.30
				Suman	Q 113,603.20
3.3	MANO DE OBRA				
3.3.1	Incluye: Armadura, poner y quitar formaleta, preparar concreto y fundir, hacer y deshacer andamios	1.00	Global	Q 30,611.75	Q 30,611.75
3.3.2	PRESTACIONES	1.00	Global	Q 19,897.64	Q 19,897.64
				Suman	Q 50,509.39
	TOTAL				Q 164,112.59
	COSTO UNITARIO	77.40	ml	Q 2,120.32	
4	POSTES, PASAMANOS, ACERA Y MORDIENTE DE SUPERESTRUCTURA				
4.1	MATERIALES				
4.1.1	Cemento portland gris UGC	170	Sacos	Q 43.00	Q 7,310.00
4.1.2	Arena de río	20	m³	Q 140.00	Q 2,800.00
4.1.3	Piedrín triturado de 1/2"	20	m³	Q 185.00	Q 3,700.00
4.1.4	Hierro No. 5, corrugado grado 40 de 20' original	50	Varillas	Q 56.40	Q 2,820.00
4.1.5	Hierro No. 4, corrugado grado 40 de 20' original	97	Varillas	Q 35.25	Q 3,419.25
4.1.6	Hierro No. 3, corrugado grado 40 de 20' original	82	Varillas	Q 20.14	Q 1,651.48
4.1.7	Alambre de amarre calibre 18	250	Libras	Q 3.50	Q 875.00
4.1.8	Tubo HG de 2"	30	Unidad	Q 140.00	Q 4,200.00
4.1.9	Adaptador macho HG de 2"	20	Unidad	Q 30.00	Q 600.00
4.1.10	Tubo PVC DE 3" para bajada de agua pluvial	3	Unidad	Q 40.00	Q 120.00
4.1.11	Tabla de pino colorado rustico de 1" x 12"x 10'	600	pt	Q 4.50	Q 2,700.00
4.1.12	Párales de pino colorado rústicos de 3" x 4" x 9'	200	pt	Q 4.50	Q 900.00
4.1.13	Clavo con cabeza de 3"	30	Libras	Q 3.00	Q 90.00
4.1.14	Clavo con cabeza de 4"	20	Libras	Q 3.00	Q 60.00
4.1.15	Clavo con cabeza de 5"	20	Libras	Q 3.00	Q 60.00
4.2	FLETE DE MATERIALES	1	Global	Q 3,814.85	Q 3,814.85
				Suman	Q 35,120.58

Continuación tabla XXXV.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P/U	TOTAL
4.3	MANO DE OBRA				
4.3.1	Incluye: Armadura, poner y quitar formaleta, preparar concreto y fundir, hacer y deshacer andamios	1.00	Global	Q 16,707.10	Q 16,707.10
4.3.2	PRESTACIONES	1.00	Global	Q 10,859.62	Q 10,859.62
	TOTAL			Suman	Q 27,566.72
	COSTO UNITARIO	77.40	ml	Q 809.91	Q 62,687.30
5	DIÁFRAGMAS INTERIORES Y EXTERIORES DE LA SUPERESTRUCTURA				
5.1	MATERIALES				
5.1.1	Cemento portland gris UGC	80	Sacos	Q 43.00	Q 3,440.00
5.1.2	Arena de río	8	m³	Q 140.00	Q 1,120.00
5.1.3	Piedrin triturado de 1/2"	8	m³	Q 185.00	Q 1,480.00
5.1.4	Hierro No. 8, corrugado grado 40 de 20' original	15	Varillas	Q 150.59	Q 2,258.85
5.1.5	Hierro No. 7, corrugado grado 40 de 20' original	20	Varillas	Q 115.28	Q 2,305.60
5.1.6	Hierro No. 5, corrugado grado 40 de 20' original	70	Varillas	Q 56.40	Q 3,948.00
5.1.7	Hierro No. 4, corrugado grado 40 de 20' original	15	Varillas	Q 35.25	Q 528.75
5.1.8	Hierro No. 3, corrugado grado 40 de 20' original	8	Varillas	Q 20.14	Q 161.12
5.1.9	Alambre de amarre calibre 18	300	Libras	Q 3.50	Q 1,050.00
5.1.10	Tabla de pino colorado rustico de 1" x 12"x 10'	1800	pt	Q 4.50	Q 8,100.00
5.1.11	Párales de pino colorado rústicos de 6" x 4" x 9'	950	pt	Q 4.50	Q 4,275.00
5.1.12	Clavo con cabeza de 3"	45	Libras	Q 3.00	Q 135.00
5.1.13	Clavo con cabeza de 4"	35	Libras	Q 3.00	Q 105.00
5.1.14	Clavo con cabeza de 5"	35	Libras	Q 3.00	Q 105.00
5.2	FLETE DE MATERIALES	1	Global	Q 2,932.96	Q 2,932.96
	TOTAL			Suman	Q 31,945.28
5.3	MANO DE OBRA				
5.3.1	Incluye: Armadura, poner y quitar formaleta, preparar concreto y fundir, hacer y deshacer andamios	1.00	Global	Q 12,416.89	Q 12,416.89
5.3.2	PRESTACIONES	1.00	Global	Q 8,070.98	Q 8,070.98
	TOTAL			Suman	Q 20,487.87
	COSTO UNITARIO	34.20	ml	Q 1,533.13	Q 52,433.15
6	ALEROS DE ENTRADA Y SALIDA DE LOS MUROS DE CONTENCIÓN (4 UNIDADES)				
6.1	MATERIALES				
6.1.1	Cemento portland gris UGC	100.00	Sacos	Q 43.00	Q 4,300.00
6.1.2	Arena de río	10.00	m³	Q 140.00	Q 1,400.00
6.1.3	Piedrin triturado de 1/2"	10.00	m³	Q 185.00	Q 1,850.00
6.1.4	Hierro No. 5, corrugado grado 40 de 20' original	40.00	Varillas	Q 56.40	Q 2,256.00
6.1.5	Hierro No.4, corrugado grado 40 de 20' original	40.00	Varillas	Q 35.25	Q 1,410.00
6.1.6	Alambre de amarre calibre 18	130.00	Libras	Q 3.50	Q 455.00
6.1.7	Tabla de pino colorado rustico de 1" x 12"x 10'	240.00	pt	Q 4.50	Q 1,080.00
6.1.8	Párales de pino colorado de 3" x 4" x 10' rústicos	320.00	pt	Q 4.50	Q 1,440.00
6.1.9	Clavo con cabeza de 3"	25.00	Libras	Q 3.00	Q 75.00
6.2	FLETE DE MATERIALES	1.00	Global	Q 1,312.64	Q 1,312.64
	TOTAL			Suman	Q 15,578.64
6.3	MANO DE OBRA				
6.3.1	Incluye: Armadura, poner y quitar formaleta, preparar concreto y fundir, hacer y deshacer andamios	1.00	Global	Q 6,955.34	Q 6,955.34
6.3.2	PRESTACIONES	1.00	Global	Q 4,520.97	Q 4,520.97
	TOTAL			Suman	Q 11,476.31
	COSTO UNITARIO	7.00	ml	Q 3,864.99	Q 27,054.95
7	CORTINAS DE LOS MUROS DE CONTENCIÓN				
7.1	MATERIALES				
7.1.1	Cemento portland gris UGC	75	Sacos	Q 43.00	Q 3,225.00
7.1.2	Arena de río	5	m³	Q 140.00	Q 700.00
7.1.3	Piedrin triturado de 1/2"	5	m³	Q 185.00	Q 925.00
7.1.4	Hierro No. 5, corrugado grado 40 de 20' original	45	Varillas	Q 56.40	Q 2,538.00
7.1.5	Hierro 1/2" , corrugado grado 40 de 20' original	35	Varillas	Q 35.25	Q 1,233.75
7.1.6	Alambre de amarre calibre 18	130	Libras	Q 3.50	Q 455.00
7.1.7	Tabla de pino colorado rustico de 1" x 12"x 10'	360	pt	Q 4.50	Q 1,620.00
7.1.8	Párales de pino colorado de 3" x 4" x 10' rústicos	240	pt	Q 4.50	Q 1,080.00
7.1.9	Clavo con cabeza de 3"	35	Libras	Q 3.00	Q 105.00
7.2	FLETE DE MATERIALES	1	Global	Q 1,085.69	Q 1,085.69
	TOTAL			Suman	Q 12,967.44

Continuación tabla XXXV.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P/U	TOTAL
7.3	MANO DE OBRA				
7.3.1	Incluye: Armadura, poner y quitar formaleta, preparar concreto y fundir, hacer y deshacer andamios	1.00	Global	Q 4,511.00	Q 4,511.00
7.3.2	PRESTACIONES	1.00	Global	Q 2,932.15	Q 2,932.15
	TOTAL			Suman	Q 7,443.15
	COSTO UNITARIO	2.90	ml	Q 7,038.13	Q 20,410.59
8	VIGAS DE APOYO EN EXTREMOS DE LOS MUROS DE CONTENCIÓN				
8.1	MATERIALES				
8.1.1	Cemento portland gris UGC	40	Sacos	Q 43.00	Q 1,720.00
8.1.2	Arena de río	4	m³	Q 140.00	Q 560.00
8.1.3	Piedrín triturado de 1/2"	4	m³	Q 185.00	Q 740.00
8.1.4	Hierro No. 5, corrugado grado 40 de 20' original	45	Varillas	Q 56.40	Q 2,538.00
8.1.5	Alambre de amarre calibre 18	65	Libras	Q 3.50	Q 227.50
8.1.6	Tabla de pino colorado rustico de 1" x 12" x 10'	240	pt	Q 4.50	Q 1,080.00
8.1.7	Párales de pino colorado de 3" x 4" x 10' rústicos	120	pt	Q 250.00	Q 30,000.00
8.1.8	Clavo con cabeza de 3"	15	Libras	Q 3.00	Q 45.00
8.2	FLETE DE MATERIALES	1	Global	Q 651.44	Q 651.44
	Suman				Q 37,561.94
8.3	MANO DE OBRA				
8.3.1	Incluye: Armadura, poner y quitar formaleta, preparar concreto y fundir, hacer y deshacer andamios	1.00	Global	Q 2,850.65	Q 2,850.65
8.3.2	PRESTACIONES	1.0	Global	Q 1,852.92	Q 1,852.92
	TOTA			Suman	Q 4,703.57
	COSTO UNITARIO	10.80	ml	Q 3,913.47	Q 42,265.51
9	PANTALLAS DE LOS MUROS DE CONTENCIÓN				
9.1	MATERIALES				
9.1.1	Cemento portland gris UGC	320	Sacos	Q 43.00	Q 13,760.00
9.1.2	Arena de río	30	m³	Q 140.00	Q 4,200.00
9.1.3	Piedrín triturado de 1/2"	30	m³	Q 185.00	Q 5,550.00
9.1.4	Hierro No.8, corrugado grado 40 de 20' original	190	Varillas	Q 150.59	Q 28,612.10
9.1.5	Hierro No. 6, corrugado grado 40 de 20' original	110	Varillas	Q 98.67	Q 10,853.70
9.1.6	Alambre de amarre calibre 18	1185	Libras	Q 3.50	Q 4,147.50
9.1.7	Tabla de pino Colorado rustico de 1" x 12" x 10'	1200	pt	Q 4.50	Q 5,400.00
9.1.8	Párales de pino colorado rústicos de 3" x 4" x 10'	900	pt	Q 4.50	Q 4,050.00
9.1.9	Clavo con cabeza de 3"	60	Libras	Q 3.00	Q 180.00
9.2	FLETE DE MATERIALES	1	Global	Q 7,045.91	Q 7,045.91
	Suman				Q 83,799.21
9.3	MANO DE OBRA				
9.3.1	Incluye: Armadura, poner y quitar formaleta, preparar concreto y fundir, hacer y deshacer andamios	1	Global	Q 16,972.18	Q 16,972.18
9.3.2	PRESTACIONES	1	Global	Q 11,031.92	Q 11,031.92
	TOTAL			Suman	Q 28,004.10
	COSTO UNITARIO	4.20	ml	Q 26,619.84	Q 111,803.31
10	ZAPATAS DE LOS MUROS DE CONTENCIÓN				
10.1	MATERIALES				
10.1.1	Cemento portland gris UGC	215	Sacos	Q 43.00	Q 9,245.00
10.1.2	Arena de río	25	m³	Q 140.00	Q 3,500.00
10.1.3	Piedrín triturado de 1/2"	25	m³	Q 185.00	Q 4,625.00
10.1.4	Hierro No.8, corrugado grado 40 de 20' original	75	Varillas	Q 150.59	Q 11,294.25
10.1.5	Hierro No. 6, corrugado grado 40 de 20' original	65	Varillas	Q 98.67	Q 6,413.55
10.1.6	Alambre de amarre calibre 18	748	Libras	Q 3.50	Q 2,618.00
10.2	FLETE DE MATERIALES	1	Global	Q 3,698.15	Q 3,698.15
	Suman				Q 41,393.95
10.3	MANO DE OBRA				
10.3.1	Incluye: Armadura, poner y quitar formaleta, preparar concreto y fundir, hacer y deshacer andamios	1.00	Global	Q 10,674.95	Q 10,674.95
10.3.2	PRESTACIONES	1	Global	Q 6,938.72	Q 6,938.72
	TOTAL			Suman	Q 17,613.67
	COSTO UNITARIO	32.40	m²	Q 1,821.22	Q 59,007.62

Continuación tabla XXXV.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P/U	TOTAL
11	ZAPATA DE LA PILA CENTRAL				
11.1	MATERIALES				
11.1.1	Cemento portland gris UGC	650	Sacos	Q 43.00	Q 27,950.00
11.1.2	Arena de río	55	m³	Q 140.00	Q 7,700.00
11.1.3	Piedrin triturado de 3/4"	55	m³	Q 185.00	Q 10,175.00
11.1.4	Hierro No.11 corrugado grado 40 de 20original	65	Varillas	Q 449.54	Q 29,220.10
11.1.5	Hierro No.10 corrugado grado 40 de 20original	50	Varillas	Q 242.70	Q 12,135.00
11.1.6	Alambre de amarre calibre 18	600	Libras	Q 3.50	Q 2,100.00
11.1.7	Tabla de pino colorado rustica de 12" x 1" x 10'	360	pt	Q 4.50	Q 1,620.00
11.1.8	Párales de pino colorado rústicos de 3" x 4" x 10'	120	pt	Q 4.50	Q 540.00
11.1.9	Clavo con cabeza de 2"	12	Libras	Q 3.00	Q 36.00
11.2	FLETE DE MATERIALES	1	Global	Q 7,191.52	Q 7,191.52
				Suman	Q 98,667.62
11.3	MANO DE OBRA				
11.3.1	Incluye: centrado de columnas, armadura, fundición Y formaleta	1.00	Global	Q 13,765.60	Q 13,765.60
11.3.2	PRESTACIONES	1.00	Global	Q 9,635.92	Q 9,635.92
				Suman	Q 23,401.52
11.4	EXCAVACIÓN				
11.4.1	Excavación de toda la estructura	11.00	m³	Q 70.00	Q 770.00
11.4.2	Relleno de toda la estructura	18.00	m³	Q 56.00	Q 1,008.00
11.4.3	Traslado de material sobrante	10.00	m³	Q 50.00	Q 500.00
				Suman	Q 2,278.00
	TOTAL				Q 124,347.14
	COSTO UNITARIO	72	m²	Q 1,727.04	
12	COLUMNA DE LA PILA CENTRAL				
12.1	MATERIALES				
12.1.1	Cemento portland gris UGC	335	Sacos	Q 43.00	Q 14,405.00
12.1.2	Arena de río	30	m³	Q 140.00	Q 4,200.00
12.1.3	Piedrin triturado de 1/2"	30	m³	Q 185.00	Q 5,550.00
12.1.4	Hierro No.11, corrugado grado 40 de 20' original	65	Varillas	Q 449.54	Q 29,220.10
12.1.5	Hierro 1/2" , corrugado grado 40 de 20' original	370	Varillas	Q 35.25	Q 13,042.50
12.1.6	Alambre de amarre calibre 18	750	Libras	Q 3.50	Q 2,625.00
12.1.7	Tabla de pino colorado rustico de 1" x 12"x 10'	1200	pt	Q 4.50	Q 5,400.00
12.1.8	Párales de pino colorado de 3" x 4" x 10' rústicos	720	pt	Q 4.50	Q 3,240.00
12.1.9	Clavo con cabeza de 2 1/2"	10	Libras	Q 3.00	Q 30.00
12.1.10	Clavo con cabeza de 4 "	75	Libras	Q 3.00	Q 225.00
12.2	FLETE DE MATERIALES	1	Global	Q 5,921.47	Q 5,921.47
				Suman	Q 83,859.07
12.3	MANO DE OBRA				
12.3.1	Incluye: Armadura, poner y quitar formaleta, preparar mezcla y fundir, hacer y deshacer andamio	1	Global	Q 18,579.65	Q 18,579.65
12.3.2	PRESTACIONES	1	Global	Q 12,076.77	Q 12,076.77
				Suman	Q 30,656.42
	TOTAL				Q 114,515.49
	COSTO UNITARIO	15.80	ml	Q 7,247.82	
13	VIGA DE APOYO DE LA PILA CENTRAL				
13.1	MATERIALES				
13.1.1	Cemento portland gris UGC	45	Sacos	Q 43.00	Q 1,935.00
13.1.2	Arena de río	6	m³	Q 140.00	Q 840.00
13.1.3	Piedrin triturado de 1/2"	6	m³	Q 185.00	Q 1,110.00
13.1.4	Hierro No. 10, corrugado grado 40 de 20' original	12	Varillas	Q 242.70	Q 2,912.40
13.1.5	Hierro 1/2" , corrugado grado 40 de 20' original	17	Varillas	Q 35.25	Q 599.25
13.1.6	Alambre de amarre calibre 18	90	Libras	Q 3.50	Q 315.00
13.2	FLETE DE MATERIALES	1	Global	Q 717.87	Q 717.87
				Suman	Q 8,429.52
13.3	MANO DE OBRA				
13.3.1	Incluye: Armadura, poner y quitar formaleta, preparar concreto y fundir, hacer y deshacer andamios	1.00	Global	Q 5,440.55	Q 5,440.55
13.3.2	PRESTACIONES	1	Global	3,536.36	Q 3,536.36
				Suman	Q 8,976.91
	TOTAL				Q 17,406.43
	COSTO UNITARIO	4.80	ml	Q 3,626.34	

Continuación tabla XXXV.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P/U	TOTAL
14	APOYOS DE NEOPRENO PARA SUPERESTRUCTURA				
14.1	MATERIAL				
14.1.1	Almohadillas elastométricas de Neopreno SHORE dureza 60 de 13 mm + placas de acero de 2mm y 3mm entre almohadillas. Platinas de acero de 6" x 8 1/2" x 1/2" x 0.30 mt. Roldanas de acero de 4" x 6" x 1/2" + tuerca de acero. 2 pernos de acero de 12 x 15". Pegamento especial para sellar uniones	12	Por Apoyo	Q 2,500.00	Q 30,000.00
				Suman	Q 30,000.00
14.2	MANO DE OBRA	12	Apoyo	Q 250.00	Q 3,000.00
	Incluye: Colocación de almohadillas, colocación de placas de acero, colocación de platinas, roldanas y tuercas, colocación de pernos y sellado con pegamento especial			Suman	Q 3,000.00
	TOTAL				Q 33,000.00
	COSTO UNITARIO	12	Apoyo	Q 2,750.00	
15	PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA ENTRADA Y SALIDA DEL PUENTE + CARPETA DE RODADURA SOBRE PUENTE				
15.1	CARPETA DE RODADURA ASFÁLTICA sobre puente con un espesor mínimo de 5 cms, colocada, compactada y acabada según normas AASHTO Y libro azul de la D.G.C.	0.04	Kilómetro	Q 700,000.00	Q 28,000.00
15.2	CONCRETO ASFÁLTICO de entrada y salida incluye: Subrasante, rasante, subbase, base, imprimación, base negra y carpeta de rodadura. Tratamiento, colocación, compactación, traslado de materiales y acabados según normas AASHTO Y Libro Azul de la D.G.C.	0.065	Kilómetro	Q 1,400,000.00	Q 91,000.00
	TOTAL				Q 119,000.00
	COSTO UNITARIO	40	ml	Q 2,975.00	
16	SEÑALAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL DE LA OBRA				
16.1	VERTICAL				
16.1.1	Rótulos de Alto en entrada y salida	2	Unidad	Q 875.00	Q 1,750.00
16.1.2	Rótulos de velocidad máxima	2	Unidad	Q 875.00	Q 1,750.00
16.1.3	Rotulo de Identificación de la obra	1	Unidad	Q 1,500.00	Q 1,500.00
16.1.4	Rótulos peatonales	2	Unidad	Q 750.00	Q 1,500.00
				Suman	Q 6,500.00
	HORIZONTAL				
16.2	16.2.1 Pintura para trafico color amarillo	70	Galón	Q 350.00	Q 24,500.00
				Suman	Q 24,500.00
	TOTAL				Q 31,000.00
	COSTO UNITARIO	40	ml	Q 775.00	
17	REMATES EN EXTREMOS DE PUENTE				
17.1	MATERIAL				
17.1.1	Cemento portland gris UGC	20	Sacos	Q 43.00	Q 860.00
17.1.2	Arena de río	1	M3	Q 140.00	Q 140.00
17.1.3	Piedrín triturado de 1/2"	1	M3	Q 185.00	Q 185.00
17.1.5	Hierro No. 4, corrugado grado 40 de 20' original	20	Varillas	Q 35.25	Q 705.00
17.1.7	Alambre de amarre calibre 18	30	Libras	Q 3.50	Q 105.00
17.2	FLETE DE MATERIALES	1	Global	Q 207.57	Q 207.57
				Suman	Q 2,202.57
17.3	MANO DE OBRA				
17.3.1	Incluye: Armadura, poner y quitar formaleta, preparar concreto y fundir, hacer y deshacer andamios	1	Global	Q 1,860.25	Q 1,860.25
17.3.2	PRESTACIONES	1	Global	Q 1,209.16	Q 1,209.16
				Suman	Q 3,069.41
	TOTAL				Q 5,271.98
	COSTO UNITARIO	4.20	ml	Q 1,255.23	

3.5.7. Cronograma de trabajo físico-financiero del proyecto

Tabla XXXVI. Cronograma de trabajo físico-financiero del proyecto

DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR DE 38.80 m ALDEA PIEDRA GRANDE
MUNICIPALIDAD DE SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, S.M.

CRONOGRAMA DE TRABAJO FÍSICO-FINANCIERO

Código	Descripción	Sub-Total	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4
1.0	Trabajos preliminares de obra	Q 120,037.40	Q 120,037.40			
2.0	Zapata de la pila central	Q 124,347.14	Q 62,173.57	Q 62,173.57		
3.0	Columna central de la pila	Q 114,515.49		Q 57,257.75	Q 57,257.75	
4.0	Viga de apoyo de la pila central	Q 17,406.43				Q 8,703.21
5.0	Aleros de los muros de contención	Q 27,054.95				Q 13,527.48
6.0	Cortinas de los muros de contención	Q 20,410.59				Q 10,205.30
7.0	Vigas de apoyo para muros de contención	Q 42,265.51				Q 21,132.76
8.0	Pantallas de los muros de contención	Q 111,803.31				Q 55,901.65
9.0	Zapatillas de los muros de contención	Q 59,007.62			Q 19,669.21	Q 39,338.41
10.0	Vigas principales de superestructura	Q 164,112.59				
11.0	Diafragmas interiores y exteriores	Q 52,433.15				
12.0	Losa de concreto armado	Q 147,057.35				
13.0	Postes, pasamanos y acera	Q 62,687.30				
14.0	Apoyos de Neopreno para superestructura	Q 33,000.00				
15.0	Asfalto para entrada y salida (incluye carpeta de rodadura sobre el puente)	Q 119,000.00				
16.0	Señalamiento horizontal y vertical de la obra	Q 31,000.00				
17.0	Remates en extremos de puentes	Q 5,271.98				
18.0	Utilidad	Q 180,988.37	Q 22,623.55	Q 22,623.55	Q 22,623.55	Q 22,623.55
19.0	Gastos imprevistos	Q 60,329.46	Q 7,541.18	Q 7,541.18	Q 7,541.18	Q 7,541.18
TOTAL		Q 1,492,728.63	Q 212,375.70	Q 149,596.05	Q 107,091.68	Q 178,973.53
TOTAL ACUMULADO			Q 212,375.70	Q 361,971.74	Q 469,063.42	Q 648,036.96
PORCENTUAL ACUMULADO			14.23%	24.25%	31.42%	43.41%

Continuación tabla XXXVI

DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR DE 38.80 m ALDEA PIEDRA GRANDE
MUNICIPALIDAD DE SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, S.M.

CRONOGRAMA DE TRABAJO FÍSICO-FINANCIERO

Código	Descripción	Sub-Total	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8
1.0	Trabajos preliminares de obra	Q 120,037.40				
2.0	Zapata de la pila central	Q 124,347.14				
3.0	Columna central de la pila	Q 114,515.49				
4.0	Viga de apoyo de la pila central	Q 17,406.43	Q 8,703.21			
5.0	Aleros de los muros de contención	Q 27,054.95	Q 13,527.48			
6.0	Cortinas de los muros de contención	Q 20,410.59	Q 10,205.30			
7.0	Vigas de apoyo para muros de contención	Q 42,265.51	Q 21,132.76			
8.0	Pantallas de los muros de contención	Q 111,803.31	Q 55,901.65			
9.0	Zapatillas de los muros de contención	Q 59,007.62				
10.0	Vigas principales de superestructura	Q 164,112.59		Q 82,056.29	Q 82,056.29	
11.0	Diafragmas interiores y exteriores	Q 52,433.15		Q 26,216.57	Q 26,216.57	
12.0	Losa de concreto armado	Q 147,057.35			Q 98,038.23	Q 49,019.12
13.0	Postes, pasamanos y acera	Q 62,687.30				Q 62,687.30
14.0	Apoyos de Neopreno para superestructura	Q 33,000.00	Q 33,000.00			
15.0	Asfalto para entrada y salida (incluye carpeta de rodadura sobre el puente)	Q 119,000.00				Q 119,000.00
16.0	Señalamiento horizontal y vertical de la obra	Q 31,000.00				Q 31,000.00
17.0	Remates en extremos de puentes	Q 5,271.98				Q 5,271.98
18.0	Utilidad	Q 180,988.37	Q 22,623.55	Q 22,623.55	Q 22,623.55	Q 22,623.55
19.0	Gastos imprevistos	Q 60,329.46	Q 7,541.18	Q 7,541.18	Q 7,541.18	Q 7,541.18
TOTAL		Q 1,492,728.63	Q 172,635.12	Q 138,437.60	Q 236,475.83	Q 351,178.31
TOTAL ACUMULADO		Q 648,036.96	Q 820,672.08	Q 959,109.68	Q 1,141,550.32	Q 1,492,728.63
PORCENTUAL ACUMULADO			54.98%	64.25%	76.47%	100.00%

CONCLUSIONES

1. Con la ejecución del proyecto de alcantarillado sanitario en los caseríos Ojo de Agua, San Pedrito y Esquipulas de la aldea San Andrés Chápil, del municipio de San Pedro Sacatepéquez, departamento de San Marcos se brindará una solución técnica a los pobladores de la zona de influencia, que actualmente atraviesan problemas de saneamiento derivados de la orientación de sus aguas servidas, provocando con ello daños ambientales representados por la contaminación. Evitando de esta manera enfermedades de origen hídrico, se eliminarán los focos de contaminación, los malos olores producidos por las aguas negras que corren a flor de tierra y sobretodo se mejorará el ornato de las comunidades.
2. Dependiendo del buen mantenimiento y del uso correcto del sistema de alcantarillado sanitario, este prestará un servicio eficiente durante 30 años a partir de su construcción, contribuyendo con ello, a mejorar el nivel de vida de los habitantes.
3. Al diseñar el puente vehicular de 38.80 m de la aldea Piedra Grande del municipio de San Pedro Sacatepéquez, departamento de San Marcos se puede asegurar que su diseño cumple con los requisitos de cálculo exigidos. Además, con su construcción se beneficiarán las comunidades, al mejorar sus actividades laborales, educativas como la seguridad de los peatones al utilizar las banquetas y sobretodo como un medio de comunicación con otras comunidades aledañas.

RECOMENDACIONES

1. En la fase de ejecución de los proyectos, la municipalidad de San Pedro Sacatepéquez S.M. conjuntamente con el Consejo de Desarrollo, deben tener una supervisión constante y adecuada, para garantizar que los proyectos se ejecuten con base en los planos y las especificaciones técnicas descritas por el diseñador, para lograr la funcionalidad adecuada y eficaz durante toda la vida útil de éstos.
2. El comité Pro-Mejoramiento, con colaboración de la municipalidad, deben concienciar a los vecinos para evitar que conecten las aguas pluviales al sistema de aguas negras, para que éste funcione adecuadamente.
3. Indudablemente, para evitar la contaminación del medio ambiente se debe dar un tratamiento adecuado a las aguas residuales, antes de ser descargadas en los cuerpos receptores.
4. En la construcción del puente vehicular de la aldea Piedra Grande, debe exigirse a la empresa a cargo, cumpla con todas las normas y especificaciones técnicas propuestas que se indicadas en los planos.
5. Respetar los puntos de cimentación escogidos para la subestructura del puente, los cuales fueron seleccionados durante la elaboración del estudio de suelos, dado que este sustituirá un relleno existente en el lugar para no incurrir en el error de cimentar bajo un lecho de relleno.

BIBLIOGRAFÍA

1. Contreras Linares, Juan Carlo Roberto. Diseño de alcantarillado sanitario en los caseríos, la Comunidad y Labor Vieja, municipio de San Raymundo, departamento de Guatemala. Trabajo de graduación de Ingeniería Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Octubre de 2005.
2. Diagnostico territorial, municipio de San Pedro Sacatepéquez, departamento de San Marcos del 2004.
3. Guzmán Escobar, Ernesto Salvador. Diseño de puentes. Tesis Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1997 100 pp.
4. Hibbeler, Russell Charles. Analisis estructural. México Prentic may 1997. 746 p.
5. Hernández Maldonado, Marco Antonio. Diseño de alcantarillado sanitario aldea la Lima y edificio escolar básico aldea el Carmen, municipio de Malacatán San Marcos. Trabajo de graduación de Ingeniería Civil, Universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería. Octubre 2005.
6. Moreno Pacheco, Milton Negli. Diseño de ampliación de puente vehicular de 32.000 m para aldea San José Chiquilajá sector 1 y propuesta de paso a desnivel de doble bóveda, ,4ta. Calle y Av. Las Ameritas Zona 1, Quetzaltenango. Trabajo de graduación de Ingeniería civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. Mayo 2005.
7. Nij Reyes, César Alfredo. Diseño de alcantarillado para las colonias El Shoropín y La Colina de la ciudad de Chiquimula. Trabajo de graduación de ingeniería Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, Noviembre 2002.
8. Trujillo Orozco, José Eusebio. Diseño de puentes de concreto. Segunda edición. Ediciones UIS. Universidad industrial de Santander Bucaramanga, Colombia, 1993.

ANEXO 1

Cálculo hidráulico del drenaje sanitario de la aldea San Andrés Chápil.

Figura 25. Cálculo hidráulico ramales 1,2,3,4,5 y 6

De	A	COTAS		D.H. (m)	Pen. S (%)	No. De Casas		Población		Caudal de diseño				D (plg)	S Tub. (%)	Relaciones Hidraulicas Actuales			Relaciones Hidraulicas Futuras			Vel.		Cotas Invert		H de pozo		Volumen Exc. (m³)		
		Inicio	Final			Loc.	Acum.	Act.	Fut.	Act.	Fut.	Act.	Fut.			Act.	Fut.	Act.	Fut.	Act.	Fut.	Act.	Fut.	Act.	Fut.	Act.	Fut.		Act.	Fut.
		1002.67	1000.00			65.93	4.04	8	8	48	84	0.18	0.31			4.32	4.26	0.77	1.33	6	3.15	0.02098	0.40116	0.1000	0.03625	0.47301	0.13		0.81	0.95
1	2	1000.00	998.57	13.75	10.37	0	8	48	84	0.18	0.31	4.32	4.26	0.77	1.33	6	3.15	0.02098	0.40116	0.1000	0.03625	0.47301	0.13	0.81	0.95	998.50	998.07	1.50	1.30	12.51
2	3	998.57	991.76	37.60	18.12	4	12	72	127	0.27	0.47	4.28	4.21	1.14	1.99	6	18.00	0.01305	0.34801	0.099	0.02266	0.40873	0.103	1.67	1.96	997.27	990.50	1.30	2.50	46.44
3	3.1	991.76	988.45	11.55	28.68	0	12	72	127	0.27	0.47	4.28	4.21	1.14	1.99	6	18.00	0.01305	0.34801	0.099	0.02266	0.40873	0.103	1.67	1.96	989.26	987.18	2.50	2.50	18.77
3.1	3.2	988.45	982.83	19.26	29.17	0	12	72	127	0.27	0.47	4.28	4.21	1.14	1.99	6	18.75	0.01278	0.34522	0.099	0.02220	0.40622	0.102	1.69	1.99	985.95	982.34	2.50	1.26	23.54
3.2	3.3	982.83	978.99	22.62	16.97	2	14	84	148	0.31	0.55	4.26	4.19	1.33	2.30	6	14.25	0.01704	0.37519	0.090	0.02953	0.44288	0.117	1.60	1.89	981.57	978.35	1.26	1.30	18.83
3.3	3.4	978.99	977.93	17.74	5.99	1	15	90	158	0.33	0.59	4.26	4.18	1.42	2.45	6	6.00	0.02809	0.43812	0.115	0.04847	0.51467	0.149	1.22	1.43	977.69	976.63	1.30	1.33	15.16
3.4	3.5	977.93	975.12	17.98	15.62	1	16	96	169	0.36	0.63	4.25	4.17	1.51	2.62	6	4.4	0.03492	0.46619	0.127	0.06040	0.54983	0.166	1.11	1.31	976.60	975.81	1.33	1.37	15.78
3.5	3.6	975.12	973.58	13.29	11.60	0	16	96	169	0.36	0.63	4.25	4.17	1.51	2.62	6	11.60	0.02151	0.40369	0.101	0.03720	0.47527	0.131	1.56	1.83	973.76	972.21	1.37	1.40	11.96
3.6	3.7	973.58	968.17	30.59	17.70	3	19	114	201	0.42	0.75	4.23	4.15	1.79	3.09	6	10.77	0.02638	0.42848	0.111	0.04563	0.50612	0.145	1.59	1.88	972.18	966.75	1.40	1.44	28.23
3.7	4	968.17	965.35	26.21	10.74	3	22	132	232	0.49	0.86	4.21	4.12	2.06	3.55	6	10.75	0.03043	0.44761	0.119	0.05241	0.52729	0.155	1.66	1.96	967.45	963.91	1.44	1.48	24.87
4	4.1	965.35	964.08	13.72	9.27	0	22	132	232	0.49	0.86	4.21	4.12	2.06	3.55	6	9.30	0.03272	0.45697	0.123	0.05635	0.53968	0.161	1.58	1.86	963.88	962.60	1.48	2.00	15.52
4.1	5	964.08	958.40	29.11	19.51	2	24	144	253	0.53	0.94	4.20	4.11	2.24	3.86	6	17.00	0.02633	0.42848	0.111	0.04529	0.50396	0.144	2.00	2.35	962.08	956.88	2.00	1.55	33.59
5	6	958.40	945.08	74.48	17.88	7	31	186	327	0.69	1.21	4.16	4.06	2.87	4.93	6	17.00	0.03370	0.46159	0.125	0.05787	0.54376	0.163	2.15	2.54	956.85	944.19	1.55	1.59	76.06
6	7	945.08	940.33	55.92	8.49	6	37	222	390	0.82	1.45	4.13	4.03	3.40	5.83	6	8.50	0.05650	0.53968	0.161	0.09677	0.63336	0.21	1.78	2.09	943.49	938.73	1.59	2.00	65.32
7	7.1	940.33	931.86	40.20	21.08	3	40	240	422	0.89	1.57	4.12	4.01	3.67	6.28	6	18.00	0.04184	0.49308	0.139	0.07166	0.59395	0.181	2.37	2.85	938.33	931.10	2.00	1.67	47.95
7.1	8	931.86	929.86	10.87	18.40	0	40	240	422	0.89	1.57	4.12	4.01	3.67	6.28	6	17.00	0.04306	0.49745	0.141	0.07374	0.58324	0.183	2.32	2.72	930.19	928.34	1.67	1.70	11.90
8	9	929.86	925.68	19.41	21.54	1	41	246	433	0.91	1.61	4.11	4.01	3.75	6.43	6	17.00	0.04409	0.50180	0.143	0.07556	0.58706	0.185	2.34	2.74	928.16	924.86	1.70	1.73	21.63
9	10	925.68	921.36	18.76	23.06	1	42	252	443	0.93	1.64	4.11	4.00	3.84	6.58	6	18.00	0.04385	0.49963	0.142	0.07504	0.58706	0.185	2.40	2.82	923.95	920.57	1.73	1.77	21.34
10	11	921.36	917.47	19.00	20.45	1	43	258	454	0.96	1.68	4.11	4.00	3.93	6.73	6	18.00	0.04485	0.50396	0.144	0.07680	0.59086	0.187	2.42	2.84	919.59	916.17	1.77	1.80	22.04
11	12	917.47	914.49	25.52	11.68	2	45	270	475	1.00	1.76	4.10	3.99	4.10	7.02	6	11.70	0.05810	0.54376	0.163	0.09942	0.63664	0.212	2.11	2.47	915.67	912.68	1.80	1.84	30.18
12	13	914.49	914.91	14.65	-2.89	0	45	270	475	1.00	1.76	4.10	3.99	4.10	7.02	6	3.00	0.11474	0.66446	0.228	0.19633	0.77616	0.3	1.30	1.52	912.65	912.21	1.84	2.73	21.76
14	14	924.74	916.65	91.37	8.85	9	9	54	95	0.20	0.35	4.31	4.25	0.86	1.50	6	8.2	0.01459	0.35904	0.099	0.02532	0.42360	0.109	1.16	1.37	923.54	916.04	1.20	0.61	53.67
14.1	13	916.65	914.91	15.90	10.93	0	9	54	95	0.20	0.35	4.31	4.25	0.86	1.50	6	10.95	0.01263	0.34241	0.098	0.02191	0.40622	0.102	1.28	1.52	916.01	914.27	0.64	2.73	17.40
13	15	914.91	905.16	67.40	11.16	6	60	360	633	1.34	2.35	4.04	3.92	5.40	9.20	6	11.20	0.07813	0.59464	0.189	0.13316	0.69426	0.246	2.25	2.63	912.18	902.40	2.73	2.79	156.72
15	16	905.16	900.39	51.47	9.26	2	62	372	654	1.38	2.43	4.04	3.91	5.57	9.49	6	9.30	0.08845	0.61506	0.2	0.15067	0.71964	0.262	2.12	2.48	902.37	897.58	2.79	2.84	94.25
16	16.1	900.39	894.05	31.54	20.11	1	63	378	665	1.40	2.47	4.03	3.91	5.66	9.64	6	17.00	0.06643	0.56576	0.174	0.11320	0.66274	0.227	2.64	3.09	897.55	892.19	2.84	2.89	58.74
53	52	1009.09	1006.95	32.84	6.51	3	3	18	32	0.07	0.12	4.39	4.35	0.29	0.52	6	6.55	0.00554	0.26681	0.053	0.00977	0.31647	0.069	0.77	0.92	1007.89	1005.73	1.2	1.21	25.72
52	50	1006.95	1003.52	27.98	12.26	2	5	30	53	0.11	0.20	4.35	4.31	0.48	0.85	6	12.30	0.00669	0.28288	0.058	0.01170	0.33390	0.075	1.12	1.33	1005.70	1002.26	1.24	1.25	22.69
51	50	1011.46	1003.52	26.92	29.52	1	1	6	11	0.02	0.04	4.43	4.41	0.10	0.18	6	25.00	0.00096	0.15441	0.023	0.00174	0.18392	0.03	0.87	1.04	1009.46	1002.73	2.00	1.13	27.38
50	49	1003.52	999.79	25.19	14.78	1	7	42	74	0.16	0.27	4.33	4.28	0.67	1.17	6	7.06	0.01229	0.33958	0.097	0.02140	0.40369	0.101	1.02	1.21	1002.23	1000.46	1.28	1.32	5.10
49	48	999.79	998.67	28.49	3.25	3	10	60	106	0.22	0.39	4.30	4.24	0.96	1.67	6	3.25	0.02569	0.42604	0.11	0.04474	0.50396	0.144	0.87	1.03	998.47	997.55	1.32	1.32	24.44
48	47	998.67	994.15	45.93	10.28	4	14	84	148	0.31	0.55	4.26	4.19	1.33	2.30	6	9.97	0.02037	0.39606	0.098	0.03530	0.46847	0.128	1.42	1.68	997.52	992.94	1.35	1.24	38.66

Figura 25. Cálculo hidráulico ramales 6,7,8,9,10,11,12 y 13

De	A	COTAS		D.H. (m)	Pen.	No. De Casas		Población		Qmed (l/s)		F.H.		Caudal de diseño Sanitario (l/s)		D (plg)	S Tub. (%)	Relaciones Hidraulicas Actuales			Relaciones Hidraulicas Futuras			Vel.		Cotas Invert		H de pozo		Volumen Exc. (m³)
		Inicio	Final			Loc.	Acum.	Act.	Fut.	Act.	Fut.	Act.	Fut.	Act.	Fut.			q/Q	v/V	d/D	q/Q	v/V	d/D	Act.	Fut.	Inicio	Final	Inicial	Final	
		994.15	991.86			20.84	10.98	2	16	96	169	0.36	0.63	4.25	4.17			1.51	2.62	6	11.00	0.02209	0.40622	0.102	0.03820	0.47977	0.133	1.53	1.80	
46	45	991.86	989.13	23.78	11.46	2	18	108	190	0.40	0.70	4.23	4.16	1.70	2.93	6	11.50	0.02422	0.41668	0.107	0.04183	0.49308	0.139	1.61	1.89	990.59	987.85	1.27	1.31	19.95
45	44	989.13	985.30	47.56	8.06	6	24	144	253	0.53	0.94	4.20	4.11	2.24	3.86	6	8.10	0.03814	0.47977	0.133	0.06561	0.56379	0.173	1.55	1.82	987.82	983.97	1.31	1.36	41.29
44	42	985.30	984.88	24.16	1.74	1	25	150	264	0.56	0.98	4.19	4.10	2.33	4.02	6	1.75	0.08536	0.60955	0.197	0.14703	0.71506	0.259	0.91	1.07	983.94	983.52	1.36	1.39	21.61
43	42	1000.97	984.88	62.08	25.92	3	3	18	32	0.07	0.12	4.39	4.35	0.29	0.52	6	24.00	0.00289	0.21845	0.039	0.00510	0.26022	0.051	1.21	1.44	998.47	983.57	2.50	1.39	78.48
42	41	984.88	982.71	9.37	23.16	0	28	168	295	0.62	1.09	4.17	4.08	2.60	4.47	6	18.00	0.02969	0.44525	0.118	0.05098	0.52311	0.153	2.14	2.51	983.49	981.80	1.39	1.43	8.60
41	40	982.71	974.17	43.86	19.48	3	31	186	327	0.69	1.21	4.16	4.06	2.87	4.93	6	18.00	0.03275	0.45928	0.124	0.05624	0.53763	0.16	2.21	2.58	981.28	973.39	1.43	1.47	41.31
40	39	974.17	973.44	23.88	3.03	1	32	192	338	0.71	1.25	4.15	4.06	2.96	5.09	6	3.05	0.08204	0.60214	0.193	0.14100	0.70547	0.253	1.19	1.40	972.70	971.97	1.47	1.50	23.05
39	38	973.44	966.14	52.57	13.89	5	37	222	390	0.82	1.45	4.13	4.03	3.40	5.83	6	13.90	0.04419	0.50180	0.143	0.07567	0.58897	0.186	2.12	2.49	971.94	964.63	1.50	1.54	51.99
38	37	966.14	964.27	26.93	6.96	2	39	234	412	0.87	1.53	4.12	4.02	3.58	6.14	6	7.00	0.06549	0.56379	0.173	0.11233	0.66101	0.226	1.69	1.98	964.60	962.72	1.54	1.58	27.29
37	36	964.27	956.98	36.00	20.26	2	41	246	433	0.91	1.61	4.11	4.01	3.75	6.43	6	18.00	0.04285	0.49745	0.141	0.07343	0.58324	0.183	2.39	2.80	962.69	956.21	1.58	1.63	37.56
36	34	956.98	955.59	26.97	5.13	2	43	258	454	0.96	1.68	4.11	4.00	3.93	6.73	6	5.15	0.08384	0.60586	0.195	0.14358	0.71026	0.256	1.56	1.83	955.35	953.96	1.63	1.66	28.80
35	34	957.09	955.59	51.98	2.87	5	5	30	53	0.11	0.20	4.35	4.31	0.48	0.85	6	3.00	0.01355	0.35079	0.101	0.02369	0.41621	0.112	0.69	0.82	955.89	954.33	1.20	1.66	48.32
34	33	955.59	941.77	87.97	15.72	0	48	288	507	1.07	1.88	4.09	3.97	4.37	7.47	6	15.75	0.05326	0.52937	0.156	0.09113	0.62055	0.203	2.38	2.49	953.93	940.08	1.66	1.72	96.69
33	32	941.77	924.35	96.57	18.04	0	48	288	507	1.07	1.88	4.09	3.97	4.37	7.47	6	18.05	0.04975	0.51890	0.151	0.08512	0.60955	0.197	2.50	2.93	940.05	922.62	1.72	1.76	109.17
32	31	924.35	916.93	57.02	13.01	0	48	288	507	1.07	1.88	4.09	3.97	4.37	7.47	6	13.05	0.05851	0.54579	0.164	0.10011	0.63842	0.213	2.23	2.61	922.59	915.14	1.76	1.82	66.38
31	30	916.93	908.93	52.49	15.24	0	48	288	507	1.07	1.88	4.09	3.97	4.37	7.47	6	15.25	0.05413	0.53352	0.158	0.09261	0.62421	0.205	2.36	2.76	915.11	907.11	1.82	1.85	62.56
30	29	908.93	903.95	49.58	10.05	0	48	288	507	1.07	1.88	4.09	3.97	4.37	7.47	6	10.05	0.06668	0.56576	0.174	0.11408	0.66446	0.228	2.03	2.39	907.08	902.10	1.85	1.88	60.09
29	28	903.95	899.19	43.57	10.91	0	48	288	507	1.07	1.88	4.09	3.97	4.37	7.47	6	10.95	0.06388	0.55983	0.171	0.10929	0.65583	0.223	2.10	2.46	902.07	897.30	1.88	1.93	53.95
28	16.1	899.19	894.05	61.67	8.34	0	48	288	507	1.07	1.88	4.09	3.97	4.37	7.47	6	8.35	0.07315	0.58324	0.183	0.12515	0.68121	0.238	1.91	2.23	897.27	892.12	1.93	2.89	96.56
16.1	16.2	894.05	889.85	26.45	15.88	2	113	678	1193	2.52	4.43	3.90	3.75	9.82	16.59	6	15.90	0.11919	0.67280	0.233	0.20149	0.78176	0.304	3.04	3.53	891.16	886.96	2.89	2.92	49.94
16.2	17	889.85	884.28	52.68	10.57	4	117	702	1235	2.60	4.58	3.89	3.74	10.14	17.13	6	10.60	0.18081	0.71964	0.262	0.25476	0.83534	0.344	2.65	3.08	886.93	881.34	2.92	2.97	100.84
21.1	21	920.19	915.25	56.65	8.72	5	5	30	53	0.11	0.20	4.35	4.31	0.48	0.85	6	8.75	0.00793	0.29843	0.103	0.01387	0.35355	0.112	1.00	1.18	918.99	914.04	1.20	1.21	44.46
21	20	915.25	908.95	42.50	14.82	3	8	48	84	0.18	0.31	4.32	4.26	0.77	1.33	6	14.85	0.00966	0.31647	0.1025	0.01669	0.37253	0.124	1.38	1.63	914.01	907.69	1.24	1.26	34.57
20	19.1	908.95	899.35	50.30	19.10	6	14	84	148	0.31	0.55	4.26	4.19	1.33	2.30	6	18.00	0.01516	0.36176	0.101	0.02627	0.42848	0.111	1.74	2.06	907.66	898.61	1.29	1.17	40.18
19.1	19	899.35	897.17	28.50	7.63	1	15	90	158	0.33	0.59	4.26	4.18	1.42	2.45	6	7.65	0.02487	0.42115	0.108	0.04293	0.49745	0.141	1.32	1.56	898.58	896.40	0.77	2.50	30.26
19	17.2	897.17	886.53	49.31	21.58	6	21	126	222	0.47	0.82	4.21	4.13	1.97	3.40	6	18.00	0.02248	0.40673	0.103	0.03883	0.48201	0.134	1.96	2.32	894.67	885.80	2.50	1.25	60.10
17.2	17	886.53	884.28	30.90	7.28	1	22	132	232	0.49	0.86	4.21	4.12	2.06	3.55	6	7.30	0.03693	0.47527	0.131	0.06361	0.55785	0.17	1.45	1.71	885.29	883.03	1.25	2.97	42.35
17	17.1	884.28	881.67	23.60	11.08	1	140	840	1477	3.12	5.48	3.85	3.68	11.99	20.19	6	6.00	0.23700	0.81852	0.331	0.39906	0.94349	0.439	2.27	2.46	881.31	879.90	2.97	1.80	36.57
17.1	18	881.67	880.61	20.34	5.22	0	141	846	1488	3.14	5.52	3.85	3.68	12.07	20.33	6	5.25	0.25505	0.83534	0.344	0.42952	0.96114	0.457	2.17	2.49	879.87	878.80	1.80	1.84	24.06
18	22	880.61	874.91	58.35	9.77	5	146	876	1541	3.25	5.72	3.84	3.67	12.47	20.99	6	9.80	0.19283	0.77185	0.297	0.32460	0.89205	0.391	2.74	3.16	878.77	873.05	1.84	1.89	70.68
22	23	874.91	868.91	68.40	8.77	7	153	918	1615	3.41	5.99	3.82	3.66	13.02	21.91	6	8.80	0.21254	0.79428	0.313	0.35753	0.91640	0.413	2.67	3.08	873.02	867.03	1.89	1.91	84.41
23	24	868.91	866.02	33.67	8.59	3	156	936	1646	3.47	6.11	3.82	3.65	13.26	22.29	6	8.60	0.21891	0.79977	0.317	0.36799	0.92288	0.419	2.66	3.06	867.00	864.10	1.91	1.95	42.23

178

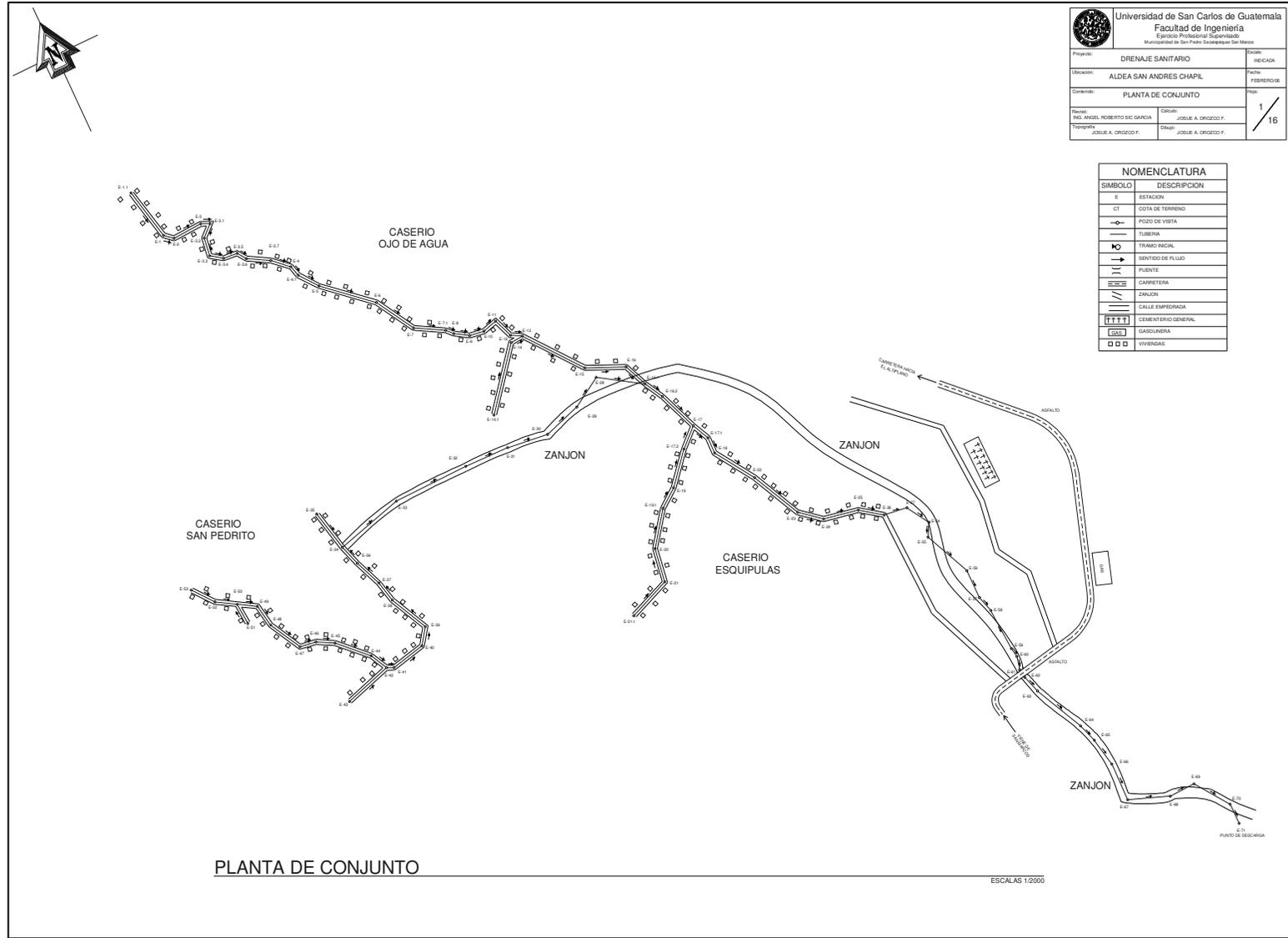
Figura 25. Cálculo hidráulico ramal 13

De	A	COTAS		D.H. (m)	Pen. S (%)	No. De Casas		Población		Qmed (l/s)		F.H.		Caudal de diseño Sanitario (l/s)		S Tub. D (plg)	(%)	Relaciones Hidraulicas Actuales			Relaciones Hidraulicas Futuras			Vel.		Cotas Invert		H de pozo		Exc. (m³)		
		Inicio	Final			Loc.	Acum.	Act.	Fut.	Act.	Fut.	Act.	Fut.	Act.	Fut.			Act.	Fut.	Act.	Fut.	Act.	Fut.	Act.	Fut.	Act.	Fut.	Act.	Fut.		Act.	Fut.
24	25	866.02	858.35	44.52	17.22	4	157	942	1657	3.49	6.15	3.82	3.65	13.34	22.43	6	17.00	0.15663	0.72742	0.267	0.26333	0.84297	0.35	3.40	3.94	864.07	856.50	1.95	1.88	55.42		
25	26	858.35	856.12	32.79	6.80	4	161	966	1699	3.58	6.30	3.81	3.64	13.65	22.94	6	6.80	0.25350	0.83407	0.343	0.42597	0.95921	0.455	2.46	2.83	856.47	852.90	1.88	3.25	54.62		
26	27	856.12	848.53	29.84	25.43	0	161	966	1699	3.58	6.30	3.81	3.64	13.65	22.94	6	18.00	0.15581	0.72586	0.266	0.26182	0.84170	0.349	3.49	4.04	852.87	847.50	3.25	1.20	43.13		
27	54	848.53	846.63	32.93	5.77	0	161	966	1699	3.58	6.30	3.81	3.64	13.65	22.94	6	5.80	0.27448	0.85290	0.358	0.46123	0.97980	0.477	2.33	2.67	847.33	845.56	1.20	1.20	25.69		
54	55	846.63	846.38	18.36	1.36	0	161	966	1699	3.58	6.30	3.81	3.64	13.65	22.94	6	7.00	0.24985	0.83024	0.34	0.41984	0.95631	0.452	2.49	2.86	845.43	844.15	1.20	2.50	22.08		
55	56	846.38	839.57	63.56	10.71	0	161	966	1699	3.58	6.30	3.81	3.64	13.65	22.94	6	9.00	0.22035	0.80114	0.318	0.37026	0.92492	0.421	2.72	3.14	843.88	838.16	2.50	1.44	81.39		
56	57	839.57	837.03	36.42	6.97	0	161	966	1699	3.58	6.30	3.81	3.64	13.65	22.94	6	6.90	0.25165	0.83153	0.341	0.42287	0.95728	0.453	2.47	2.85	838.13	835.62	1.44	1.44	34.09		
57	58	837.03	835.11	21.36	8.99	0	161	966	1699	3.58	6.30	3.81	3.64	13.65	22.94	6	8.85	0.22220	0.80388	0.32	0.37339	0.92702	0.423	2.71	3.12	835.59	833.77	1.44	1.37	19.53		
58	59	835.11	831.18	53.09	7.40	0	161	966	1699	3.58	6.30	3.81	3.64	13.65	22.94	6	7.40	0.24300	0.82373	0.335	0.40834	0.94844	0.444	2.54	2.92	833.74	829.81	1.37	1.40	47.78		
59	60	831.18	829.27	12.17	15.69	0	161	966	1699	3.58	6.30	3.81	3.64	13.65	22.94	6	10.00	0.20904	0.79017	0.31	0.35126	0.91219	0.409	2.83	3.27	829.78	828.57	1.40	1.55	11.66		
60	61	829.27	827.37	16.50	11.52	0	161	966	1699	3.58	6.30	3.81	3.64	13.65	22.94	6	8.45	0.22740	0.80920	0.324	0.38212	0.93227	0.428	2.66	3.07	827.72	826.33	1.55	1.20	14.75		
61	62	827.37	827.78	11.10	-3.69	0	161	966	1699	3.58	6.30	3.81	3.64	13.65	22.94	6	4.35	0.31694	0.88635	0.386	0.53258	1.01571	0.519	2.09	2.40	826.30	825.81	1.20	2.00	11.54		
62	63	827.78	827.03	23.16	3.24	0	161	966	1699	3.58	6.30	3.81	3.64	13.65	22.94	6	3.10	0.37544	0.92807	0.424	0.63089	1.05728	0.576	1.85	2.11	825.78	825.07	2.00	2.00	30.09		
63	64	827.03	820.49	68.95	9.49	0	161	966	1699	3.58	6.30	3.81	3.64	13.65	22.94	6	8.70	0.22411	0.80519	0.321	0.37659	0.92912	0.425	2.69	3.10	825.04	819.04	2.00	1.48	77.87		
64	65	820.49	816.73	24.27	15.49	0	161	966	1699	3.58	6.30	3.81	3.64	13.65	22.94	6	15.40	0.16845	0.74251	0.277	0.28306	0.86027	0.364	3.30	3.82	819.01	815.27	1.48	1.49	23.46		
65	66	816.73	815.68	36.67	2.86	0	161	966	1699	3.58	6.30	3.81	3.64	13.65	22.94	6	4.00	0.33052	0.89660	0.395	0.55540	1.02587	0.532	2.03	2.32	815.24	813.77	1.49	1.94	40.90		
66	67	815.68	815.47	48.01	0.44	0	161	966	1699	3.58	6.30	3.81	3.64	13.65	22.94	6	4.00	0.33052	0.89660	0.395	0.55540	1.02587	0.532	2.03	2.32	813.74	811.88	1.94	3.68	87.67		
67	68	815.47	808.11	53.49	13.76	0	161	966	1699	3.58	6.30	3.81	3.64	13.65	22.94	6	10.00	0.20904	0.79017	0.31	0.35126	0.91219	0.409	2.83	3.27	811.79	806.44	3.68	1.70	93.51		
68	69	808.11	807.42	33.02	2.09	0	161	966	1699	3.58	6.30	3.81	3.64	13.65	22.94	6	4.00	0.33052	0.89660	0.395	0.55540	1.02587	0.532	2.03	2.32	806.41	805.09	1.70	2.36	43.55		
69	70	807.42	803.16	51.62	8.25	0	161	966	1699	3.58	6.30	3.81	3.64	13.65	22.94	6	5.00	0.29562	0.86991	0.372	0.49676	0.99829	0.498	2.20	2.53	805.06	802.48	2.36	1.50	64.74		
70	71	803.16	801.90	26	4.85	0	161	966	1699	3.58	6.30	3.81	3.64	13.65	22.94	6	8.00	0.23371	0.81453	0.328	0.39272	0.93940	0.435	2.61	3.01	801.66	800.88	1.50		26.00		

ANEXO 2

Planos del drenaje sanitario de la aldea San Andrés Chápil.

Figura 24. Plano de planta conjunto drenaje sanitario

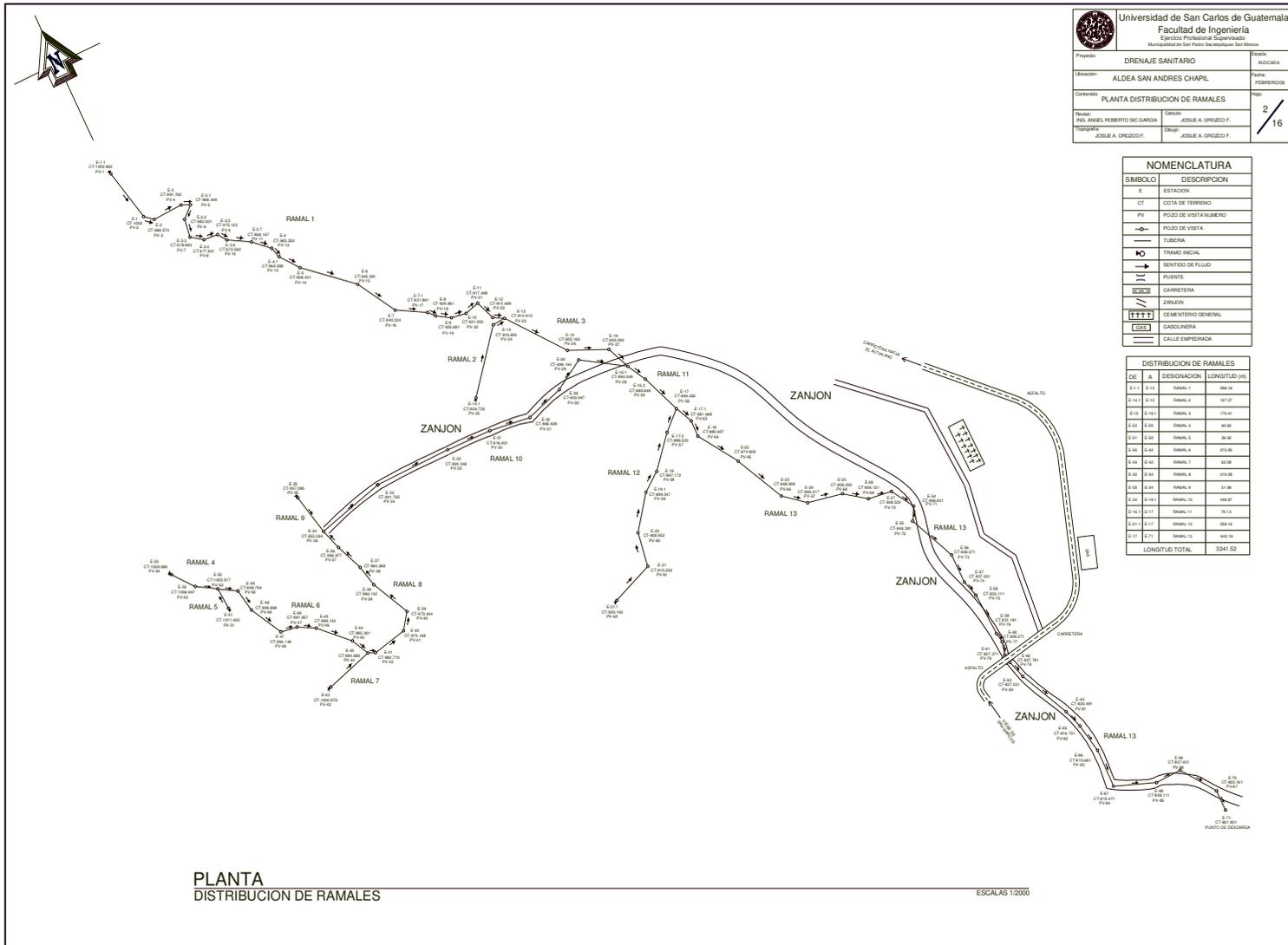


Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Escuela Profesional Supervisada Municipalidad de San Pedro Sacatepéquez del Marqués		Estado: INICIAL Fecha: FEBRERO 06 Hoja: 1 / 16
Proyecto:	DRENAJE SANITARIO	
Ubicación:	ALDEA SAN ANDRES CHAPIL	
Contenido:	PLANTA DE CONJUNTO	
Revisó:	ING. ANGEL ROBERTO SIG GARCIA	Calculó: JOSUE A. ORDOZCO F.
Topógrafo:	JOSUE A. ORDOZCO F.	Diseñó: JOSUE A. ORDOZCO F.

NOMENCLATURA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
E	ESTACION
CT	COTA DE TERRENO
—○—	POZOS DE VISITA
—	TUBERIA
—○—	TRAMO FACIAL
—+—	SENTIDO DE FLUJO
— —	PUNTE
— —	CARRETERA
—/—	ZANJON
— — —	CALLE EMPEDRADA
— — — —	CEMENTERIO GENERAL
— — —	GASOLINERA
— — — — —	VIVIENDAS

PLANTA DE CONJUNTO

ESCALAS 1:2000



Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Especialidad Profesional en Ingeniería Mestría en Ingeniería de San Carlos de Guatemala	
Proyecto:	DRENAJE SANITARIO
Ubicación:	ALDEA SAN ANDRES CHAPIL
Contenido:	PLANTA DISTRIBUCION DE RAMALES
Revisor:	MSc. ANGEL ROBERTO SOC CLAVIER
Diseñador:	JOSUE A. OROZCO F.
Fecha:	FEBRERO 2016
Hojas:	2 / 16

NOMENCLATURA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
E	ESTACION
CT	COTA DE TERRENO
PV	POZO DE VISTA NUMERO
○	POZO DE VISTA
—	TUBERIA
⊗	TRAMO INICIAL
→	SENTIDO DE FLUJO
—	PUENTE
—	GRADERIA
—	ZANJON
—	CEMENTERO GENERAL
—	GRADERIA
—	CALLE EMPERADA

DISTRIBUCION DE RAMALES			
DE	A	DESIGNACION	LONGITUD (M)
E-11	E-13	RAMAL 1	388.16
E-14	E-15	RAMAL 2	107.07
E-16	E-16	RAMAL 3	170.01
E-17	E-18	RAMAL 4	10.90
E-11	E-16	RAMAL 5	26.10
E-18	E-19	RAMAL 6	203.96
E-14	E-19	RAMAL 7	63.08
E-17	E-19	RAMAL 8	219.38
E-18	E-19	RAMAL 9	13.38
E-19	E-16.1	RAMAL 10	469.87
E-14	E-17	RAMAL 11	76.13
E-17.1	E-17	RAMAL 12	266.16
E-17	E-17	RAMAL 13	103.16
LONGITUD TOTAL			3241.52

Figura 25. Plano de distribución de ramales drenaje sanitario

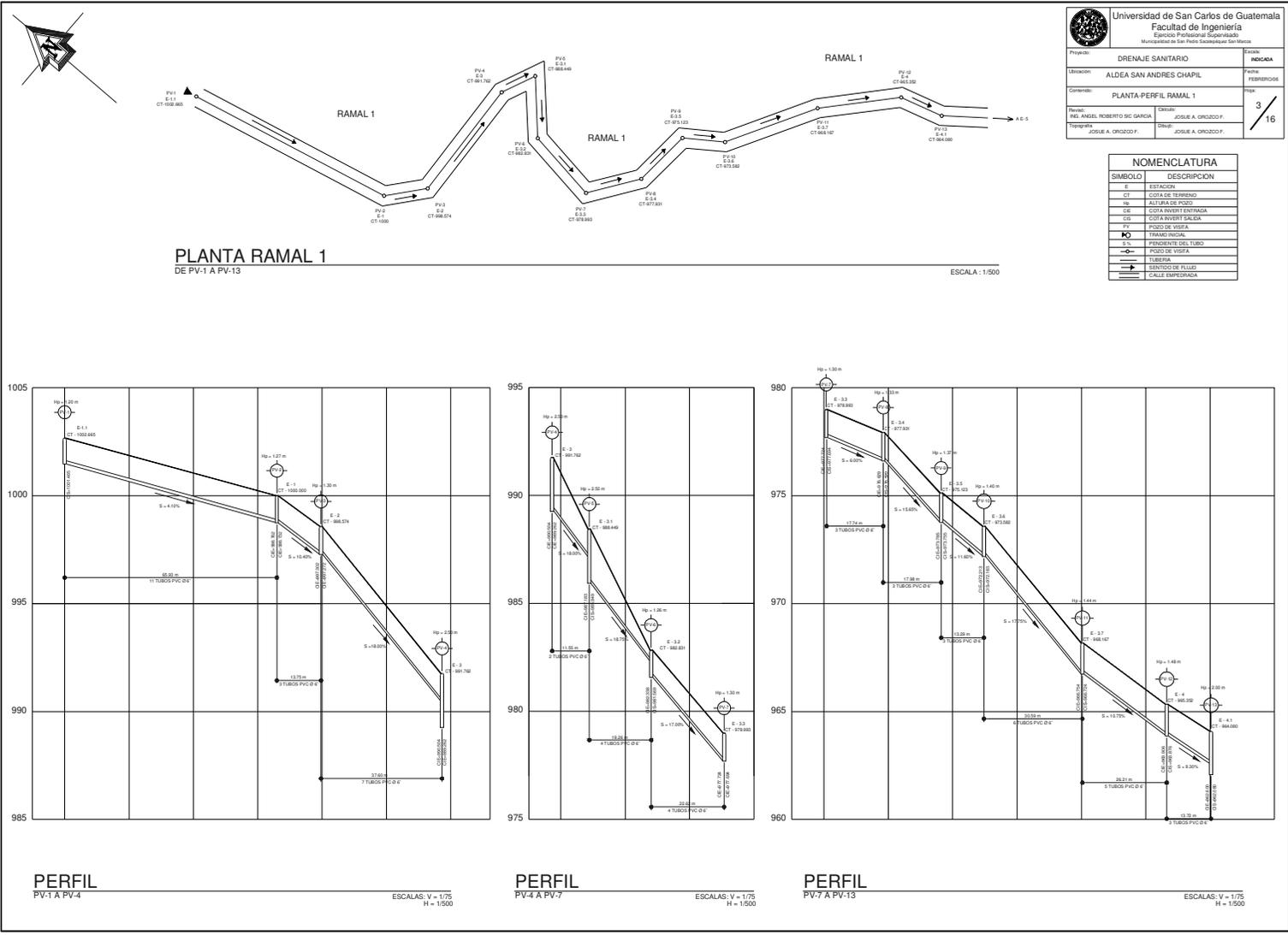


Figura 26. Plano planta-perfil ramal 1

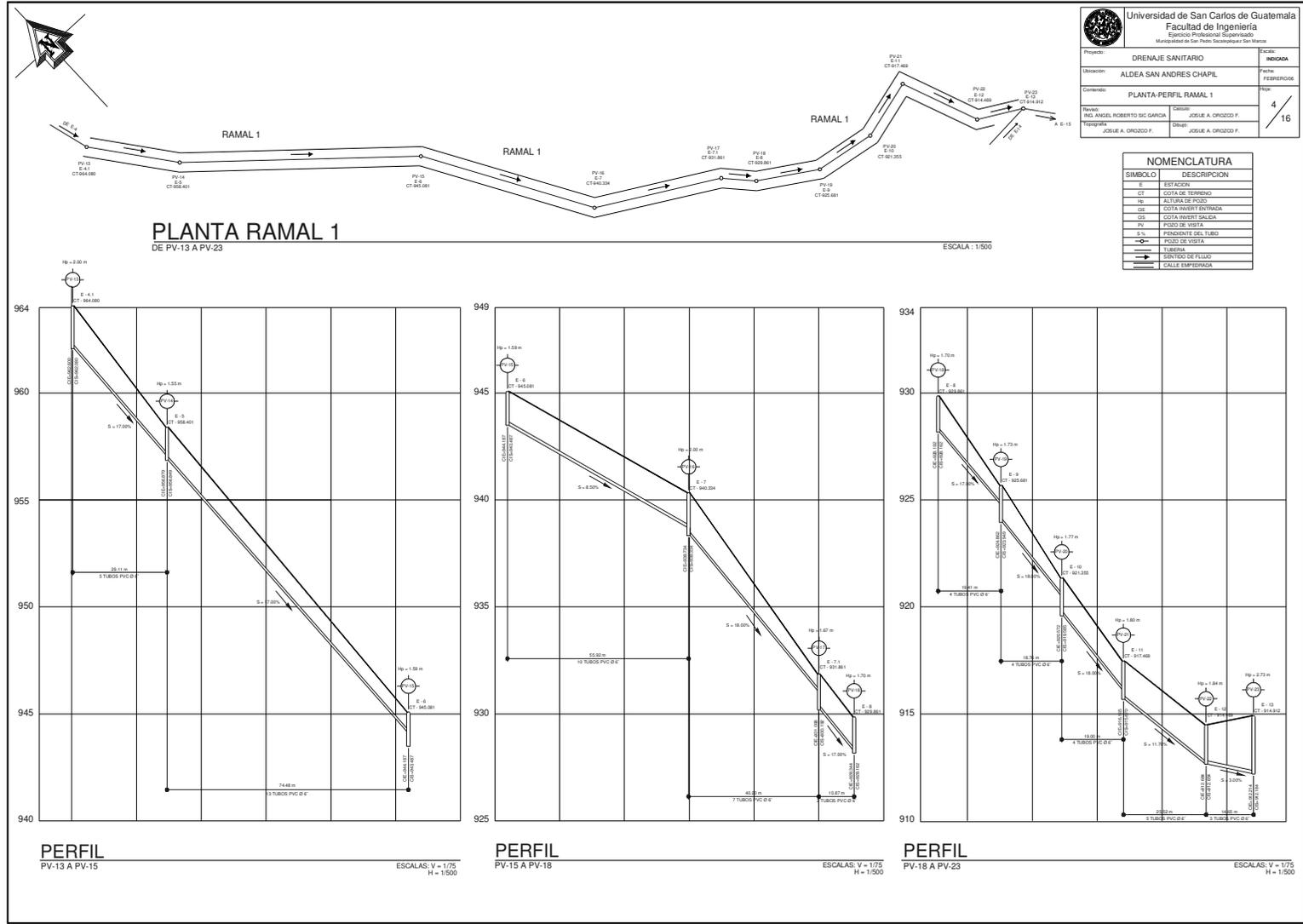


Figura 27. Continuación plano planta-perfil ramal 1

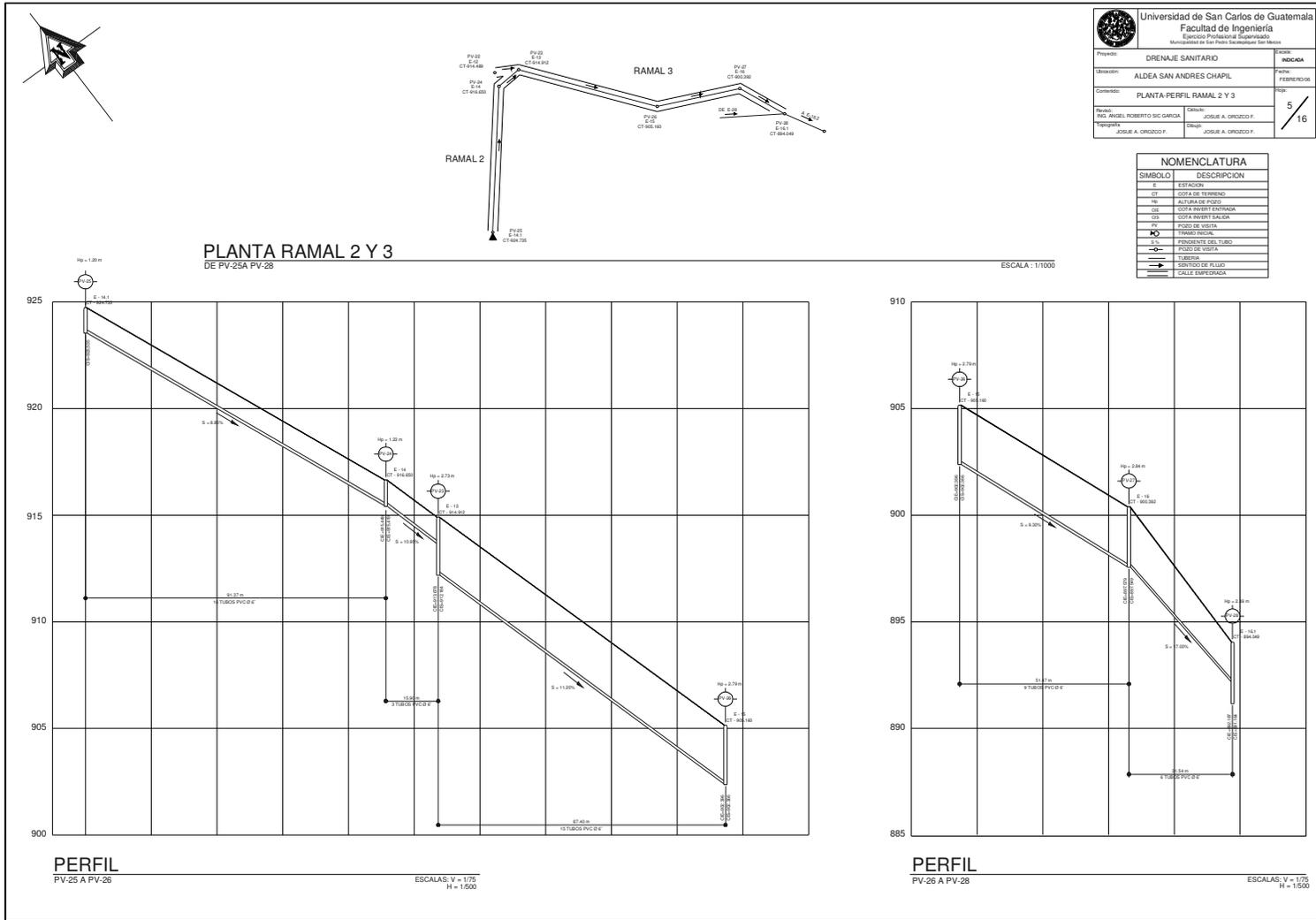


Figura 28. Plano planta-perfil ramal 2 y 3

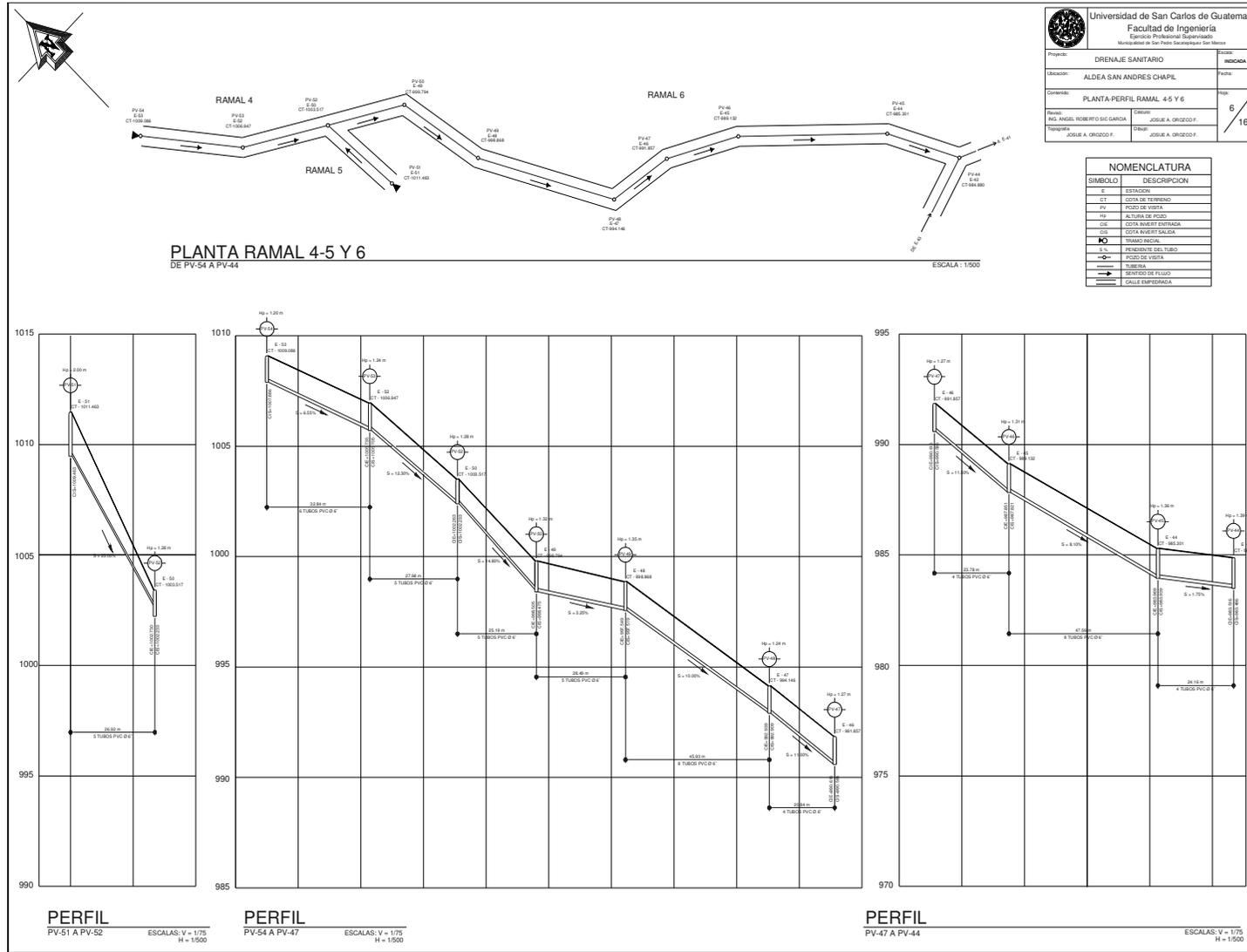


Figura 29. Plano planta-perfil ramal 4-5 y 6

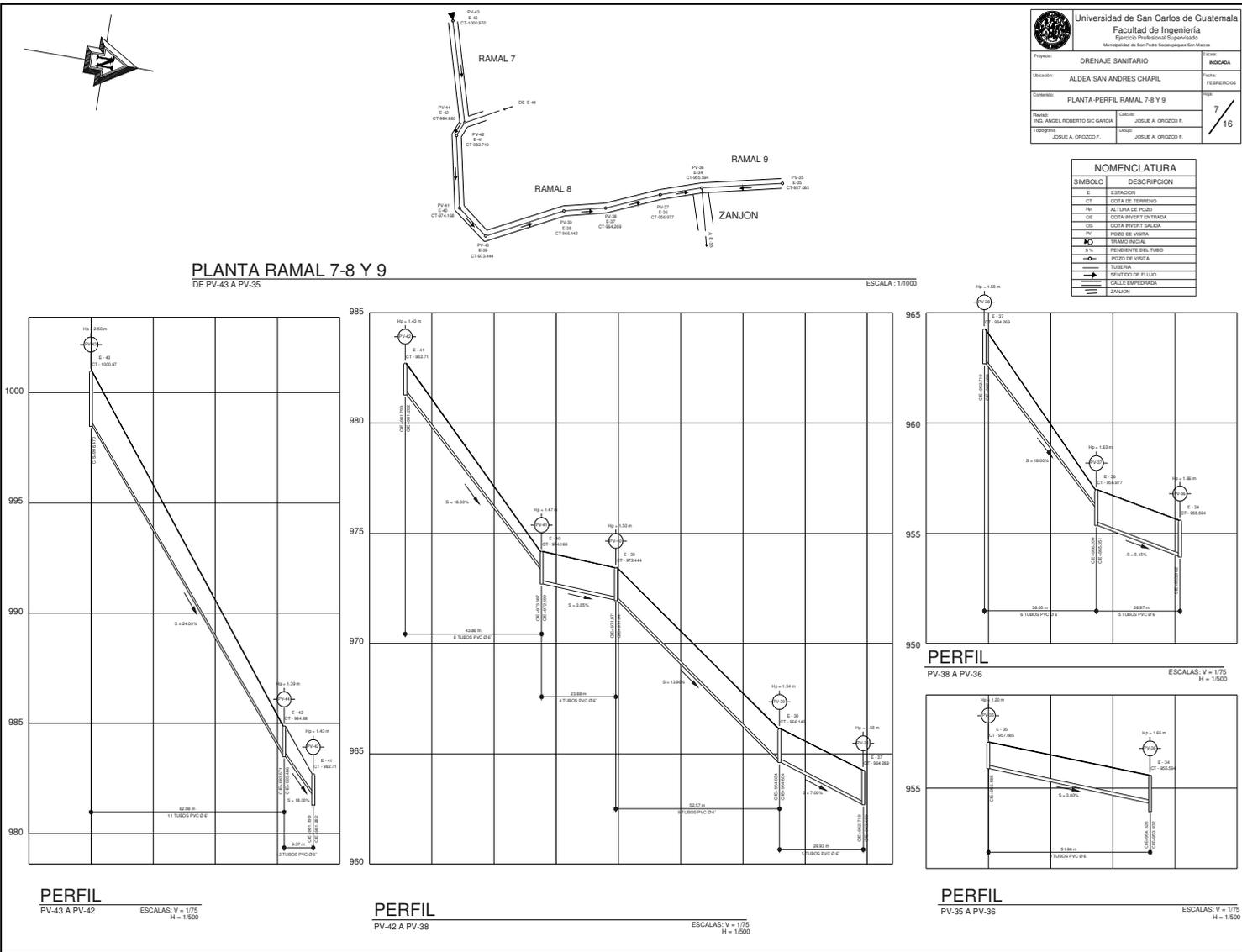


Figura 30. Plano planta-perfil ramal 7-8 y 9

Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Especialidad Profesional Supervisado:
Municipalidad de San Pablo Sacatepéquez San Marcos

Proyecto: DRENAJE SANITARIO INDICADA
Ubicación: ALDEA SAN ANDRES CHAPIL Fecha: FEBRERO 2015
Comando: PLANTA-PERFIL RAMAL 7-8 Y 9 Hoja: 7 / 16
Revisor: ING. ANSEL ROBERTO SAC GARCIA Cálculo: JOSUE A. OROZCO F.
Topógrafo: JOSUE A. OROZCO F. Dibujo: JOSUE A. OROZCO F.

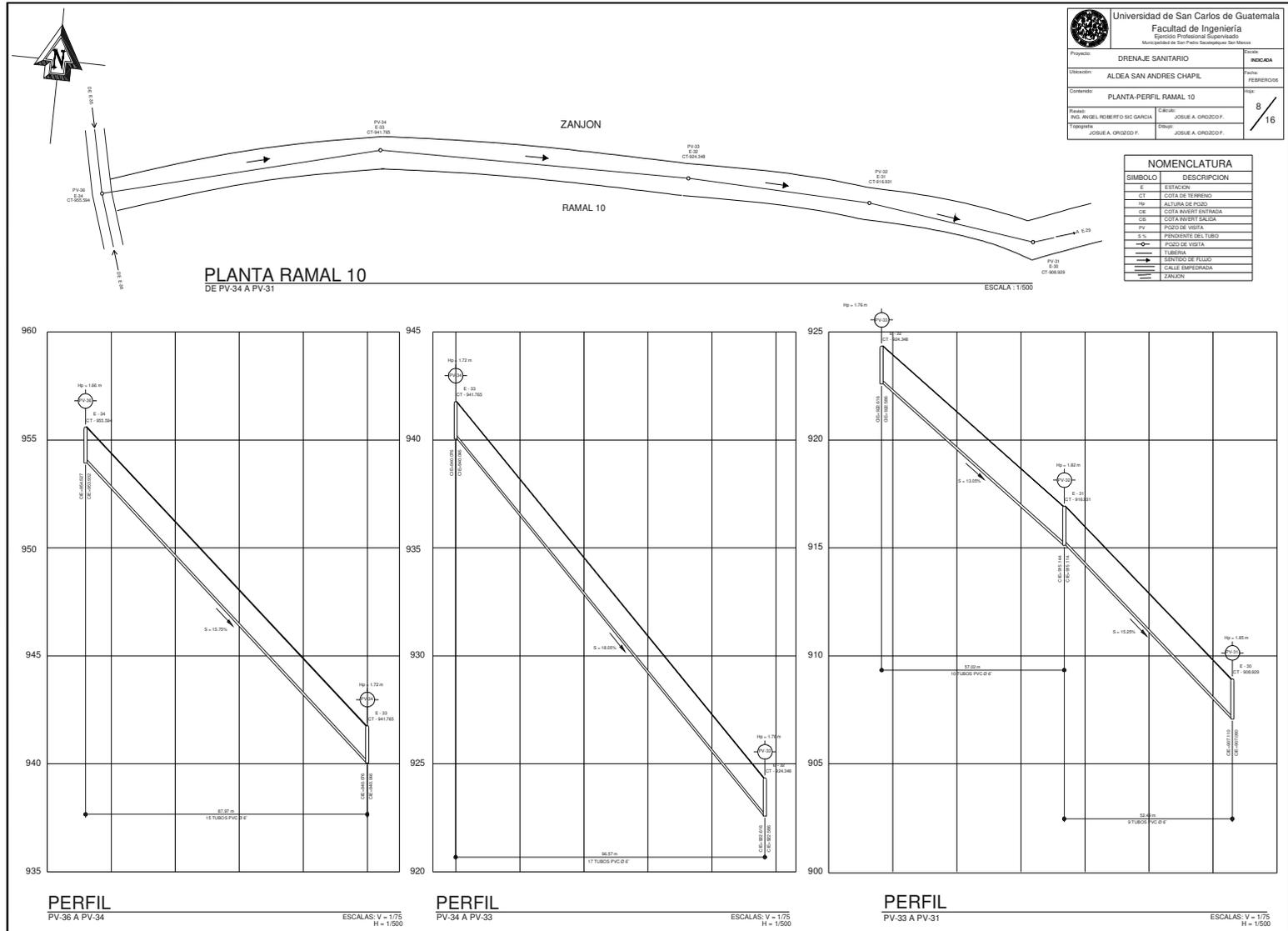


Figura 31. Plano planta-perfil ramal 10

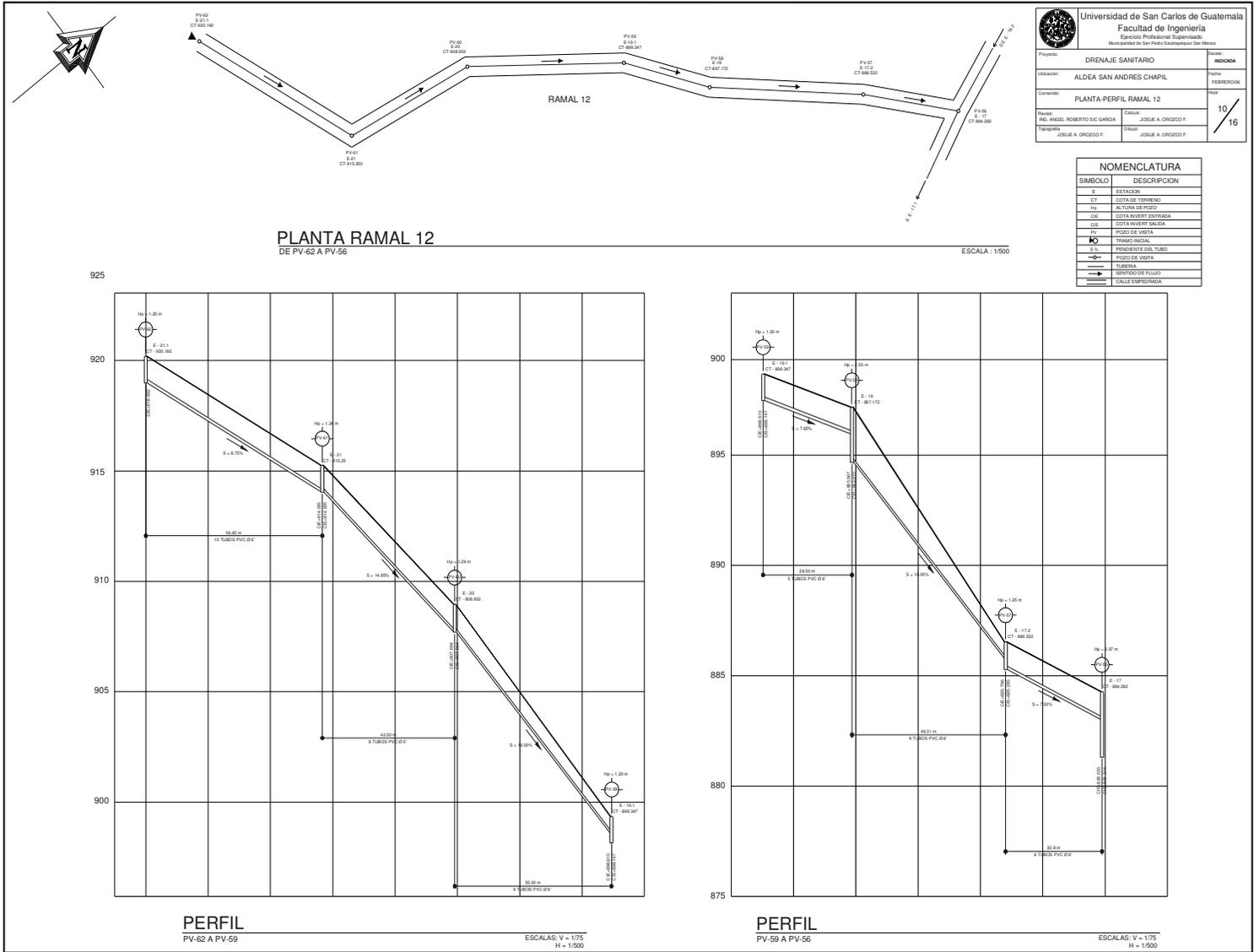


Figura 33. Plano planta-perfil ramal 12

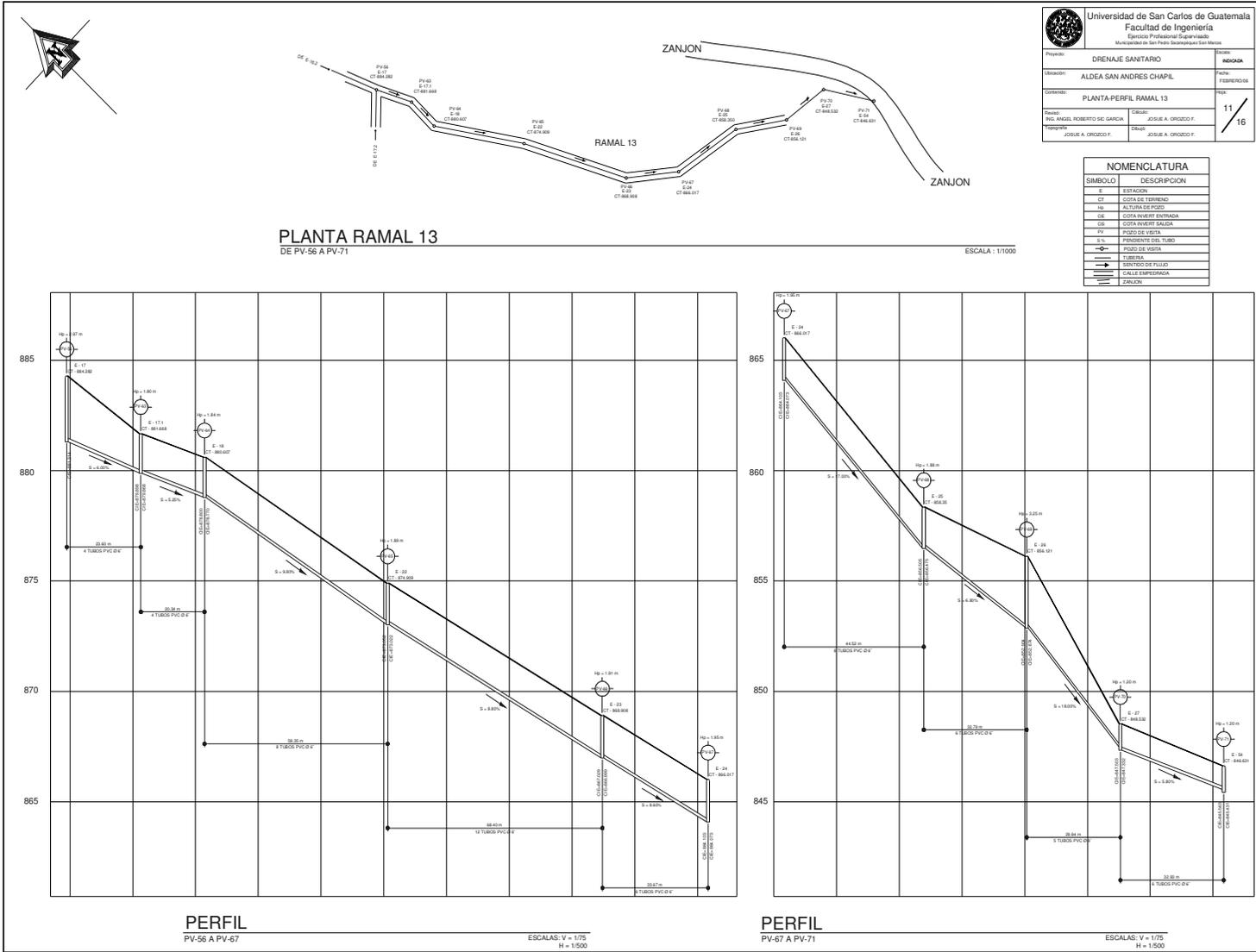


Figura 34. Plano planta-perfil ramal 13

Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Ejercicio Profesional Supervisado
Municipalidad de San Pedro Metopan, San Pedro

PROYECTO: DRENAJE SANITARIO
UBICACION: ALDEA SAN ANDRES CHAPIL
FECHA: FEBRERO 06

CLIENTE: PLANTA-PERFIL RAMAL 13
DISEÑADO: JOSUE A. ORZOGO F.
REVISADO: JOSUE A. ORZOGO F.

ESCALA: 11/16

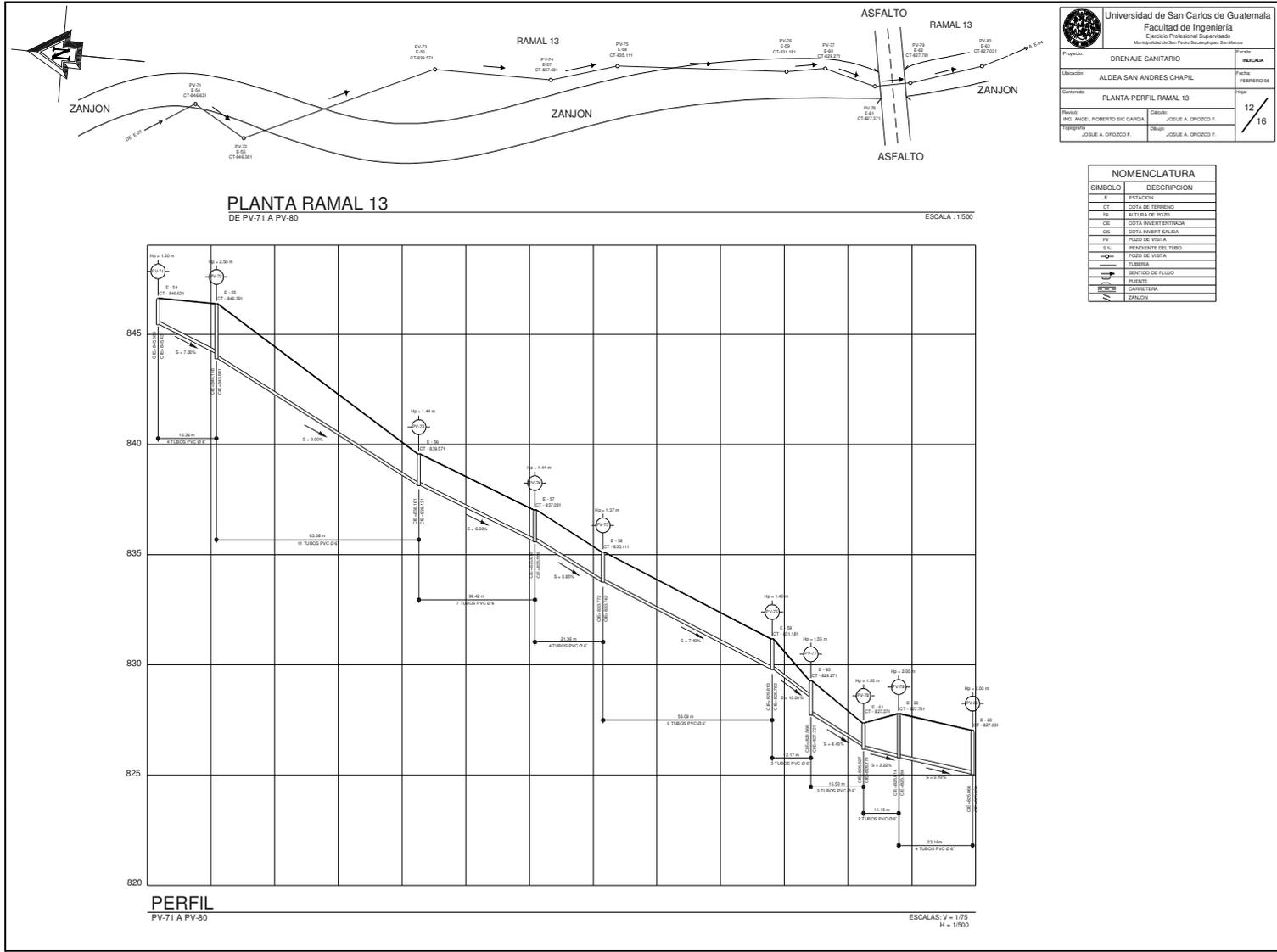


Figura 35. Continuación plano planta-perfil ramal 13

Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Especialidad: Profesional Superior
Municipalidad de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos

Proyecto: DRENAJE SANITARIO
Ubicación: ALDEA SAN ANDRÉS CHAPIL
Contenido: PLANTA-PERFIL RAMAL 13
Nombre: ING. ANDRÉS ROBERTO SUC GARCÍA
Topografía: JOSUÉ A. ORJIZO P.

Indicada
Fecha: FEBRERO DE 2016
Hoja: 12/16
Dibujó: JOSUÉ A. ORJIZO P.

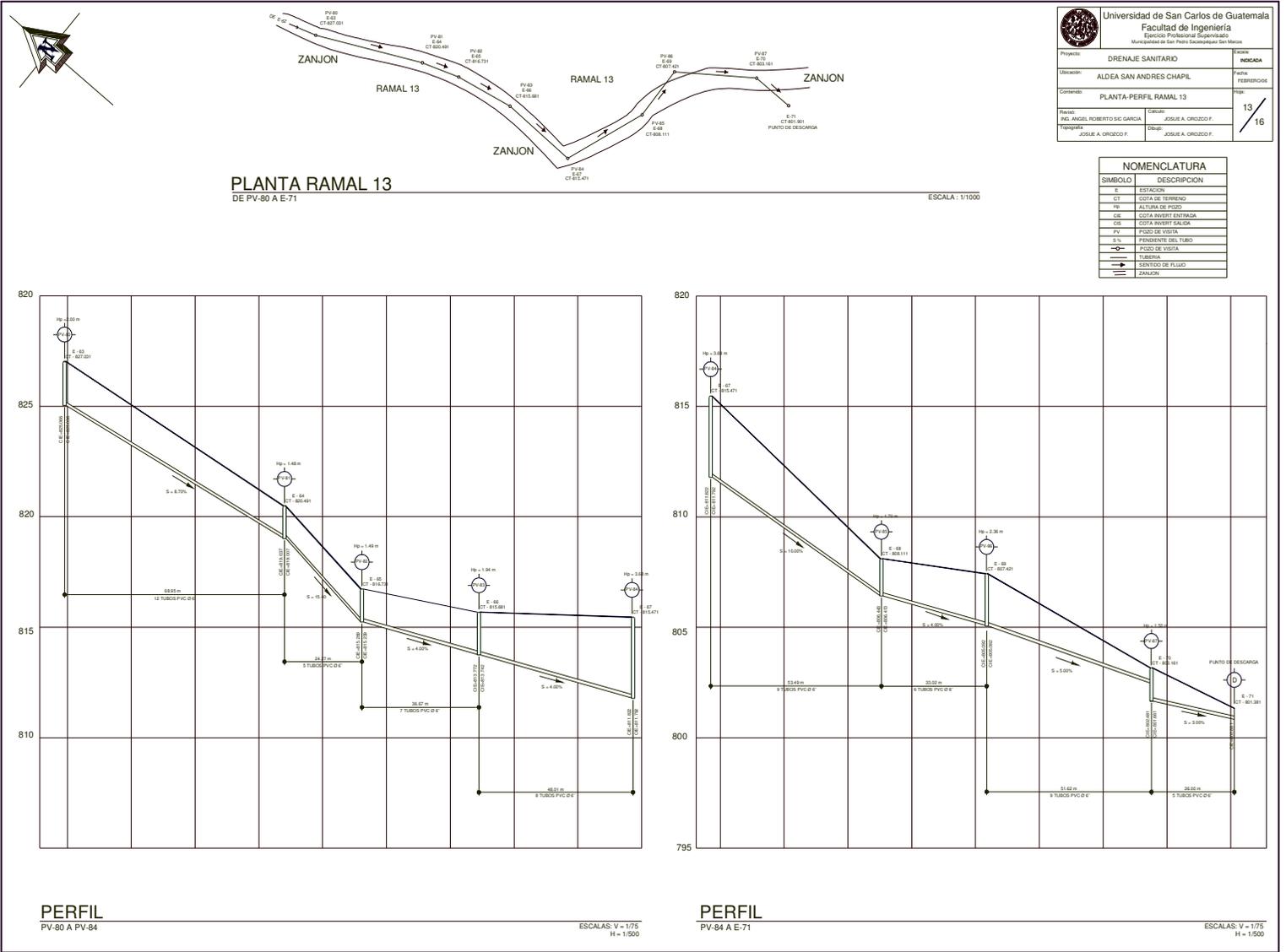


Figura 36. Continuación plano de planta-perfil ramal 13

Figura 37. Detalle de pozos de visita

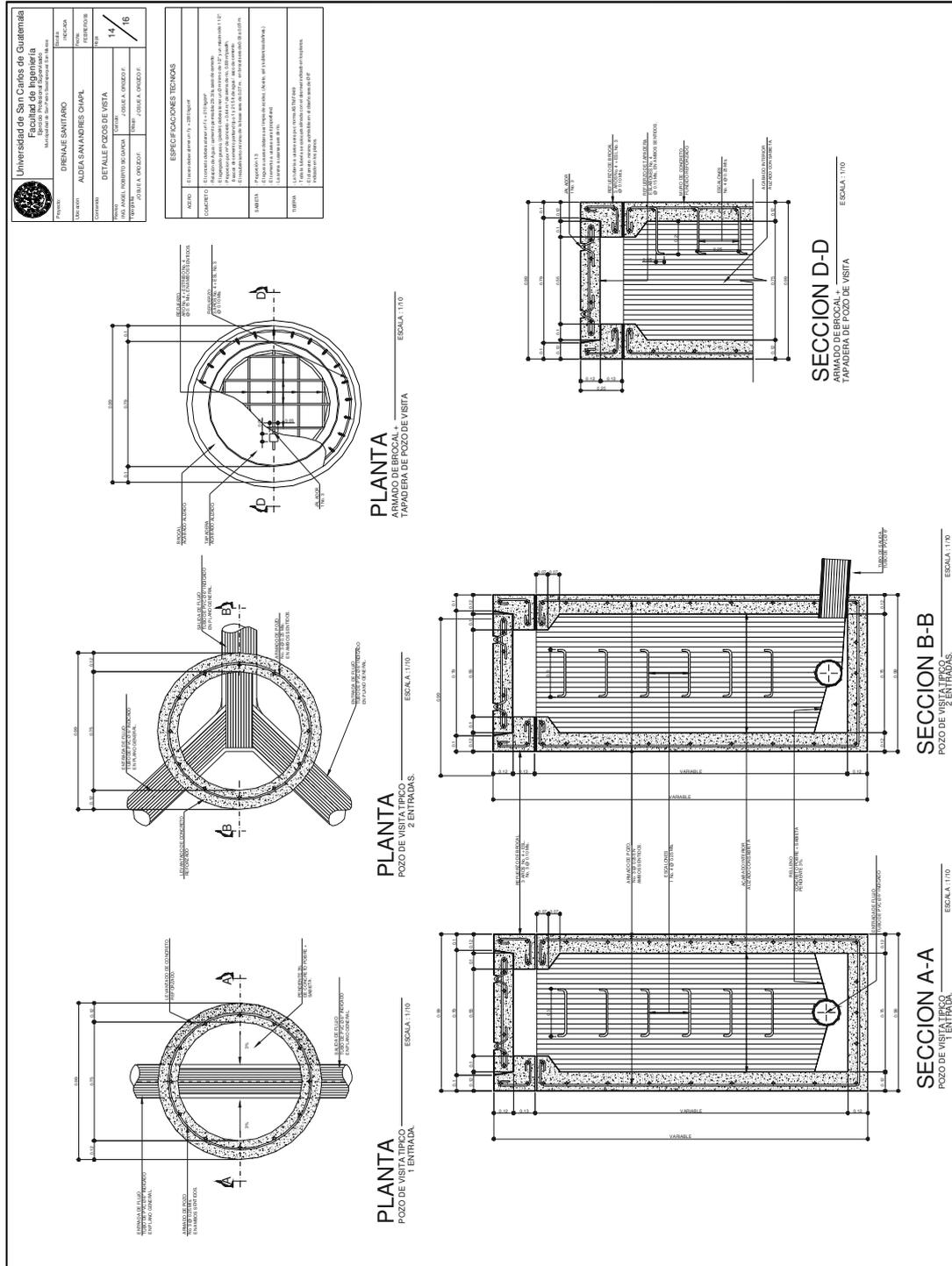
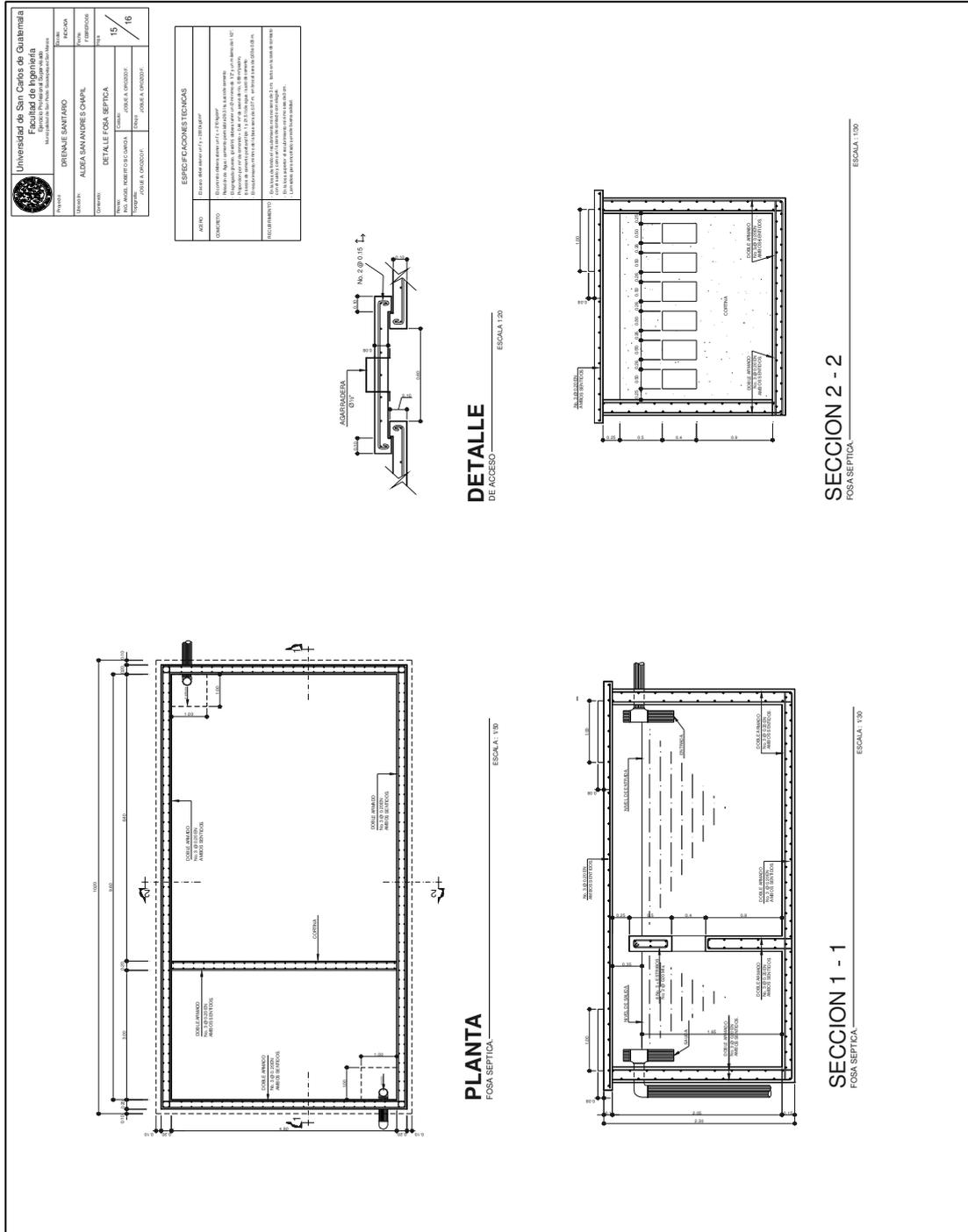


Figura 38. Detalle de fosa séptica



ANEXO 3

Planos del puente vehicular de la aldea piedra grande.

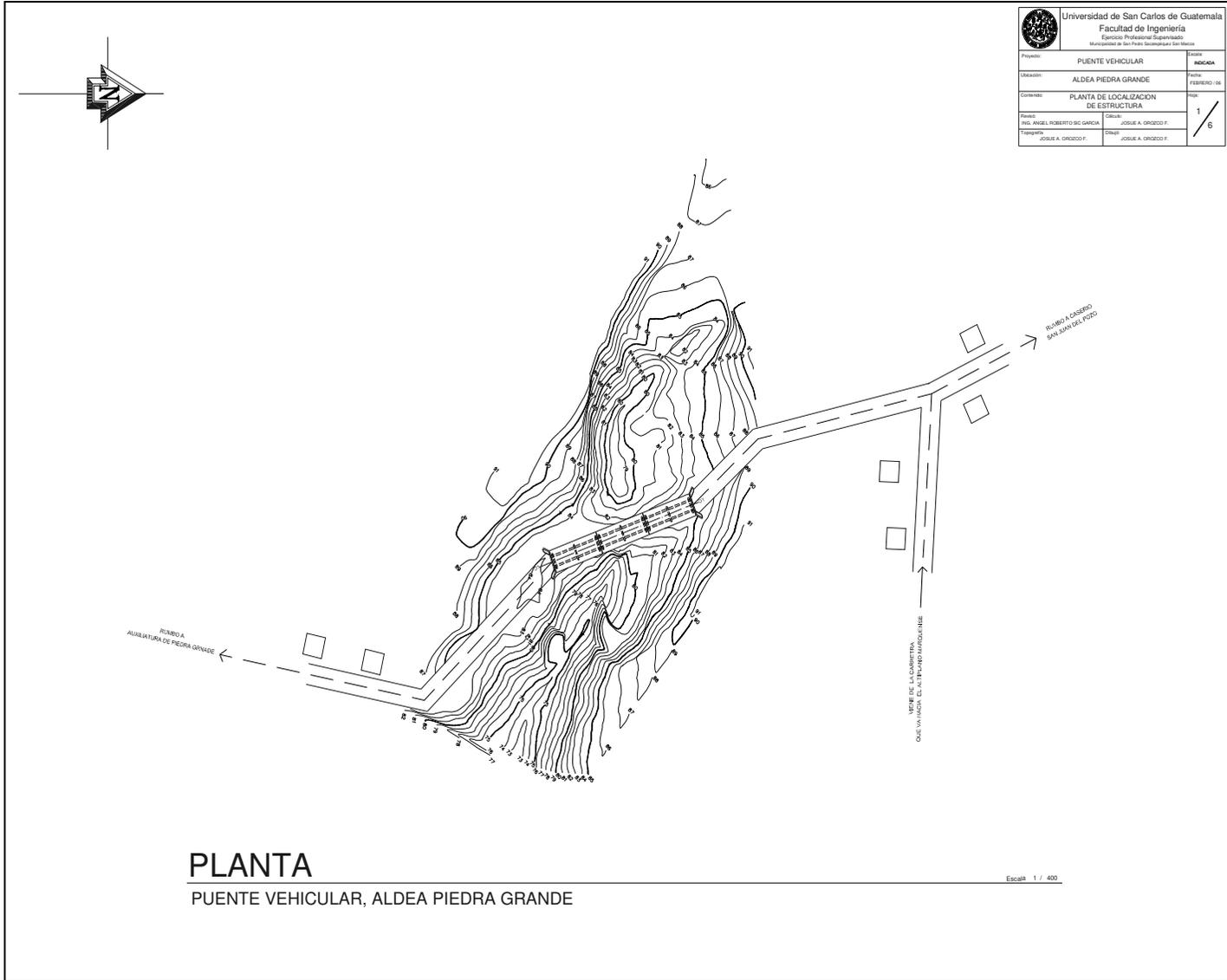


Figura 40. Plano de localización de estructura puente vehicular

Figura 42. Plano de armado de losa y secciones

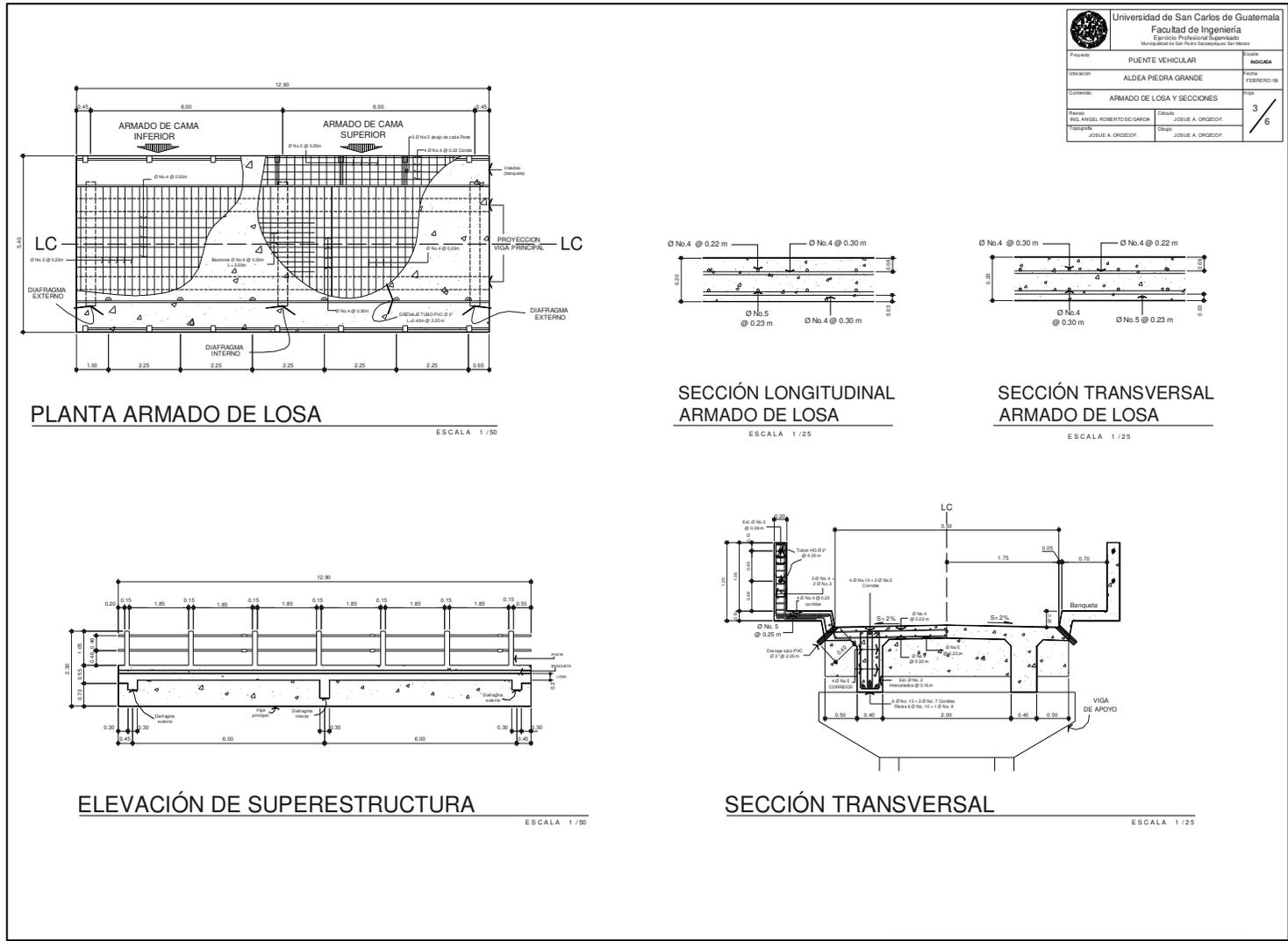
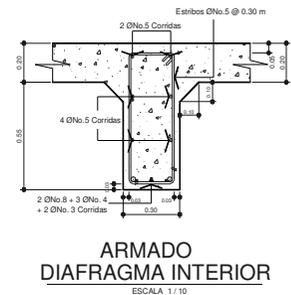
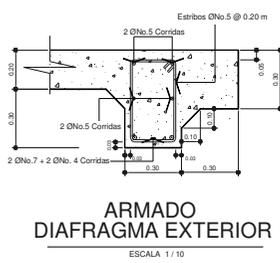
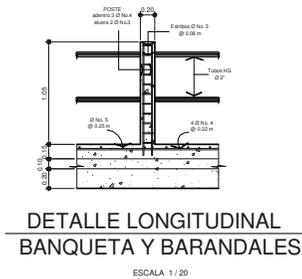
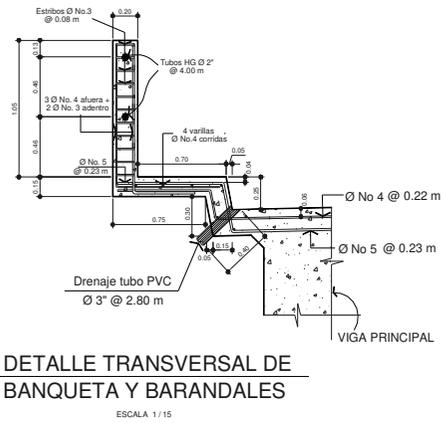
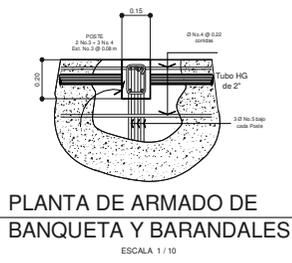
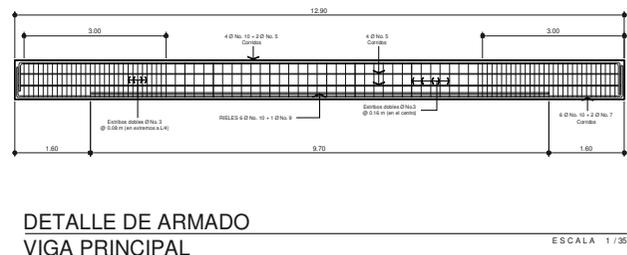
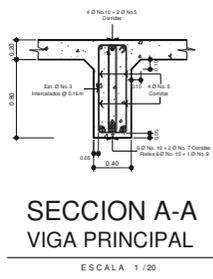


Figura 43. Plano de detalles de vigas, diafragmas, banqueta y barandales

 Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Ejercicio Profesional Supervisado Municipalidad de San Pedro Sacatepéque, Guatemala		Escala: INDICADA
Proyecto: PUENTE VEHICULAR	Fecha: FEBRERO / 05	
Ubicación: ALDEA PIEDRA GRANDE	Hoja: 4 / 6	
Contenido: DETALLES VIGAS, DIAFRAGMAS, BANQUETA Y BARANDALES		
Profesor: ING. ANGEL ROBERTO S.C. GARCIA	Catedrático: JOSUE A. ORZOGO F.	
Topógrafo: JOSUE A. ORZOGO F.	Delineador: JOSUE A. ORZOGO F.	



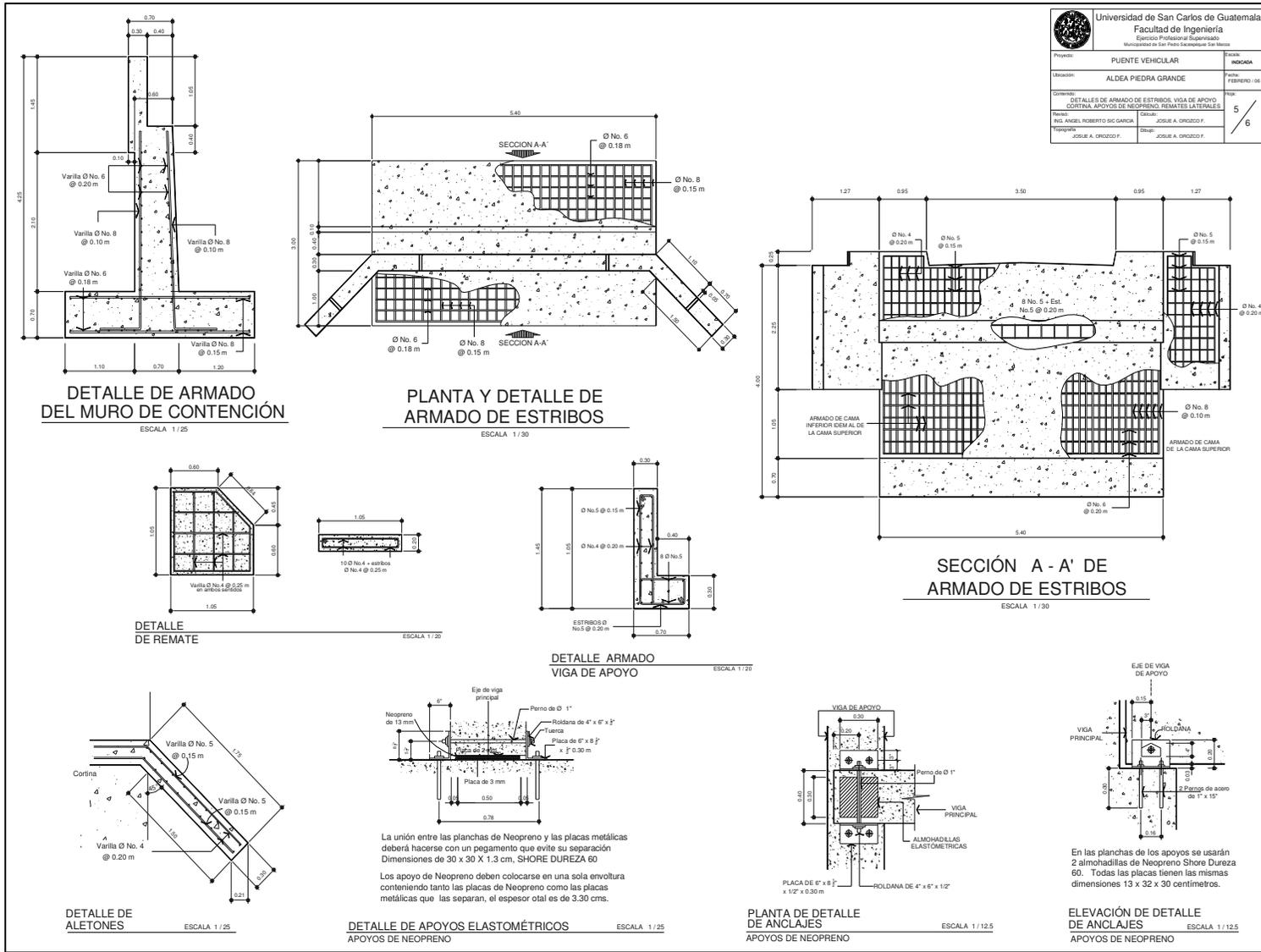
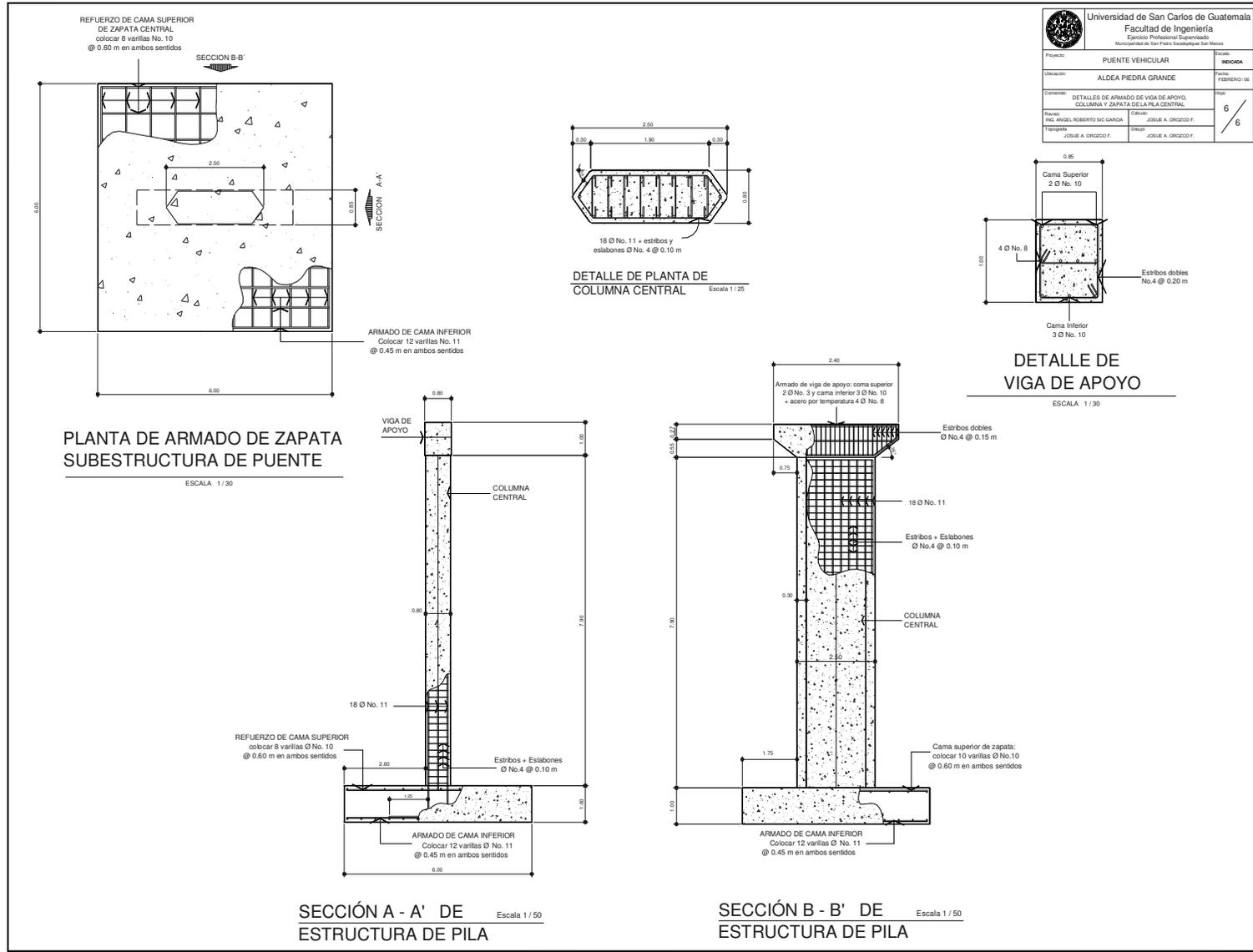


Figura 44. Plano de detalles de armado de estribos, vigas de apoyo, cortina, apoyos de neopreno, remates laterales.



Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Especialidad: Profesional Supervisado Municipalidad de San Pedro Sacatepéquez San Marcos	
Proyecto:	PUENTE VEHICULAR
Ubicación:	ALDEA PIEDRA GRANDE
Columna:	DETALLES DE ARMADO DE VIGA DE APOYO, COLUMNA Y ZAPATA DE LA PILA CENTRAL.
Revisor:	ING. ANSELMO ROBERTO SUC GARCIA
Tipografía:	JOSUE A. ORZCOCO F.
Indicada:	6/6

Figura 45. Plano de armado de viga de apoyo, columna y zapata de la pila central