



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

**DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA ANTIGUA ENTRADA
A LA CIUDAD Y DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA LAS
JOYAS, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA , ESCUINTLA**

Guillermo Alejandro Reyes Lemus

Asesorado por el: Ing. Ángel Roberto Sic García

Guatemala, marzo de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA ANTIGUA
ENTRADA A LA CIUDAD Y DRENAJE SANITARIO PARA LA
ALDEA LAS JOYAS, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA,
ESCUINTLA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

GUILLERMO ALEJANDRO REYES LEMUS

ASESORADO POR: ING. ÁNGEL ROBERTO SIC GARCÍA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, MARZO DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur 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
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
EXAMINADOR	Ing. Luis Gregorio Alfaro Veliz
EXAMINADOR	Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez
SECRETARIO	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA ANTIGUA ENTRADA A LA CIUDAD Y DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA LAS JOYAS, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA,

tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 9 de agosto de 2005.

Guillermo Alejandro Reyes Lemus

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS:	Por haberme dado el existir, la inteligencia y el deseo de estudiar y culminar esta carrera, la que voy a ejercer en su nombre y con los valores que encierra la ética profesional .
Mi madre:	Por su amor y apoyo incondicional; gracias por haberme enseñado con tu ejemplo los valores de la vida, gracias por tus cuidados, gracias por hacer de mi un hombre de bien.
Mi hermanita:	Por estar conmigo siempre, compartiendo mis ilusiones y por darme ánimos para culminar mi carrera.
Mis tíos y primos:	Quienes me brindaron su cariño y apoyo.
Mis amigos de toda la vida:	Quienes me vieron crecer y estuvieron conmigo, desde el comienzo y final, brindándome su cariño sincero, apoyo moral y material, motivándome a seguir adelante, muchas gracias por sus consejos.

AGRADECIMIENTOS A:

Colegio Jesús de Candelaria: Especialmente a Sor Ángela Anariba Cáceres, quien con su cariño y sabios consejos, guió mis pasos de estudiante. Para ella mi gratitud eterna y un reconocimiento sincero a su labor como docente.

La Facultad de Ingeniería: Con gratitud por la formación profesional.

Tío Fernando: Por darme su amistad, consejos y apoyo a mí persona y a mi familia.

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga: Por su valiosa asesoría y consejos.

Ing. Adolfo Rodas Merlos: Por su asesoría en la elaboración de mi trabajo de graduación.

Ing. Ángel Roberto Sic García: Por brindarme su asesoría y apoyo.

Las autoridades de la
Municipalidad de Santa
Lucía Cotzumalguapa: Por la oportunidad que me brindaron para realizar el Ejercicio Profesional Supervisado -EPS- y por darme su apoyo.

Mis amigos de la O.M.P.
de Santa Lucía Cotzumalguapa: Por darme su apoyo, cariño y muestras de sincera amistad.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII

1. MONOGRAFÍA DE SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA

1.1 Generalidades	1
1.1.1 Aspectos históricos	1
1.1.2 Límites y localización	2
1.1.3 Accesos y comunicaciones	3
1.1.4 Topografía e hidrografía	3
1.1.5 Aspectos climáticos	3
1.1.6 Actividades económicas	3
1.1.7 Población	4
1.2 Principales necesidades del municipio	6
1.2.1 Vías de acceso	6
1.2.2 Contaminación por aguas negras	6

2. DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA ANTIGUA ENTRADA A SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA

2.1 Descripción del proyecto a desarrollar	9
2.2 Documentación bibliográfica	9
2.2.1 Definición de pavimentos	9
2.2.2 Tipos de pavimentos	10
2.2.3 Elementos estructurales de pavimentos	10
2.2.4 Pavimentos flexibles	15
2.2.5 Pavimentos rígidos	17
2.2.6 Maquinaria utilizada en compactación de suelos	18
2.2.7 Maquinaria utilizada en pavimentación	23
2.3 Ensayos de laboratorio de suelos	26
2.3.1 Ensayo de granulometría	26
2.3.2 Límites de Atterberg	27
2.3.2.1 Límite líquido	27
2.3.2.2 Límite plástico	27
2.3.2.3 Índice plástico	27
2.3.3 Ensayo de compactación o Proctor modificado	28
2.3.4 Ensayo de Valor Soporte (C.B.R)	28
2.3.5 Análisis de resultados	29
2.4 Diseño de pavimento rígido	29
2.4.1 Trabajos previos al dimensionamiento de un pavimento	29
2.4.2 Topografía	30
2.4.2.1 Planimetría	30
2.4.2.2 Altimetría	30
2.4.3 Teoría de diseño de pavimentos rígidos	31
2.4.4 Diseño de pavimento rígido, método simplificado PCA	31
2.5 Drenajes menores en vías pavimentadas	38

2.5.1 Consideraciones de drenajes en vías pavimentadas	38
2.5.2 Consideraciones hidráulicas	39
2.5.2.1 Corriente de agua	39
2.5.2.2 Gradiente hidráulico	40
2.5.2.3 Diseño hidráulico	40
2.5.2.3.1 El método racional	43
2.5.2.3.1.1 Parámetros de la fórmula racional	44
2.5.2.3.2 El método Talbot	45
2.5.2.4 Pendiente crítica	48
2.6 Presupuesto	50

3. DISEÑO DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA LAS JOYAS, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA

3.1 Descripción del proyecto	53
3.2 Levantamiento topográfico	53
3.2.1 Altimetría	53
3.2.2 Planimetría	54
3.3 Diseño de la red	55
3.3.1 Período de diseño	55
3.3.2 Estudio de la población a servir	55
3.3.2.1 Método geométrico	56
3.3.3 Cálculo de caudales	57
3.3.3.1 Caudal domiciliar	57
3.3.3.1.1 Dotación	57
3.3.3.1.2 Factor de retorno	58
3.3.3.2 Caudal de conexiones ilícitas	58
3.3.3.2.1 Coeficiente de escorrentía	59

3.3.3.2.2 Intensidad de lluvia	59
3.3.3.3 Caudal de infiltración	60
3.3.3.4 Caudal de diseño	60
3.3.3.4.1 Factor de caudal medio	61
3.3.3.4.2 Factor de Harmond	61
3.3.4 Velocidades máximas y mínimas de diseño	62
3.3.5 Pendientes máximas y mínimas	62
3.3.6 Cotas Invert	62
3.3.6.1 Detalles	63
3.3.7 Diámetro de las tuberías	63
3.3.7.1 Profundidad de las tuberías	64
3.3.8 Pozos de visita	64
3.3.8.1 Altura de los pozos de visita	64
3.3.9 Conexiones domiciliarias	65
3.4 Cálculo de alcantarillado sanitario	65
3.4.1 Datos generales	65
3.4.2 Datos poblacionales	65
3.4.3 Datos específicos para el tramo PV-1 a PV-2	65
3.4.4 Diseño hidráulico	66
3.4.5 Relaciones hidráulicas	67
3.4.6 Parámetros de diseño	68
3.4.7 Presupuesto	69
4. IMPACTO AMBIENTAL	71
4.1 Impacto ambiental en drenaje sanitario	72
4.2 Impacto ambiental en pavimentación rígida	76

CONCLUSIONES	79
RECOMENDACIONES	81
BIBLIOGRAFÍA	83
ANEXOS	85

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Ubicación del municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa	2
2	Ubicación de la ciudad de Santa Lucía Cotzumalguapa	5
3	Moto niveladora John Deere	18
4	Dumper	19
5	Plancha vibradora Wacker	20
6	Rodillos vibratorios Wacker	21
7	Vibroapisonador Wacker	22
8	Rodo compactador	23
9	Autoconcretera Carmix	23
10	Concretera liviana	24
11	Pavimentadora sobre ruedas	25
12	Pavimentadora de oruga	25
13	Cortadora de concreto	26
14	Determinación de la reacción k por medio del C.B.R.	35
15	Planta general de drenaje sanitario	92
16	Planta-perfil de drenaje sanitario	93
17	Detalles de pozo de visita de drenaje sanitario	100
18	Calle a pavimentar, Santa Lucía Cotzumalguapa	101
19	Calle pavimentada, Santa Lucía Cotzumalguapa	101
20	Planta general de pavimentación rígida	102
21	Planta-perfil de pavimentación rígida	103
22	Detalles de pavimentación rígida	109
23	Resultados de ensayos de laboratorio de suelos	110

TABLAS

I	Propiedades y requisitos ideales para suelo ensayado	11
II	Clasificación de vehículos según su categoría	34
III	Tipos de suelos de sub-rasante y valores aproximados de K	36
IV	Pavimento con junta con agregados de trave	37
V	Presupuesto de pavimentación rígida	50
VI	Presupuesto de drenaje sanitario	69
VII	Medidas de mitigación de impactos ambientales en pavimentos	76
VIII	Elementos hidráulicos de alcantarilla de sección circular	86
IX	Diseño hidráulico de drenaje sanitario	88

LISTA DE SÍMBOLOS

CA-2	carretera centroamericana 2
cm	centímetro
Fqm	factor de caudal medio
f'c	resistencia máxima del concreto
H	altura
hab.	habitantes
Hpv	altura de pozos de visita
Kg.	kilogramos
Km.	kilómetros
L	longitud
Lts.	litros
m	metros
Mm.	milímetros
pv	pozo de visita
q	caudal de diseño a sección parcialmente llena
Q	caudal a sección llena
S	pendiente del terreno
Seg.	segundos
ϕ	diámetro

GLOSARIO

Aguas negras	En general, se llama, así, a las aguas de desechos provenientes de usos domésticos e industriales.
Colector	Tubería, generalmente de servicio público, que recibe y conduce las aguas indeseables de la población al lugar de descarga.
Concreto	Es un material pétreo, artificial, obtenido de la mezcla, en proporciones determinadas, de cemento, arena, pedrín y agua.
Conexión domiciliar	Tubería que conduce las aguas negras desde el interior de la vivienda hasta el frente.
Compactación	Acción de hacer alcanzar a un material una textura apretada o maciza.
Cota de terreno	Número en los planos topográficos, indica la altura de un punto sobre un plano de referencia.
Densidad	Relación entre la masa y el volumen de un cuerpo.
Descarga	Lugar donde se vierten las aguas negras provenientes de un colector, las que pueden estar crudas o tratadas.

Dotación	Estimación de la cantidad de agua que en promedio consume cada habitante por día.
Edil	Magistrado a cuyo cargo estaban las obras públicas, y que cuidaba del reparo, ornato y limpieza de casas y calles de una ciudad.
Estación	Cada uno de los puntos en el que se coloca el instrumento topográfico, en cualquier operación de levantamiento planimétrico o de nivelación.
Polución	Contaminación intensa y dañina del agua o del aire, producida por los residuos de procesos industriales o biológicos.
Pozo de visita	Es una obra accesoria de un sistema de alcantarillado que permite el acceso al colector y cuya finalidad es facilitar el mantenimiento del sistema para que funcione eficientemente.
Plasticidad	Es la propiedad que presentan los suelos de poder deformarse hasta cierto límite.
Tirante	Altura de las aguas negras o pluviales dentro de una alcantarilla.
Topografía	Ciencia y arte de determinar posiciones relativas de puntos situados encima de la superficie terrestre, sobre dicha superficie y debajo de la misma.

RESUMEN

A través del Ejercicio Profesional Supervisado, se atendieron las necesidades del municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, departamento de Escuintla, en materia de infraestructura; entre las que se encontraban: vías de comunicación y tratamiento de aguas residuales.

Teniendo el conocimiento de cuáles eran las necesidades del municipio se procedió a estudiar qué comunidades eran las prioritarias en ese momento para las autoridades ediles y se definieron los proyectos que consistieron en: el diseño de pavimento rígido de la antigua entrada a Santa Lucía Cotzumalguapa por la finca Las ilusiones a la colonia Cañaverales y el diseño de alcantarillado sanitario para la aldea Las Joyas – cruce a la esperanza.

En el diseño del pavimento rígido; se utilizó el sistema de medición topográfica como la planimetría y altimetría, para definirse una longitud de 3,500 m. de largo y un ancho de 6 m., para luego proceder al muestreo de la subrasante y así conocer las propiedades del suelo por medio de los ensayos de laboratorio y diseñar el pavimento rígido; para el diseño se utilizó el método simplificado de la PCA llegando a proponer una ligera estabilización del suelo de 5 cm. de base con un espesor de losa de 15 centímetros, bordillos de 15 X 10 centímetros y un bombeo pluvial del 2%.

En la aldea Las Joyas – cruce a la esperanza, previo a realizar el drenaje sanitario; se estudió dónde se debía descargar el agua residual y cuál tendría que ser el tratamiento de dichas aguas; teniendo definidos los parámetros anteriormente mencionados se procedió a los trabajos previos al diseño; planimetría y altimetría, definiéndose una longitud de 3,220 m., posteriormente

se tomaron parámetros de diseño como: periodo de diseño, tasa de crecimiento de la población, la dotación de agua potable que percibe la población, la cantidad de habitantes por vivienda, número de viviendas, finalmente proponiéndose un sistema de tubería PVC ASTM F-949 y pozos de visita de PVC por su facilidad de instalación, economía y duración; teniendo la certeza de que con estos proyectos la población continúe con su proceso de desarrollo y mejore su calidad de vida.

OBJETIVOS

- **General**

Diseñar el pavimento rígido de una de las calles principales del municipio y drenaje sanitario para la aldea Las joyas – cruce la esperanza, proyectos ubicados en el municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

- **Específicos**

1. Desarrollar un diagnóstico de las necesidades de servicios básicos e infraestructura existentes en el municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.
2. Contribuir, por medio del diseño de proyectos de infraestructura, al desarrollo y crecimiento del municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

INTRODUCCIÓN

El municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa se ha caracterizado en los últimos años por el aumento de la población de sus alrededores, habiendo una calle que antes era utilizada como entrada principal al municipio, ha sido habilitada recientemente, el acceso es por medio de la carretera CA-2, que conduce a la ciudad capital, además de comunicar a las colonias vecinas tal es el caso de Las ilusiones, Pantaleoncito, Adelina, Vista Linda y Cañaverales; en donde circulan todo tipo de vehículos como: buses, camiones cañeros de ingenios vecinos y transporte liviano como automóviles y microbuses. La calle que es de terracería, se encuentra completamente deteriorada a causa del invierno, presentando baches que hacen dificultosa la circulación de vehículos, afectando a los vecinos del lugar al moverse, actualmente recibe mantenimiento, lo cual no garantiza su durabilidad.

Teniendo la certeza que en los últimos años los seres humanos se han visto en la necesidad de crear conciencia acerca del cuidado de los recursos naturales de la tierra, juegan un papel importante los métodos y sistemas adecuados para la evacuación de los desechos provenientes de viviendas, comercios e industrias, evitando de este modo el daño al medio ambiente, ya que es de beneficio a los habitantes de las poblaciones a servir y para las circunvecinas. Por medio de los principios que dicta la Ingeniería Sanitaria, respecto a la evacuación de desechos, se han ensayado varios métodos para llevar a cabo su eliminación en poblaciones; demostrando que el agua puede ser utilizada como medio de transporte de dichos desechos, siendo este método más ventajoso, exceptuándolo en casos particulares.

Por lo anteriormente mencionado, se determinó la necesidad de diseñar el pavimento rígido de la antigua entrada a la ciudad de Santa Lucía Cotzumalguapa e implementar un sistema de drenaje sanitario en la aldea Las joyas, con la intención de mejorar las condiciones de vida y saneamiento de los habitantes del lugar y, así, eliminar los malos olores, aguas negras a flor de tierra, enfermedades, contaminación, etc. y contribuir, también, con el medio ambiente.

1. MONOGRAFÍA DE SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA

1.1 Generalidades

1.1.1 Aspectos históricos

La palabra Cotzumalguapa es de origen Cakchiquel, que significa Cohay, Tsumalk: “ubre” y Wakex: “ganado”, o “lugar donde abunda el ganado de buena ubre y también “lugar de las comadreas”. Las palabras Santa Lucía, son de origen español, por lo que el municipio, fue bautizado con el nombre de Santa Lucía Cotzumalguapa.

Existen diversas opciones, respecto al origen de las civilizaciones que poblaron la región de Santa Lucía Cotzumalguapa; sin embargo, la más generalizada, es la situada entre los siglos IX y X después de Cristo y su procedencia debe buscarse entre los pueblos Nahúas. Según datos recopilados, la tribu Tolteca Pipil se asentó en la llamada Costa Grande del país y se considera que fue la primera en habitar Santa Lucía Cotzumalguapa. El Imperio Tolteca, que en los siglos XI y XII se encontraba en el centro de México, se desintegró y emigró a la ciudad religiosa de Tula en el Estado de Hidalgo. Las tribus toltecas emigraron por el norte, occidente y sur del país a tierra centroamericana. Fue así como se establecieron en Guatemala las tribus toltecas y se denominaron de la siguiente manera:

- Quichés
- Cakchiqueles
- Tzutuhiles
- Pipiles

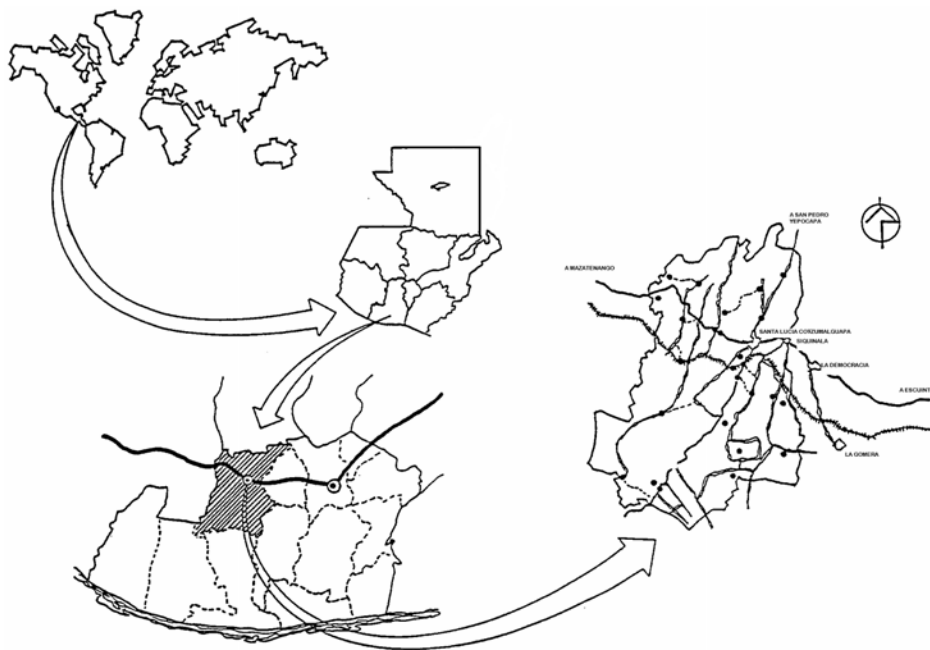
1.1.2 Límites y localización

El municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa se encuentra ubicado en el departamento de Escuintla, a 90 kilómetros de la ciudad capital, al sur occidente del país, siendo éste el municipio más importante del departamento por su indiscutible liderazgo industrial, comercial, agrícola y ganadero.

Sus colindancias son:

- Al norte con San Pedro Yepocapa (Chimaltenango)
- Al sur con La Gomera y Nueva Concepción (Escuintla)
- Al este con La Democracia, Siquinalá y Escuintla (Escuintla)
- Al oeste con Nueva Concepción (Escuintla) y Patulul (Suchitepéquez)

Figura 1. Ubicación del municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa



Ubicación de Santa Lucía Cotzumalguapa dentro del contexto mundial

1.1.3 Accesos y comunicaciones

La ciudad de Santa Lucía Cotzumalguapa, que está localizada a una distancia de 90 Km. de la ciudad capital y a 34 Km. de la cabecera departamental de Escuintla, se comunica a través de la Carretera Internacional del Pacífico, ruta CA-2, totalmente asfaltada.

1.1.4 Topografía e hidrografía

El municipio es plano en un 80%, en los extremos norte y noreste registra algunas elevaciones. Los principales ríos son Mapán, Cristóbal, Limones, Agüero, Petayá, Coyolate y Pantaleón.

1.1.5 Aspecto climático

Éste se caracteriza por tener un clima muy caluroso y lluvioso, propio de las tierras bajas costeras del Océano Pacífico. Ocupa una extensión territorial de 432 Km. y se encuentra a 356 metros sobre el nivel del mar. Su clima es cálido en la parte más baja del municipio y en la meseta superior es ligeramente templado. Su temperatura mínima varía 17°C a 20°C y la máxima de 28°C a 32°C. La evaporación de la humedad es aproximadamente de un 50% de la lluvia que cae; teniendo 150 días de lluvia al año, según el INSIVUMEH.

1.1.6 Actividades económicas

Tanto por la fertilidad de su suelo como por sus favorables condiciones naturales, este municipio cuenta con tres fuentes de producción igualmente importantes: agricultura, ganadería e industria. Su producción agrícola es variable y abundante cuyos principales cultivos son: la caña de azúcar, maíz,

café, plátano, banano, forrajes, así como frutas tropicales de toda clase y de buena calidad como: la papaya, piña, coco, naranja, mango, melón, sandía, jocote marañón, limón, chico zapote, guanaba y otros. En la actualidad el mayor cultivo es la caña de azúcar, cuya producción se da en gran escala y sirve para proveer a los ingenios azucareros de la región. La explotación de maderas finas para la construcción también es realizada, como ejemplo: Caoba, Cedro, Palo Blanco, Conacaste, Chichicaste, etc.. También existen grandes haciendas de ganado bovino, porcino y aves de corral de alto rendimiento, cuya producción se da a gran escala, tanto de leche como de carne, la cual abastece al municipio y al mercado de exportación.

Esta ciudad cuenta con oficinas de correos, telégrafos, y Telecomunicaciones de Guatemala, TELGUA. Existen gran cantidad de centros comerciales, los cuales generan empleos y se promueve la venta del producto luciano, entre éstos se encuentran las fabricas de licores, de aceite de citronela y té de limón, hielo, velas, jabones, etc... El municipio cuenta con instalaciones para agua potable, energía eléctrica, drenajes, institutos, escuelas, academias, centros de salud, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS), mercados municipales e hipódromo municipal, parques, cines, supermercados y otros.

1.1.7 Población

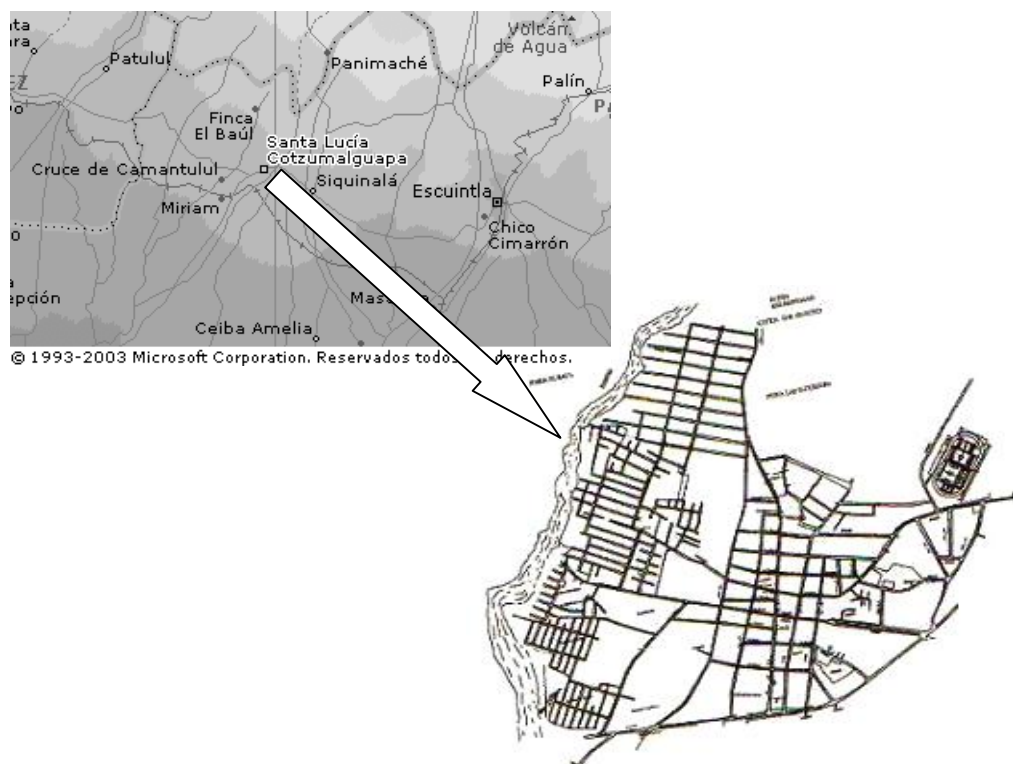
Tomando en consideración la estadística como resultado de los censos, se estima que la población luciana está distribuida de la siguiente manera:

En el área urbana: 70,000 habitantes y en área rural 50,000., del total, se calcula que hay un 28% de población indígena, (33,000 personas aproximadamente) especialmente conformado por quienes han emigrado desde

el altiplano como trabajadores temporales, quienes se han ido estableciendo poco a poco en el municipio.

La cabecera municipal de Santa Lucía Cotzumalguapa fue elevada a la categoría de ciudad el 31 de julio de 1972, su jurisdicción municipal comprende a las siguientes aldeas: La Libertad, El Bilbao, Pantaleoncito, Las Delicias, Brisas del Río, Sultanita I, Sultanita II, Paraíso I, Paraíso II, El Manantial, La Lulianita, La Adelina, Vista Linda I, Vista Linda II, La Joyita, Obregón, Los Olivos, El relicario, Jordania, Santiaguito, El Progreso, El Triunfo, Buenos Aires y 8 de Febrero. El analfabetismo en la región se estima globalmente en un 65% y la población económicamente activa es del orden del 38%.

Figura 2. Ubicación de la ciudad de Santa Lucía Cotzumalguapa



Fuente: Enciclopedia Encarta y Municipalidad de Santa Lucía Cotzumalguapa

1.2 Principales necesidades del municipio

1.2.1 Vías de acceso

El municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa cuenta con varias vías de acceso como lo es la carretera CA-2, proveniente de la ciudad capital; la autopista CA-2D, que es la circunvalación de la carretera CA-2, pero una de las necesidades que se detectó en el municipio es el estado de las vías de acceso a la ciudad.

Actualmente la carretera se encuentra en malas condiciones para el ingreso de vehículos a la ciudad, debido a ello se planificará la habilitación de esta calle como otra alternativa de entrada para la ciudad.

También será de beneficio para colonias vecinas a la ciudad, ya que utilizan la calle para ingreso, evitando con esto el lodo que es común en calles no pavimentadas, en donde es más difícil la circulación de vehículos, cabe mencionar que la precipitación pluvial en esta región es bastante alta, por eso también se tiene contemplado proponer los drenajes menores en vías pavimentadas, que conjuntamente con la pavimentación serán de beneficio para el municipio.

1.2.2 Contaminación por aguas negras

Actualmente la aldea Las Joyas cruce a la Esperanza no cuenta con un sistema colectivo de evacuación de las aguas servidas; teniendo cada vivienda que disponer de las aguas residuales a flor de tierra; de tal manera que la mayoría de los habitantes la depositan superficialmente en los patios de sus viviendas, formando zanjas y charcos de agua contaminada; lo cual contribuye

a la proliferación de enfermedades de tipo gastrointestinal; también cabe mencionar que es un foco de enfermedades epidémicas y contamina el entorno ambiental. Por lo tanto las principales necesidades de la población de Santa Lucía Cotzumalguapa son: el reacondicionamiento de las vías de acceso y alcantarillado sanitario.

2. DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA ANTIGUA ENTRADA A LA CIUDAD DE SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA

2.1. Descripción del proyecto a desarrollar

En el presente capítulo se desarrollará el proyecto de pavimentación rígida para una calle importante en Santa Lucía Cotzumalguapa, en lo referente a los aspectos relacionados con pavimentos, se describirán las propiedades del suelo y el método de diseño de espesor de losa, para pavimento rígido y una explicación de pavimento flexible.

2.2. Documentación bibliográfica

2.2.1. Definición de pavimentos

Es una estructura cuya función fundamental, es distribuir suficientemente las cargas concentradas de las ruedas de los vehículos, de manera que el suelo subyacente pueda soportarlas sin falla o deformación excesiva. Las condiciones que debe reunir un pavimento son una superficie lisa, no resbaladiza, que resista la intemperie y finalmente debe proteger al suelo de la pérdida de sus propiedades, por efecto del sol, las lluvias y el frío.

2.2.2. Tipos de pavimentos

Atendiendo a la forma de cómo se distribuyen las cargas sobre la sub-rasante, se definen dos tipos de pavimento; los pavimentos rígidos, que están formados por losas de concreto, los que debido a su consistencia y alto módulo de elasticidad, utilizan la acción de viga para distribuir la carga en un área de suelo relativamente grande. En este tipo de pavimento, la mayor parte de capacidad estructural, es proporcionada por la losa de concreto. Además existen los pavimentos flexibles, los que están constituidos por asfaltos y en los cuales, la carpeta de rodadura produce una mínima distribución de cargas, las cuales se distribuyen por el contacto de partícula a partícula, en todo el espesor del pavimento.

Además de esta clasificación, existe el pavimento de adoquín, que por la forma de cómo se distribuyen las cargas en las capas inferiores a la superficie de rodadura, se le considera un pavimento semiflexible.

2.2.3. Elementos estructurales de pavimentos

Sub-rasante

Es la capa de terreno de una carretera, que soporta la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad, en que no le afecte la carga de diseño que corresponde a la estructura prevista.

Los materiales que forman la sub-rasante deberán cumplir con ciertos requisitos para producir un pavimento de buena calidad; dichos requisitos

dependen de las propiedades de los materiales que se determinan por ensayos debidamente normalizados, por la *American Society for Testing Materials A.S.T.M.* y por la *American Association of State Highways Officials A.A.S.H.O.*

Los siguientes requisitos deben cumplirse en una profundidad de al menos cincuenta centímetros para calles y carreteras.

Tabla I. Propiedades y requisitos ideales para suelo ensayado

PROPIEDAD	REQUISITO
Tamaño máximo de partícula	7.5 cm.
Límite líquido	Mayor del 50%
C.B.R.	5% Mínimo
Expansión	5% Máximo
Compactación	95% Mínimo

Los suelos que no cumplan con estas condiciones, deberán ser sustituidos por un material adecuado o bien ser estabilizados.

Sub-base

Es la primera capa del pavimento y está constituida por una capa de material selecto o estabilizado, de un espesor compactado, según las condiciones y características de los suelos existentes en la sub-rasante, pero en ningún caso menor de 10 centímetros ni mayor de 70 centímetros. Las principales funciones de la sub-base son:

- a) Transmitir y distribuir las cargas provenientes de la base.

- b) Servir de material de transición entre la terracería y la base, así también como elemento aislador; previniendo la contaminación de la base, cuando la terracería contenga materiales muy plásticos.
- c) Romper la capilaridad de la terracería y drenar el agua proveniente de la base, hacia las cunetas. Es importante que la sub-base y la base en su sección transversal, sean interceptadas por las cunetas, para que éstas drenen fácilmente el agua que aquellas eliminan.

Requisitos de la sub-base

La capa de sub-base, debe estar constituida por suelos de tipo granular en su estado natural o mezclados, que formen y produzcan un material que llene los siguientes requisitos:

- a) Valor Soporte: El material debe tener un C.B.R., AASHTO T-193, mínimo de 30, efectuado sobre una muestra saturada a 95% de compactación, AASHTO T-180, o bien un valor AASHTO T-90 mayor de 50.
- b) Piedras Grandes y Exceso de Finos: El tamaño máximo de las piedras que contengan material de Sub-base, no debe exceder de 7 centímetros, el material de sub-base no debe tener más del 50% en peso de partículas, que pasen el tamiz No 200 (0.075 mm.).
- c) Plasticidad y Cohesión: Debe tener las características siguientes: la porción que pasa el tamiz No. 40 (0.425 Mm.), no debe tener un índice de plasticidad AASHTO T-90, mayor de 6. En el límite líquido, AASHTO T-89, mayor de 25, determinados ambos, sobre muestra preparada en húmedo, AASHTO T-146.

Cuando las disposiciones especiales lo indiquen expresamente, el índice de plasticidad puede ser más alto, pero en ningún caso mayor de 8.

Sub-base estabilizada

Es la capa de sub-base preparada y construida, aplicando la técnica de la estabilización de suelos, para mejorar sus características de fricción interna y cohesión, por medio del uso de materiales o productos estabilizadores.

Los suelos a estabilizar pueden ser los existentes en la sub-rasante previamente preparada y reacondicionada, suelos seleccionados de bancos de material, ya sea en su estado natural, mezclando varios de ellos, o en combinación con los suelos de la sub-rasante. Los suelos a estabilizar no deben de contener piedras mayores de 5 centímetros, materias vegetales, basura, terrones de arcilla o sustancias que incorporadas en la sub-base estabilizada puedan perjudicar la estructura del pavimento.

Dentro de los materiales estabilizadores se puede encontrar: la cal hidratada, lechada de cal, granza de cal, cal viva, cemento Pórtland y materiales bituminosos, aunque pueden establecerse disposiciones especiales, otros productos estabilizadores como: el uso del cloruro de calcio y sodio.

Base

Es la capa de material selecto que se coloca encima de la sub-base o sub-rasante, donde el espesor debe estar entre 35 centímetros máximo y 10 centímetros mínimo, dentro de sus principales funciones y características están las siguientes:

- a) Transmitir y distribuir las cargas provenientes de la superficie de rodadura.
- b) Servir de material de transición entre la sub-base y la carpeta de rodadura.
- c) Drenar el agua que se filtre a través de las carpetas y hombros, hacia las cunetas.
- d) Ser resistente a los cambios de temperatura, humedad y desintegración por abrasión producidas por el tránsito.

La base se encuentra conformada por materiales granulares como: piedra triturada, arenas, grava o suelos estabilizados.

Los materiales empleados para la construcción de bases de pavimentos de carreteras deben llenar los siguientes requisitos:

- a) Tener un C.B.R de 90% a una compactación mínima del 95%.
- b) El agregado retenido en la malla número 4 no debe tener un desgaste mayor del 50%.
- c) Tener un límite líquido menor de 25 y un índice de plasticidad menor de 6.

La compactación de la base deberá ser minuciosamente atendida, pues se puede correr el riesgo de fallas en la carretera por una compactación inadecuada de la base y sobre todo cuando se emplean materiales difíciles de compactar.

La obtención del material de base, se lleva a cabo generalmente de la grava de río o de antiguos depósitos de gravas de río, que pueden triturarse para llenar las especificaciones.

Cuando el material mencionado no puede encontrarse dentro de los límites económicos, entonces se recurre a usar roca sólida, para lo cual es necesario abrir una cantera, triturar el material y generalmente añadir un material de relleno apropiado para satisfacer los requisitos de graduación.

Superficie de rodadura

Es la capa sobre la cual se aplican directamente las cargas del tránsito; se coloca encima de la base y está formada por una mezcla bituminosa, si el pavimento es flexible; por una losa de concreto de cemento Pórtland, si es pavimento rígido o por adoquines, si es un pavimento semiflexible.

Esta capa protege a las capas inferiores de los efectos del sol, las lluvias y las heladas, además resiste con un desgaste mínimo, los esfuerzos producidos por el tránsito.

2.2.4 Pavimentos flexibles

Los materiales bituminosos empleados en la construcción de pavimentos, son el asfalto y el alquitrán. En estos pavimentos las cargas del tránsito se distribuyen a través de las diferentes capas, en tal forma que los esfuerzos en el suelo de la sub-rasante sean los mínimos aceptables. A continuación se definen los distintos materiales bituminosos que se emplean en la construcción y mantenimiento de pavimentos flexibles.

Asfaltos

Los asfaltos se obtienen de la destilación del petróleo crudo, la destilación puede hacerse por vapor y por aire.

La destilación por vapor da excelentes asfaltos para pavimentos, mientras que la destilación por aire da asfaltos oxidados.

Los principales asfaltos empleados en la construcción o mantenimiento de carreteras son los siguientes:

Asfaltos líquidos de fraguado lento (S.C.) o Road Oils

Estos son aceites residuales asfálticos con poco o ningún elemento volátil; pueden ser fabricados de la mezcla de un cemento asfáltico con un aceite residual, variando sus propiedades desde un material de características ligantes pobres, hasta un material viscoso de excelentes características. Para su uso en trabajos de carretera, estos asfaltos deben de llenar las especificaciones dadas por el Instituto de Asfalto de los Estados Unidos de Norte América.

Asfaltos líquidos de fraguado medio (M.C.)

Estos se obtienen de la mezcla de un cemento asfáltico con un producto altamente volátil, en este caso con kerosina. Estos tipos de asfaltos se trabajan fácilmente a bajas temperaturas, evaporándose el volátil al ser expuestos al aire o al calor. Para su fabricación se emplean cementos asfálticos de mayor penetración que en los de fraguado lento y para utilizarlos en las carreteras deben llenar las especificaciones dadas por el Instituto de Asfalto.

2.2.5 Pavimentos rígidos

Los factores que afectan al espesor de un pavimento rígido, son principalmente el nivel de carga que ha de soportar, (tipo de vehículos y número), el módulo de reacción del suelo de apoyo y las propiedades mecánicas del concreto.

Los pavimentos rígidos están constituidos generalmente por las dos capas siguientes:

Base

Es una capa relativamente delgada de materiales seleccionados o especificados de un espesor prescrito, colocado entre la sub-rasante y el pavimento rígido para los propósitos de mejorar el drenaje, reducir los daños por las heladas, prevenir el bombeo del pavimento o controlar la humedad del suelo para sub-rasante de altos cambios volumétricos.

Losa

Es una capa de concreto hidráulico la cual constituye el elemento fundamental del pavimento. Por naturaleza del concreto hidráulico es necesario interrumpir la continuidad del pavimento por medio de juntas, cuyo espaciamiento es un punto muy importante para el diseño de los pavimentos rígidos. Las juntas sirven para disminuir los esfuerzos provocados por la dilatación y contracción de la losa.

2.2.6 Maquinaria utilizada en movimiento de tierras y compactación de suelos

Maquinaria para movimiento de tierras

Moto niveladora

La moto niveladora como su nombre lo indica se utiliza para la nivelación del terreno antes de la compactación del suelo. En la actualidad este formato es el Standard del mercado y John Deere con la serie C sigue siendo el modelo Standard por el cual se rigen las marcas como Caterpillar, Case y otras.

La moto niveladora ofrece tres configuraciones básicas. Dependiendo el tipo de trabajo que realice, se puede escoger entre caballaje fijo, caballaje variable o con su tracción frontal. Con la articulación, radio de giro y eficiencia de combustible se cumple el objetivo de hacer un movimiento de tierras más eficiente.

Figura 3. Moto niveladora John Deere



Fuente: Compañía Guatemalteca de Maquinaria, COGUMA

Dumpers

Los dumpers de permiten una forma eficiente y económica de mover material adentro de su sitio de trabajo. Este equipo esta destinado a movilizar miles de metros cúbicos de material en el transcurso de la obra, ahorrando dinero por su economía de operación. Su radio de giro cerrado permite que estas máquinas trabajen en lugares confinados con perfecta confianza.

Figura 4. Dumper



Fuente: Compañía Guatemalteca de Maquinaria, COGUMA

Maquinaria y equipo en compactación de suelos

La selección correcta de equipos para la compactación de suelos

Cuáles son los factores que influyen sobre la compra y las aplicaciones de equipos de compactación? Estas preguntas no siempre suelen ser contestadas con facilidad, al decidir sobre un equipo de compactación, se deberá definir, ante todo, desde el inicio, si el equipo va a ser utilizado predominantemente para suelos granulares (no cohesivos) o suelos cohesivos.

Suelos no cohesivos

Los suelos no cohesivos (granulares) se dejan compactar de mejor forma y lo más económicamente posible por medio de la vibración. La vibración (compactación dinámica) reduce la fricción entre las partículas individuales del suelo, permitiendo simultáneamente una redistribución de éstas mismas partículas. Gracias a la vibración se logran reducir los volúmenes de poros (espacios vacíos) y las inclusiones de agua y aire son desplazadas hacia la superficie, obteniéndose paralelamente una mayor densidad seca del material de suelo. Dado que la vibración aumenta el efecto de la compactación en la profundidad es posible especificar capas de mayor profundidad, contribuyéndose con ello a una compactación más efectiva y económica. En general, y gracias a su intensivo efecto de compactación, **planchas vibratoras** se utilizan para lograr óptimos resultados en la compactación de **suelos no cohesivos**.

Figura 5. Plancha vibradora Wacker



Fuente: Compañía Guatemalteca de Maquinaria, COGUMA

Adicionalmente, se deberán considerar los excelentes resultados en la compactación, la alta producción, el alto grado de confiabilidad y los costos resultantes relativamente bajos, de esta clase de equipos. Para la compactación de grandes superficies con suelos granulares (no cohesivos) se utilizan en general **rodillos vibratorios**.

Figura 6. Rodillos vibratorios Wacker



Fuente: Compañía Guatemalteca de Maquinaria, COGUMA

Suelos cohesivos

Para llevar a cabo en forma correcta y efectiva la compactación de un suelo cohesivo es necesario que el material sea amasado y, a la par, presionado o golpeado en forma vigorosa.

En suelos cohesivos la acción de la fuerza de impacto de un **vibroapisonador** reduce a un mínimo la adhesión (cementación) entre las partículas individuales (cohesión real). Adicionalmente es reducida la fricción entre partículas. Las inclusiones de aire y/o agua son desplazadas en dirección de la superficie. De esta manera se obtiene una compacidad mayor.

Una elevada altura de salto del pistón de un vibroapisonador es deseable, ya que de esta forma es posible obtener un alto trabajo de impacto por golpe como también para garantizar un mejor avance del equipo. La alta secuencia de golpes dentro del orden de 500 a 800 golpes por minuto hace que las partículas giren, oscilen y vibren y se mantengan en constante movimiento, lo que es una gran ventaja durante la compactación de suelos tanto cohesivos como también no cohesivos (granulares).

Figura 7. Vibroapisonador Wacker



Fuente: Compañía Guatemalteca de Maquinaria, COGUMA

Compactadora

Los rodos representan una económica y eficiente solución para los trabajos de compactación. Para satisfacer las aplicaciones exigentes donde se requiere superior gradeabilidad, los rodos están diseñados para dar superior tracción en los momentos más difíciles.

Figura 8. Rodo compactador, Ingersoll-Rand



Fuente: Compañía Guatemalteca de Maquinaria, COGUMA

2.2.7 Maquinaria utilizada en pavimentación

Concreteras

En la actualidad se han inventado y desarrollado las autoconcreteras autocargables. Se han desarrollado con el fin de producir concreto de alta calidad a bajo costo, ya que con el transporte inmediato en la obra se evitará que las propiedades ideales del concreto a la hora de la fundición no se pierdan.

Figura 9. Autoconcretera Carmix



Fuente: Compañía Guatemalteca de Maquinaria, COGUMA

También se cuenta con concreteteras de trabajo liviano, con capacidad de 1-1.5 sacos. Estas concreteteras son ideales para la obra pequeña. Sus cualidades les permite ser jaladas por carro sin dañar sus llantas y su chasis en delta les otorga mayor estabilidad y rigidez alargando su vida útil.

Figura 10. Concretetera liviana



Fuente: Compañía Guatemalteca de Maquinaria, COGUMA

Pavimentadoras

Existe una amplia gama de pavimentadoras sobre ruedas y sobre orugas. Cual sea su trabajo, desde un lote pequeño hasta una carretera de muchos kilómetros se encontrará la máquina que mejor se adapte a las necesidades que la obra requiera, las pavimentadoras las hay en varios tamaños maquinaria que es importante tomarla en cuenta en obras de infraestructura vial, pues lo que se pretende es tener la mejor calidad que permita hacer un trabajo superior a un costo menor.

Figura 11. Pavimentadora sobre ruedas

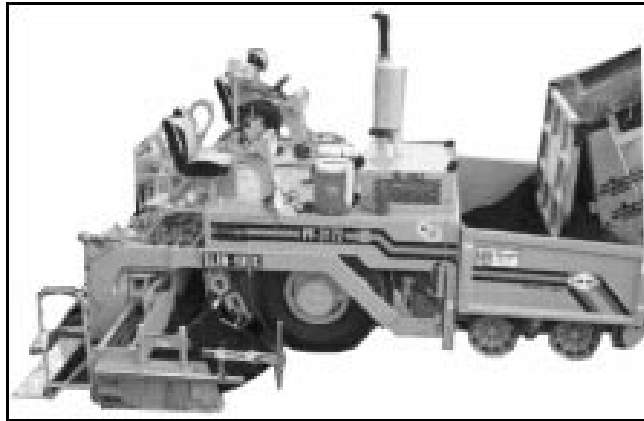


Figura 12. Pavimentadora de oruga



Fuente: Compañía Guatemalteca de Maquinaria, COGUMA

Cortadora de concreto. La cortadora de concreto es utilizada después de la fundición del pavimento, donde el objetivo es hacer las juntas de dilatación transversal y longitudinal, y evitar que el concreto se agriete antes de los 28 días que es donde alcanza su resistencia máxima.

Figura 13. Cortadora de concreto



Fuente: Compañía Guatemalteca de Maquinaria, COGUMA

2.3 Ensayos de laboratorio de suelos

2.3.1 Ensayo de granulometría

El conocimiento de la composición granulométrica de un suelo grueso, sirve para discernir sobre la influencia que puede tener en la densidad del material compactado.

El análisis granulométrico, se refiere a la determinación de la cantidad en porcentaje de diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo. Conocidas las composiciones granulométricas del material, se le representa gráficamente. Según los resultados obtenidos en el laboratorio, el suelo posee un 46.6% de arena, 45.8% de grava y 7.6% de finos. El suelo se clasifica como: **arena limosa con grava color café oscuro.**

2.3.2 Límites de Atterberg

2.3.2.1 Límite líquido

Es el contenido de humedad expresado en porcentaje, respecto del peso seco de la muestra con el cual el suelo cambia del estado líquido, al estado plástico. El método que actualmente se utiliza para determinar el límite líquido, es el que ideó Casagrande. El límite líquido debe determinarse, con muestras del suelo que hayan cruzado la malla número 40, si el espécimen es arcilloso, es preciso que nunca haya sido secado a humedades menores que su límite plástico.

2.3.2.2 Límite plástico

Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje de su peso secado al horno, que tiene el material cuando permite su arrollamiento en tiras de 1/8 de pulgada sin romperse. Según los ensayos de laboratorio el suelo posee baja plasticidad.

2.3.2.3 Índice plástico

Representa la variación de humedad que puede tener un suelo, que se conserva en estado plástico. Tanto el límite líquido, como el límite plástico, dependen de la calidad y del tipo de arcilla; sin embargo, el índice de plasticidad, depende generalmente, de la cantidad de arcilla del suelo.

Según Atterberg:

Índice plástico = 0 entonces, suelo no plástico;

Índice plástico = 7 entonces, suelo tiene baja plasticidad

$7 \leq I.P. \leq 17$ suelo medianamente plástico

Dado que el índice plástico, es de 6.2 según el laboratorio, el suelo se encuentra clasificado de baja plasticidad.

2.3.3 Ensayo de compactación o Proctor modificado

La prueba de Proctor Modificado según la norma A.A.S.T.H.O. T-180, se refiere a la determinación del peso por unidad de volumen, de un suelo que ha sido compactado por un procedimiento definido, para diferentes contenidos de humedad.

Los resultados indican que posee un densidad seca máxima de 2.001 t/m³, humedad óptima de 10.3%. La humedad que contenga el suelo, representa la cantidad de agua necesaria para que el suelo pueda alcanzar el grado máximo de resistencia y acomodo de sus partículas.

2.3.4 Ensayo de valor soporte (C.B.R.)

El ensayo de razón soporte California (C.B.R.), se expresa como un porcentaje del esfuerzo requerido para hacer penetrar un pistón en el suelo que se ensaya, en relación con el esfuerzo requerido para hacer penetrar el mismo pistón hasta la misma profundidad de una muestra, patrón de piedra triturada bien graduada.

Para determinar el C.B.R. se toma como material de comparación o patrón piedra triturada bien graduada, que tiene un C.B.R. igual al 100%.

Los resultados de laboratorio demuestran que la sub-rasante tiene un valor soporte del 100.2%, clasificando al suelo de apto para base con una estabilización mínima.

2.3.5 Análisis de resultados

Los resultados obtenidos, de los ensayos realizados a la muestra representativa, así como las gráficas, pueden observarse en los anexos. De estos resultados dependen los espesores de las diferentes capas que conforman el pavimento.

Se cuenta entonces, en éste caso, con un material con las siguientes características:

Clasificación P.R.A. = A – 2 – 5

Descripción del suelo = Arena limosa con grava color café oscuro

Límite líquido = 41.4 %

Índice plástico = 6.2 %

Peso unitario seco máximo = 124 lbs / pie³

Humedad óptima = 10.3 %

C.B.R. = al 92.33 % de compactación de 18.3%

2.4 Diseño de pavimento rígido

2.4.1 Trabajos previos al dimensionamiento de un pavimento

Inicialmente se hizo el levantamiento topográfico en el tramo que se tiene planificado pavimentar, se utilizó el método de poligonal abierta y radiaciones. La poligonal fue nivelada con estaciones de múltiplos de 20 metros.

Seguidamente, se dibujaron los niveles de línea central, una vez trazado el perfil longitudinal, se procedió al diseño de la rasante final, tomando en consideración las especificaciones y criterios de diseño.

2.4.2 Topografía

La planimetría y altimetría son fundamentales en todo proyecto de ingeniería civil, tales como: proyectos viales, abastecimientos de agua potable, drenajes, construcción, etc. El fin de esto, es obtener libretas de campo, que posteriormente reflejaran las condiciones topográficas del lugar, donde se ejecutará el proyecto.

2.4.2.1 Planimetría

Conjunto de trabajos, para la obtención de todos los datos, necesarios para representar gráficamente la superficie de la tierra y que toma un punto de referencia para su orientación, el norte magnético o astronómico. El método planimétrico utilizado en el tramo a pavimentar, fue la conservación de azimut para la línea central y radiaciones para el ploteo de puntos que sirvieran de referencia para el trazo del ancho de calle.

2.4.2.2 Altimetría

Son los trabajos necesarios para representar sobre el plano horizontal la tercera dimensión sobre el terreno, definiendo las diferencias de nivel existentes, entre puntos de un terreno o construcción, para ello es necesario medir distancias verticales ya sea directa o indirectamente, a todo este procedimiento se le llama nivelación.

2.4.3 Teoría de diseño de pavimentos rígidos

Para el diseño del pavimento, ya sea flexible o rígido, conviene tomar en cuenta la mejor opción. Para esto es necesario conocer las ventajas que cada uno ofrece dependiendo del tránsito, condición del suelo, mantenimiento y costo.

Entre los pavimentos comunes en el lugar está el pavimento de adoquín, rígido y flexible. Para escoger una de las tres opciones se consideró la alternativa más propicia al lugar. Los aspectos a considerar son:

- el tránsito en el lugar
- lo que representa el lugar a pavimentar
- si hay viviendas en el lugar a pavimentar

2.4.4 Diseño de pavimento rígido, método simplificado PCA

Para el diseño del pavimento rígido se utilizó el método simplificado de la PCA, en donde se ha elaborado tablas basadas en distribuciones de carga – eje para diferentes categorías de calles y carreteras. Estas tablas están formuladas para un período de diseño de 20 años y contemplan un factor de seguridad de carga. Este factor es de 1, 1.1, 1.2 y 1.3 para las categorías 1,2,3 y 4, respectivamente.

Para determinar el espesor de la losa es necesario conocer los esfuerzos combinados de la sub-rasante y la base, ya que mejoran la estructura del pavimento.

Valores aproximados del módulo de reacción K, cuando se usan bases granulares y bases de suelo – cemento, se muestran en las tablas siguientes.

Etapas o pasos del método simplificado:

- estimar TPDC (tránsito promedio diario de camiones) en dos direcciones, excluyendo camiones de dos ejes y cuatro llantas
- seleccionar la categoría de carga – eje, según su tabla correspondiente
- encontrar el espesor de losa en la tabla apropiada

Tras conocer el CBR de la sub-rasante se busca su correspondiente módulo de reacción K en la tabla correspondiente. Luego se determinará el espesor de base de acuerdo al tipo de suelo y el módulo de ruptura del concreto, que es el 15% f_c . Con la información anterior y conociendo el tipo de junta a utilizar, se localiza el espesor de la losa en la tabla correspondiente.

a) Tránsito

El principal factor en la determinación del espesor de un pavimento es el tránsito que pasará sobre éste. Por eso es necesario conocer datos como:

- TPD: tránsito promedio diario en ambas direcciones de todos los vehículos
- TPDC: tránsito promedio diario de camiones en ambas direcciones, carga por eje de camiones

El TPDC puede ser expresado como un porcentaje de TPD o como un valor aparte. El dato del TPD se obtiene de contadores especiales de tránsito o por cualquier otro método de conteo.

Las tablas del método simplificado están especificadas para un período de diseño de 20 años con su respectivo tránsito promedio de camiones en ambas direcciones. Si el período de diseño fuera diferente de 20 años se multiplica el TPDC por un factor adecuado. Por ejemplo, si fueran 25 años, entonces se multiplica por $25/30$.

El TPDC solo excluye camiones de seis llantas y unidades simples o combinaciones de tres ejes o más. Como no se incluyen paneles, pick – ups, o algún otro camión de dos ejes y cuatro llantas, el número permisible de camiones de todo tipo tiene que ser mayor que el TPDC tabulado para calles y carreteras secundarias.

b) Cálculo de espesor del pavimento

Para el calculo del espesor del pavimento lo primero que se cálculo fue el tránsito promedio diario en ambas direcciones (TPD). Este dato se estableció tomando en cuenta lo que representa el lugar a diseñar, para el tramo a pavimentar se tomó como parámetro la entrada que actualmente se utiliza donde se consideraron mas de 1,000 vehículos diarios para 20 años, de los cuales se tomó un porcentaje del 15% del TPDC en ambas direcciones. Según lo mencionado anteriormente, se clasifica en la categoría número 2 de la siguiente tabla.

Tabla II. Clasificación de vehículos, según su categoría

Categoría	Descripción	Tráfico			Máxima carga por eje, KIPS	
		TPD	TPDC		Sencillo	Tandem
			%	por día		
1	Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (bajo a medio)	200 a 800	1 a 3	arriba de 25	22	36
2	Calles colectoras, carreteras rurales y secundarias (altas), carreteras primarias y calles arteriales (bajo)	700 a 5000	5 a 18	de 40 a 1000	26	44
3	Calles arteriales y carreteras primarias (medio) supercarreteras o interestatales urbanas y rurales (bajo a medio)	3000 a 12000 para 2 carriles, 3000 a 5000 para 4 carriles o más	8 a 30	de 500 a 5000	30	52
4	Calles arteriales, carreteras primarias, supercarreteras (altas) interestatales urbanas y rurales (medio a alto)	3000 a 20000 para 2 carriles, 3000 a 15000 para 4 carriles o más	8 a 30	de 1500 a 8000	34	60

Una vez conocida la categoría a la que pertenece se encuentra el módulo de reacción K. Este valor se establece por medio del CBR del laboratorio, en este caso, es de 18.3 %. Según la siguiente figura:

[illegible]

Identificado el módulo de reacción K, se clasifica la sub-rasante según la siguiente tabla.

Tabla III. Tipos de suelos de sub-rasante y valores aproximados de K

Tipos de suelo	Soporte	Rango de valores de K Lbs / pulg³
Suelos de grano fino en el cual el tamaño de partículas de limo y arcilla predominan	Bajo	75 - 120
Arenas y mezclas de arenas con grava, con una cantidad considerable de limo y arcilla	Medio	130 - 170
Arenas y mezclas de arenas con grava, relativamente libre de finos	Alto	180 - 220
Sub-bases tratadas con cemento	Muy alto	250 - 400

Como el suelo de sub-rasante tiene un soporte alto, se asume un espesor de base de 5 cms. Se calcula el módulo de ruptura del concreto tomando un porcentaje de la resistencia a compresión, la cual es del 15% f'_c ; el f'_c tiene un valor de 4000 psi y el módulo de ruptura es de 600 psi.

Para poder encontrar el espesor se necesita definir el tipo de junta a utilizar, se utilizan juntas de trave por agregados con bordillo integrado. Según la siguiente tabla el espesor del pavimento está entre 5.5" y 6". Se consideró el mayor de los espesores, el cual es de 6".

Tabla IV. Pavimento con juntas con agregados de trave

MR	Espesor de losa Pulg.	Sin hombros de concreto o bordillo				Espesor de losa Pulg.	Con hombros de concreto o bordillo			
		Soporte Subrasante - Subbase					Soporte Subrasante - Subbase			
	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto		
650 PSI	5.5				5	5		3	9	42
	6		4	12	59	5.5	9	42	120	450
	6.5	9	43	120	490	6	96	380	700	970
	7	80	320	840	1200	6.5	650	1000	1400	2100
	7.5	490	1200	1500		7	1100	1900		
	8	1300	1900							
600 PSI	6				11	5			1	8
	6.5		8	24	110	5.5	1	8	23	98
	7	15	70	190	750	6	19	84	220	810
	7.5	110	440	1100	2100	6.5	160	520	1400	2100
	8	590	1900			7	1000	1900		
	8.5	1900								
550 PSI	6.5			4	19	5.5			3	17
	7		11	34	150	6	3	14	41	160
	7.5	19	84	230	890	6.5	29	120	320	1100
	8	120	470	1200		7	210	770	1900	
	8.5	560	2200			7.5	1100			
	9	2400								

Se busca en el lado derecho, por incluir bordillo, el diseño de losa. El soporte de la sub-rasante tiene un carácter alto al buscar en el sector correspondiente a un módulo de ruptura de 600 PSI , el cual es de 6 pulgadas, por facilidad de construcción se dejará de 15 cm. de espesor.

Las juntas transversales serán construidas a cada 3.00 metros y la junta longitudinal a cada 3.50 metros, la pendiente de bombeo será de 2%, así como se indica en los planos.

2.5 Drenajes menores en vías pavimentadas

2.5.1 Consideraciones de drenajes en vías pavimentadas

Los drenajes en carreteras son los que le dan mayor vida a ésta, ya que permiten que el agua de lluvia u otros cursos de agua fluyan sin causarle destrozos.

Los drenajes según su tipo pueden ser: superficiales (cunetas, contracunetas, bombeo y pendiente longitudinal de la carretera) y de alcantarillas.

El diseño del tamaño y la forma de las alcantarillas se hace siguiendo métodos de aceptación general, los cuales varían mucho de acuerdo a los antecedentes y la práctica de la localidad. Los resultados también son variables.

Una definición de alcantarilla indica que es un conducto que lleva agua a través de un terraplén. Es un “paso bajo nivel” para el agua y el tránsito que pasa sobre ella.

La diferencia entre una alcantarilla y un puente, consiste en que la parte superior de una alcantarilla, generalmente, no forma parte del pavimento de la carretera; por el contrario, un puente, es un “eslabón” en la carretera. Las alcantarillas pueden ser: tubos, arcos y bóvedas.

2.5.2 Consideraciones hidráulicas

Para determinar si una alcantarilla o drenaje transversal es adecuado, es importante determinar los siguientes factores: el alineamiento, la pendiente y los métodos de instalación. Si una alcantarilla se obstruye, se disloca o se socava, es señal que no tiene la capacidad adecuada, ni presta el servicio que se espera de ella.

Una alcantarilla reduce siempre el caudal de la corriente, ocasionando embalse a la entrada, un aumento de la velocidad por dentro y salida. Se puede necesitar alguna protección contra la socavación y la erosión que siempre existe.

2.5.2.1 Corriente de agua

Existen dos tipos diferentes de flujo: laminar y turbulento; generalmente es éste último el que predomina.

En el caso de flujo turbulento la resistencia del agua se drena a través del conducto y depende de la viscosidad, densidad y velocidad; además de la longitud, rugosidad y sección transversal de la alcantarilla.

La altura de presión necesaria para vencer esta resistencia se conoce como pérdida de carga por fricción. Esta pérdida de carga en canales, que es el caso de las alcantarillas, está dada por la diferencia de elevación de la

superficie de agua entre los puntos considerados. En algunos casos es necesario considerar otras pérdidas llamadas menores, entre las cuales están las pérdidas a la entrada y salida de la alcantarilla.

2.5.2.2 Gradiente hidráulico

Es una línea imaginaria que une los puntos hasta donde llega el agua en una serie de tubos piezométricos acoplados a las tuberías a presión o a los canales.

El gradiente hidráulico representa entonces la presión a lo largo del tubo, pues en un punto cualquiera, la distancia vertical medida desde el conducto hasta el gradiente hidráulico, es la columna de presión en ese punto. En canales, es evidente que el gradiente hidráulico coincide con la superficie del agua.

2.5.2.3 Diseño hidráulico

El diseño hidráulico de una obra, consiste en calcular el área necesaria para dar paso al volumen de agua que se concentra en su entrada, para ello se requiere de un estudio previo que abarca, entre otros, los siguientes aspectos:

- Precipitación pluvial
- Área, pendiente y formación geológica de la cuenca
- Uso del terreno aguas arriba de la estructura del drenaje

Los métodos para un correcto diseño hidráulico requieren de cierta información básica que incluye: el coeficiente de escorrentía para el área local, el área de la cuenca y datos de intensidad de precipitación. Es necesario conocer la cantidad de agua o descarga que correrá en un área determinada.

Las estructuras de drenaje menor deberán tener la suficiente capacidad para acomodar esta cantidad de agua.

Al diseñar las estructuras de drenaje se busca saber, entre otras cosas: el tamaño de dichas estructuras, el diámetro de un tubo de alcantarilla y la distancia a que deben quedar las cunetas. Si se conoce el volumen de agua que pasará a través de una estructura se sabrá exactamente como calcular los parámetros anteriormente mencionados.

Si una estructura no puede acomodar toda la descarga, entonces el agua se fuerza a ir sobre ella, alrededor de ella, o se acumula, esto da como resultado el asolvamiento, socavación o daño de la misma.

La capacidad total para cualquier estructura deberá determinarse en base a una combinación de factores, además de la descarga calculada. Estos incluyen aumentos posibles en la descarga, debido a cambios en el uso de la tierra de la cuenca, como: desarrollo, deforestación o cambios en intensidades y modelos de precipitación. También, se debe prevenir la capacidad extra para arrastre, particularmente río abajo de las áreas que han sido taladas o destinadas a la agricultura.

Dependiendo del riesgo y costo de la estructura, puede hacerse una previsión para capacidad extra debido a la inexactitud en el proceso de diseño hidrológico.

La descarga puede determinarse por varios métodos hidrológicos:

- **Por medio de fórmulas**

Todas las fórmulas toman en cuenta la cantidad de lluvia, el tamaño de la cuenca, la pendiente y condiciones de vegetación de la misma.

Las fórmulas más conocidas son:

Fórmula de Talbot. Proporciona directamente el diámetro de la tubería o el área de descarga.

Fórmula Racional. Esta fórmula expresa que el caudal es igual a un porcentaje de la cantidad de lluvia que cae, multiplicado por el área de la cuenca.

- **Por medio de observación de estructuras próximas**

Puede ser una tubería o alcantarilla de los alrededores, ubicada sobre la misma corriente. En este caso bastará tomar las medidas del área de descarga y de ellas se parte para deducir el diámetro necesario.

- **Por medio de marcas de aguas o creciente máximas**

La descarga puede ser determinada por las marcas que deja el agua al haber una correntada. Cuando una corriente alcanza su máximo nivel, siempre deja señas de todo lo que arrastró a su paso. En este caso pueden tomarse medidas del cauce al cortar la línea central de la carretera. Se debe obtener el perfil transversal ha dicho cauce perpendicular a dicha línea; en el perfil deben anotarse los datos de corriente máxima, creciente normal, la cual puede aumentarse en un 10 por ciento para tener un margen de seguridad aceptable y también las corrientes extra-máximas, información que por lo general es proporcionada por los vecinos del lugar.

Otra manera para calcular la descarga es por medio de registros históricos de correntadas, utilizando información tabulada de ríos y riachuelos específicos de la zona.

También puede utilizarse información general de la intensidad pluvial de la región, análisis regresivo de una región específica para determinar las corrientes en función de la cuenca y sus características.

2.5.2.3.1 El método racional

Es un método muy utilizado para medir descargas de pequeños drenajes, Consiste en una fórmula para calcular la esorrentía superficial de una cuenca hidrográfica. Se adapta muy bien para la determinación de la esorrentía para drenaje superficial de carreteras y descargas para alcantarillas o tuberías de pequeñas cuencas.

Por lo general, se obtienen mejores resultados con este método, para cuencas menores de 120 hectáreas, pero puede utilizarse para estimar cuencas mucho mayores, aunque con menos precisión, siempre y cuando no pueda aplicarse algún otro método por falta de información o datos para llevar a cabo un cálculo exhaustivo.

En el método racional se asume que la intensidad de lluvia sobre el área de drenaje es uniforme para un tiempo considerado.

La fórmula racional es la siguiente:

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

Donde:

Q = caudal de esorrentía, en metros cúbicos por segundo (m³/seg.)

C = coeficiente de esorrentía (adimensional)

i = intensidad promedio en lluvia, en milímetros por hora (mm / hr)

A = Área de la cuenca en hectáreas (Ha) (1 Ha = 10,000 m²)

2.5.2.3.1.1 Parámetros de la fórmula racional

Coefficiente de escorrentía (C): Es el porcentaje de agua total llovida tomada en consideración, puesto que no todo el volumen de precipitación pluvial drena por medio de alcantarilla natural o artificial.

Esto se debe a la evaporación, infiltración, detención en el suelo, etc. Por lo que existirá diferente coeficiente para cada tipo de terreno, el cual será mayor cuánto más impermeable sea la superficie.

El coeficiente de escorrentía promedio se calculará así:

$$C = \frac{\sum (c \times a)}{\sum a}$$

Donde:

c = coeficiente de escorrentía de cada una de las áreas parciales.

A = Áreas parciales (Hectáreas)

C = coeficiente de escorrentía promedio del área drenada

Intensidad de lluvia (i): Es uno de los factores más difíciles de obtener y está expresado como el promedio de intensidad de lluvia en milímetros por hora para una selección de frecuencia de recurrencia y una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca. Al inicio de la tormenta, la escorrentía parte desde la distancia más lejana de la cuenca, que no alcanza el punto de descarga, y cuando el agua alcanza el punto de descarga, se encuentra el tiempo de concentración, entonces, puede suceder un paso de corriente permanente. Este periodo inicial es el tiempo de concentración (T_c). Para cuencas pequeñas, un tiempo de concentración recomendado es de cinco minutos, para encontrar la intensidad utilizando una determinada descarga de diseño.

Área (A): Es la que contribuye a la escorrentía del agua de la estructura de drenaje. Los límites van desde la divisoria de aguas a los pies de talud de la alcantarilla, cuando se trata de cuencas. En la carretera el “área de drenaje” es la parte alta del talud de corte y la superficie de rodadura; área que está entre las cunetas.

El área de una cuenca natural se puede determinar utilizando un mapa topográfico de la región y determinar los puntos más altos o límites de la divisoria de aguas.

2.5.2.3.2 El método Talbot

Es un método muy utilizado para estimar el área de descarga en estructura de drenaje. Para hacer una estimación preliminar del tamaño de las estructuras de drenaje menor se usa la fórmula de Talbot.

La fórmula de Talbot fue determinada mediante observaciones en zonas de alta precipitación pluvial (hasta 100 mm/Hr), en los Estados Unidos.

La expresión de la fórmula de Talbot es la siguiente:

$$a = 0.183 \times C \times A^{3/4}$$

Donde:

a = Área hidráulica necesaria en la obra, en metros cuadrados (m²)

A = Área de la cuenca en hectáreas (Ha)

C = Coeficiente relacionado con las características del terreno (adimensional).

Proceso de cálculo de área hidráulica usando el método Talbot

Este método se aplica principalmente a estructuras de drenaje menor, por lo que las áreas consideradas son generalmente carreteras o caminos; también es aplicable en cuencas hidrográficas. El proceso de cálculo es el siguiente:

- a) Definir el área de la cuenca. Delimitando la partición de aguas que llegan a la cuenca hidrográfica. Para definir esta área se deben marcar todos los cursos de fondos o cauces de la cuenca, luego delimitar todas las particiones de aguas o divisorias de aguas (cuenca topográfica), deberá ser circuito cerrado, partiendo desde el punto de interés para el paso por éste, luego siguiendo en dirección de las agujas del reloj, por todas las divisorias hasta completar el circuito.

El área hidráulica de la cuenca, se puede obtener por diferentes métodos topográficos, fotografía aérea, planos cartográficos, etc.

b) Medir el área de la cuenca. En la medición del área de la cuenca pueden utilizarse varios métodos, los cuales varían debido a la exactitud de los mismos, entre ellos están:

- Contar la cuadrícula de mapas
- Área por coordenadas
- Uso de planímetro

c) Determinar el coeficiente “C”. De acuerdo a la clasificación de colores y simbología de vegetación del mapa, se identifica el terreno y sus condiciones: si es cultivado, suelo desnudo, bosque, etc. Con las curvas de nivel se establece la pendiente del terreno y la forma del mismo, pudiendo ser: plano, ondulado o montañoso.

Los valores del coeficiente C dependen de las características anteriores. Algunos valores de C son los siguientes:

C = 1.0 Terrenos montañosos con suelos de roca y con pendientes pronunciadas.

C = 0.65 Terrenos quebrados con pendientes moderadas

C = 0.50 Cuencas irregulares muy largas.

C = 0.33 Terrenos agrícolas ondulados, en los que el largo de la cuenca es 3 ó 4 veces el ancho.

C= 0.20 Terrenos llanos, sensiblemente horizontales no afectados por inundaciones fuertes.

En terrenos permeables los valores de C deben disminuirse en un 50 por ciento, por lo que además de la formación geológica de la zona, se debe conocer el tipo de vegetación y prever el uso futuro del terreno.

- d) Calcular el área hidráulica. Ésta se obtiene al aplicarse la fórmula de Talbot.

2.5.2.4 Pendiente crítica

Es la pendiente capaz de sostener un caudal dado con flujo uniforme y a profundidad crítica. La pendiente crítica puede calcularse usando cualquier fórmula conocida para canales, en el manual para tuberías de concreto, *Concrete Pipe Handbook*, de la *American Concrete Pipe Association*, se encuentra un gráfico que relaciona descarga y altura crítica y descarga con pendiente crítica.

Estas curvas están construidas con una base unitaria, es decir, que los valores de pendiente y descarga son aplicados directamente a una alcantarilla o canal de 1 pie de diámetro con un coeficiente de rugosidad (N) de 0.01.

Para otro diámetro y otro coeficiente de rugosidad, hay que aplicar las siguientes fórmulas de conversión:

Descarga crítica:

$$Q_c = Q_{C1} \times D^{5/2}$$

Pendiente crítica:

$$S_c = S_{c1} \times 10^4 \times \frac{n^2}{D^{1/3}}$$

Donde:

Q_c = Descarga crítica para diámetro deseado

Q_{c1} = Descarga crítica para un canal de 1 pie de diámetro

D = Diámetro de la tubería

S_c = Pendiente de un N dado

S_{c1} = Pendiente crítica para $N = 0.01$

n = Coeficiente de rugosidad que tiene la nueva tubería.

Cuando la pendiente es más plana que la crítica, para una descarga específica, la sección crítica se traslada de la entrada a la salida. Para alcantarillas es satisfactorio asumir que se encuentre 6 metros antes de la salida. Para determinar la altura en la entrada, es necesario calcular los puntos de la curva de remanso entre la sección crítica y la entrada.

Una vez la altura crítica está determinada, se pueden calcular la altura, la velocidad y las pérdidas en la entrada, con esto podemos calcular la altura aguas arriba. La forma de la curva de remanso depende de la rugosidad, longitud y pendiente de la alcantarilla. La pendiente de la alcantarilla a un valor más alto que la pendiente crítica no aumenta la descarga; simplemente hace que el agua corra a mayor velocidad y a menor profundidad que la sección crítica.

2.6 Presupuesto

Tabla V. Presupuesto de pavimentación rígida

Entrada a Santa Lucia Cotz. Por finca las ilusiones, SANTA LUCIA COTZ., ESCUINTLA

LONGITUD		3,200.00	MTS			
ANCHO PROMEDIO		6.00	MTS			
No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio U.	Sub-total	Total
	MATERIALES					
3.00	SUB BASE					Q
	0.10 mts. de espesor)					182,400.00
3.10	Selecto para estabilización de sub-base	1,920.00	M³	Q 95.00	Q 182,400.00	
4.00	BORDILLO					Q
	0.3 x 0.10 x 6,400 ml = 192 m3					134,016.00
4.10	Cemento	1,728.00	sacos	Q 38.50	Q 66,528.00	
4.20	Arena de Rio	115.20	M³	Q 65.00	Q 7,488.00	
4.30	Piedrin	172.80	M³	Q 125.00	Q 21,600.00	
4.50	Costaneras 2" x 6"	160.00	u	Q 190.00	Q 30,400.00	
4.60	tablas de 1*12*10	160.00	u	Q 50.00	Q 8,000.00	
5.00	PAVIMENTO					Q
	3,200 x 6 x 0.15 = 2,880 m3					1,434,240.00
5.10	Cemento	25,920.00	sacos	Q 38.50	Q 997,920.00	
5.20	Arena de Rio	1,728.00	M³	Q 65.00	Q 112,320.00	
5.30	Piedrin	2,592.00	M³	Q 125.00	Q 324,000.00	
6.00	BANQUETAS					Q
	6,400 x 1 x 0.05 = 320 m3					159,360.00
6.10	Cemento	2,880.00	sacos	Q 38.50	Q 110,880.00	
6.20	Arena de Rio	192.00	M³	Q 65.00	Q 12,480.00	
6.30	Piedrin	288.00	M³	Q 125.00	Q 36,000.00	
7.00	CUNETAS					Q
	6,400 ml x 0.07 m2 = 448 m3					223,104.00
7.10	Cemento	4,032.00	sacos	Q 38.50	Q 155,232.00	
7.20	Arena de Rio	268.80	M³	Q 65.00	Q 17,472.00	
7.30	Piedrin	403.20	M³	Q 125.00	Q 50,400.00	

8.00	DRENAJES TRANSVERSALES					Q 8,714.67
8.10	Tuberia Novaloc 2710 de 30"x 6 mts	3.00	UNIDADES	Q 2,904.89	Q 8,714.67	
	<u>TOTAL DE MATERIALES</u>					Q 2,141,834.67

Continuación

No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio U.	Sub-total	Total
	MANO DE OBRA					
1.00	PRELIMINARES					Q 16,000.00
1.10	Trazo y nivelación	3,200.00	ML	Q 5.00	Q 16,000.00	
2.00	MOVIMIENTO DE TIERRA					Q 432,000.00
2.10	Corte de Cajuela m3	5,760.00	m3	Q 35.00	Q 201,600.00	
2.20	Extraccion del material	5,760.00	m3	Q 40.00	Q 230,400.00	
3.00	SUB BASE					Q 384,000.00
3.10	Tender material	19,200.00	m2	Q 10.00	Q 192,000.00	
3.20	Compactacion Material	19,200.00	m2	Q 10.00	Q 192,000.00	
4.00	BORDILLO	6,400.00	ML	Q 15.00	Q 96,000.00	Q 96,000.00
5.00	PAVIMENTO	19,200.00	M2	Q 25.00	Q 480,000.00	Q 480,000.00
6.00	BANQUETA	6,400.00	M2	Q 12.00	Q 76,800.00	Q 76,800.00
7.00	CUNETAS	6,400.00	ML	Q 15.00	Q 96,000.00	Q 96,000.00
8.00	DRENAJES TRANSVERSALES	3.00	U	Q 30.00	Q 90.00	Q 90.00
	<u>TOTAL DE MANO DE OBRA</u>					Q 1,580,890.00
	<u>TOTAL MANO DE OBRA Y MATERIALES.</u>					Q 3,722,724.67
	<u>IMPREVISTOS</u>	10%				Q 372,272.47
	TOTAL					Q 4,094,997.14

SON: CUATRO MILLONES NOVENTA Y CUATRO MIL NOVECIENTOS NOVENTA Y SIETE QUETZALES, CON CATORCE CENTAVOS.

MANO DE OBRA POR M2

Q
213.28

RESUMEN POR RENGLONES

Renglón	Costo (Q)	Costo (\$)
Sub-base	Q. 182,400.00	\$ 23,843.13
Bordillo	Q. 134,016.00	\$ 17,518.43
Pavimento	Q. 1,434,240.00	\$ 187,482.35
Banqueta	Q. 159,360.00	\$ 20,831.37
Cuneta	Q. 223,104.00	\$ 29,163.92
Drenajes transversales	Q. 8,714.67	\$ 1,139.17
Mano de obra	Q. 1,580,890.00	\$ 206,652.29
Total parcial	Q. 3,722,724.67	\$ 486,630.68
Imprevistos (10%)	Q. 372,272.47	\$ 48,663.07
Total final	Q. 4,094,997.14	\$ 535,293.74

3. DISEÑO DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA LAS JOYAS SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA

3.1 Descripción del proyecto a desarrollar

El estudio de introducción de drenaje a la aldea Las Joyas cruce la esperanza, en el municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, es estrictamente sanitario, para su realización se hizo en primer lugar un estudio poblacional y un levantamiento topográfico, en lo que se refiere a la altimetría y planimetría.

El proyecto comprende una línea principal sin ramales de 3,220 metros lineales de tubería PVC, norma ASTM F-949, de diámetro de 6",8",10" y 12", contando con un sistema de 56 pozos de visita, con una altura promedio de 1.80 metros de altura.

3.2 Levantamiento topográfico

Lo constituyen la planimetría y la altimetría, las cuales son base fundamental para todo proyecto de ingeniería.

3.2.1 Altimetría

Son los trabajos necesarios para representar sobre el plano horizontal la tercera dimensión sobre el terreno, definiendo las diferencias de nivel existentes entre los puntos de un terreno o construcción, para ello es necesario medir distancias verticales, ya sea directa o indirectamente, a todo este procedimiento se le llama nivelación. Para la nivelación del proyecto se utilizó el método de nivelación compuesta, partiendo de una referencia (banco de marca).

Para la nivelación se utilizó el siguiente equipo:

- Un nivel marca LEICA, modelo WILD NAZO
- Un estadal
- Una cinta métrica de 25 metros

3.2.2 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 la medición de planimetría del proyecto se utilizó el método de conservación del azimut. Que consiste en tomar un azimut inicial referido al norte y fijando éste con una vuelta de campana en la vista atrás se toma la medida hacia la siguiente estación. Se utilizó este método por ser muy exacto.

Para el levantamiento se utilizó el siguiente equipo:

- Un teodolito marca SOKKIA TM20H
- Un estadal
- Una cinta métrica de 25 metros
- Una plomada
- Una brújula

3.3 Diseño de la red

3.3.1 Período de diseño

El período de diseño de un sistema de alcantarillado, es el tiempo durante el cual el sistema dará un servicio con una eficiencia aceptable; este período variará de acuerdo a:

- La cobertura considerada en el período de diseño estudiado
- Crecimiento de la población
- Capacidad de administración, operación y mantenimiento
- Según el criterio del diseñador y basándose en datos de instituciones como el Instituto de Fomento Municipal (I.N.F.O.M.); según el capítulo 2 de las Normas Generales para el Diseño de Alcantarillado los sistemas de alcantarillado serán proyectados para llenar adecuadamente su función durante un período de 30 a 40 años a partir de la fecha en que se desarrolle el diseño, para el proyecto se tomó 30 años por ser el tiempo de vida útil del proyecto y por los costos del mismo.

3.3.2 Estudio de la población a servir

El estudio de la población se efectúa con el objeto de estimar la población que tributará caudales al sistema, al final del período de diseño, será estimada utilizando alguno de los métodos conocidos. Para el caso de la aldea Las Joyas cruce la esperanza se optó por el método geométrico, por ser el modelo que mejor se adapta para poblaciones en vías de desarrollo.

3.3.2.1 Método geométrico

El método geométrico requiere nada más que una información acerca de la población actual del lugar, ya que la tasa de crecimiento es un dato que se puede establecer con censos recientes y tomando en cuenta el área en que se puede expandir el caserío, así como el período de diseño, el cual ya se tiene establecido. La expresión a utilizar para el cálculo de la población futura es:

$$P_f = P_A (1 + R)^n$$

Donde:

P_f = población futura

P_A = población actual

n = período de diseño

R = tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento con la que se trabajó en la aldea Las joyas cruce la esperanza es de 3% anual, según Instituto Nacional de Estadística (INE).

No viviendas: 272, dato obtenido en conteo realizado durante el levantamiento topográfico.

$$P_A = (\text{No. viviendas}) (\text{hab / vivienda})$$

$$P_A = (272 \text{ viviendas}) (8 \text{ hab / vivienda}) = 2,176 \text{ hab.}$$

$$P_f = 2,176(1 + 0.03)^{30} = 5,282 \text{ hab.}$$

La población proyectada para el año 2035 es de 5,282 habitantes.

3.3.3 Cálculo de caudales

3.3.3.1 Caudal domiciliar

Es el volumen de aguas servidas que se evacúa de cada una de las viviendas. Este caudal debe calcularse con base en el número de habitantes futuro, la dotación y el factor de retorno, expresado en litros por segundo.

$$Q_d = \frac{D_t * F.R. * Hab}{86400 \text{ seg} / \text{día}}$$

Siendo:

Qd: Caudal de diseño lts/ seg.

F.R.: Factor de retorno

Dt: Dotación lts. / Hab. / Día

Hab: Número de habitantes

3.3.3.1.1 Dotación

Es la cantidad de agua que una persona necesita por día para satisfacer sus necesidades y se expresa en litros por habitante al día.

Las dotaciones se establecen de acuerdo al clima y región donde se está trabajando el proyecto. Para este caso se estableció una dotación de 120 lts./ hab./ día, dato obtenido del departamento de agua potable de la municipalidad de Santa Lucía Cotzumalguapa.

3.3.3.1.2 Factor de retorno

Es el factor que indica la relación que existe entre la cantidad de agua que se consume al día y la dotación destinada para cada persona.

Este factor puede variar de 0.70 a 0.80 dependiendo del clima de la región y el acceso al agua, para el proyecto se optó por un factor de 0.80 por ser el más crítico, ya que la precipitación pluvial en la región es alta y existen varios yacimientos de agua.

3.3.3.2 Caudal de conexiones ilícitas

Este caudal es producido por las viviendas que conectan las tuberías de sistema del agua pluvial al alcantarillado sanitario. Para efecto de diseño se hace necesario hacer el cálculo del caudal de conexiones ilícitas. Para este cálculo se hace uso de la siguiente formula:

$$Q_{c.ilicita} = \frac{CiA}{360} = \frac{Ci(A \times \%)}{360}$$

Donde:

Qc. Ilícitas = caudal de conexiones ilícitas (m³ / seg.)

C = Coeficiente de escorrentía (%)

i = Intensidad de lluvia (mm / hora)

A = Área que es factible conectar ilícitamente (hectáreas)

3.3.3.2.1 Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía está en función directa del tipo de superficie por donde corre el agua pluvial, como es techos y pavimentos 0.70 – 0.90, patios y arboledas 0.15 – 0.30.

Área total de techos = (100 m² x 195 casas) / 10,000 m² / ha.

Área total de techos = 1.95 hectáreas.

Área total de patios = (40 m² x 195 casas) / 10,000 m² / ha.

Área total de patios = 0.78 hectáreas.

$$C = \frac{\sum (c \times a)}{\sum a} = \frac{(1.95 \times 0.80) + (0.78 \times 0.15)}{(1.95 + 0.78)} = 0.614$$

3.3.3.2.2 Intensidad de lluvia

La intensidad de lluvia que se expresa en mm / hr., se determina por medio de la siguiente formula

$$i = \frac{13455.2}{T + 104.14} \quad i = \frac{13455.2}{12' + 104.14} = 115.85 \text{ mm / hora}$$

i = Intensidad de lluvia para las localidades de la costa sur, según tabla No 2 contenida en el anuario del colegio de ingenieros de Guatemala, del año 1998.

T = tiempo de concentración en minutos, que tiene un valor de 12' por ser tiempo de concentración inicial recorrido en montañas, terreno plano, cunetas, zanjas y depresiones.

3.3.3.3 Caudal de infiltración

Es considerado como la cantidad de agua que se infiltra o penetra a través de las paredes de la tubería, éste depende de: la permeabilidad de la tubería, la transmisibilidad del suelo, la longitud de la tubería y de la profundidad a la que se coloca la tubería.

Pero como depende de muchos factores externos, se calcula en función de la longitud de la tubería y del tiempo, generalmente se expresa en litros por kilómetro por día, su valor puede variar entre 12,000 y 18,000 litros por kilómetro por día.

Para este caso, por ser tubería de P.V.C., no existe caudal de infiltración, dadas las propiedades del material.

3.3.3.4 Caudal de diseño

Es el que se utiliza para diseñar el sistema del drenaje sanitario. Para su cálculo se utiliza la siguiente expresión:

$$Q_{diseño} = \text{núm.dehab} \times Fqm \times FH$$

Donde:

núm. de hab. = Número de habitantes en cada uno de los tramos

fqm = Factor de caudal medio

FH = Factor de Harmond

3.3.3.4.1 Factor de caudal medio

Es el factor relacionado con la aportación media de agua por persona, una vez computado el valor de los caudales anteriormente descritos, y al no contar con caudales comerciales e industriales, se procede a integrar el caudal medio del área a drenar, que a su vez, al ser distribuido entre el número de habitantes, se obtiene un factor del caudal medio, el cual varía entre el rango de 0.002 a 0.005; si el cálculo del factor está entre esos dos límites, se utiliza el calculado; en cambio, si es inferior o excede, se utiliza el límite más cercano según sea el caso.

$$Q_{medio} = Q_{domiciliar} + Q_{infiltración} + Q_{c.ilicitas}$$

$$fqm = \frac{Q_{medio}}{\text{núm.hab.}}$$

3.3.3.4.2 Factor de Harmond

Es un factor experimental que indica la relación que existe entre el caudal domiciliar máximo y el caudal medio. Este factor se calculó por medio de la siguiente expresión:

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

FH : Factor de Harmond

P : Población acumulada en miles de habitantes de cada tramo.

3.3.4 Velocidades máximas y mínimas de diseño

La velocidad mínima admisible en tuberías de PVC es de 0.5 mts / seg. Esto hace que los sólidos no se sedimenten y, por consecuencia, no se obstruya la tubería. Respecto a la velocidad máxima admisible en las tuberías de PVC por lo general se acepta una de 4 mts / seg.

3.3.5 Pendientes máximas y mínimas

Para que el agua que conducen las alcantarillas se desplace libremente, dependiendo de la gravedad, existe una pendiente mínima en un sistema, ésta debe ser del 1% en terrenos muy planos. En terrenos donde la topografía es muy quebrada, la pendiente máxima será cuando la velocidad es de 4 mts. / seg. para tubería PVC.

$$S = \frac{Cota..inicial..del..terreno - Cota..final..del..terreno \times 100}{longitud..del..tramo}$$

Para todo diseño de alcantarillado es recomendable seguir la pendiente del terreno, dependiendo siempre si la pendiente va a favor o en contra del sentido del fluido.

3.3.6 Cotas Invert

Son las cotas inferiores e interiores de la tubería de drenaje, que indican a que profundidad de la superficie se encuentra la tubería de llegada y la de salida en un pozo de visita.

Estas cotas se calculan con base en la pendiente de la tubería y la distancia del tramo respectivo.

3.3.6.1 Detalles de cotas invert

- La cota invert de salida de un pozo se coloca 3 centímetros más baja que la cota invert de entrada, cuando las tuberías son del mismo diámetro.
- La cota invert de salida está a un nivel más bajo que la entrada, la cual será la diferencia de diámetros de las tuberías, cuando éstas son de diferente diámetro.
- Cuando a un pozo de visita llegan varias tuberías de distintos diámetros y sale una de igual diámetro al mayor de las que llega, la cota invert de salida está 3 centímetros debajo de la de entrada, si la tubería que sale

es de diámetro mayor, la cota invert de salida será la diferencia de diámetro con la tubería de mayor diámetro que llega al pozo de visita.

3.3.7 Diámetro de las tuberías

Por requerimientos de flujo y por posibilidades de limpieza el diámetro mínimo es de 6 pulgadas para tuberías PVC en el colector central. Un cambio de diámetro en el diseño está influido por la pendiente, el caudal o la velocidad, para lo cual se toman en cuenta los requerimientos hidráulicos.

3.3.7.1 Profundidad de las tuberías

La profundidad mínima para instalar la tubería debe ser tal que el espesor del relleno evite daños al colector ocasionados por las cargas vivas y por el impacto.

3.3.8 Pozos de visita

Los pozos de visita siempre son necesarios en el lugar donde concurren dos o más tuberías así como también en los lugares donde hay cambio de dirección o de pendiente en la línea central de diseño. Son parte de las obras accesorias de un alcantarillado y son empleados como medios de inspección y limpieza. Según las normas para construcción de alcantarillados, se recomienda colocar pozos de visita en los siguientes casos:

- En toda intercepción de colectores
- Al comienzo de todo colector
- En cambios de dirección

- En líneas de conducción rectas, a distancias no mayores de 100 metros
- En cambios de pendiente

3.3.8.1 Altura de los pozos de visita

Éstas varían en cuanto a su profundidad, dependiendo de casos como lo son:

- Pendiente del terreno
- Topografía del terreno
- Ubicación del pozo
- Caudal de diseño
- Cotas Invert.

3.3.9 Conexiones domiciliarias

Normalmente al construir un sistema de alcantarillado, se tiene previsto una conexión en Y o en T en cada lote edificado o en cada lugar donde haya que conectar un desagüe doméstico. Una conexión domiciliar es un tubo que lleva las aguas servidas desde la vivienda o edificio a una alcantarilla común.

3.4 Cálculo de alcantarillado sanitario

Ejemplo del procedimiento del cálculo para el tramo que va del pozo de visita PV – 1 al pozo de visita PV – 2.

3.4.1 Datos generales

- Población de diseño:
Densidad = 8 hab. / casa, dato obtenido por encuestas a pobladores durante el levantamiento topográfico del proyecto.

- Factor de caudal medio = 0.002

3.4.2 Datos poblacionales

- Población futura acumulada en el tramo = 194 habitantes

3.4.3 Datos específicos para el tramo PV – 1 a PV – 2

- Longitud = 40 metros (entre pozos)
- Diámetro de la tubería = 6 pulgadas (se asume el mínimo)
- Cotas del terreno: al inicio = 363.59
al final = 360.90
- Pendiente del terreno = $\frac{(363.59 - 360.90) \times 100}{40.00}$
Pendiente del terreno = 6.73 %
- Profundidad del pozo de visita inicial = HPV – 1 = 1.40 (se asume la mínima)
- Cota inicial = cota del terreno al inicio – H PV – 1
Cota inicial PV – 1 = 363.59 – 1.40 = 362.19
- Cota final PV – 2 = $C.inicial - \frac{pendiente \times dist.}{100}$
Cota final PV – 2 = $362.19 - \frac{6.73 \times 40.00}{100} = 359.41$
- Pendiente de la tubería = 6.70 % (asumida según la pendiente del terreno)
- Integración al caudal de diseño = núm. de habitantes x fqm x FH
P = población actual
 $P = \frac{32}{1000} = 0.032$

$$FH = \frac{(18 + \sqrt{0.032})}{(4 + \sqrt{0.032})} = 4.35$$

$$\text{Caudal de diseño} = 32 \times 0.002 \times 4.35 = 0.28 \text{ lts. / seg.}$$

3.4.4 Diseño hidráulico

- Velocidad a sección llena

$$V = \left(\frac{1}{N}\right) 0.03429 (D^{2/3}) \left(\frac{S}{100}\right)^{1/2}$$

Donde:

N = coeficiente de rugosidad

D = Diámetro de la tubería

S = pendiente

$$V = \left(\frac{1}{0.01}\right) 0.03429 (6^{2/3}) \left(\frac{6.70}{100}\right)^{1/2} = 2.93 \text{ mts/seg.}$$

- Caudal a sección llena

$$Q = A \times V$$

Donde:

A = Área a sección llena

V = Velocidad a sección llena

$$Q = 2.93 \times 0.018 \times 1,000 = 53.45 \text{ lts./seg.}$$

3.4.5 Relaciones hidráulicas

Es la relación que existe entre cada uno de los parámetros de diseño a sección llena y los parámetros de diseño a sección parcialmente llena, las cuales deben cumplir con $q / Q < 1$ y $d / D \leq 0.75$, para que las tuberías no trabajen a sección llena.

$$\frac{q}{Q} = \frac{0.28}{53.45} = 0.005 \leq 1$$

Ya que cumple con la condición de que $q / Q < 1$, se toma el valor de 0.005 y se busca en la tabla de elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección transversal circular para determinar la relación v / V , la cual en este caso equivale a 0.264.

$$V = 0.264 \times 2.93 \text{ mts. / seg.} = 0.77., \text{ cumpliendo con el rango.}$$

Luego, con el mismo valor de q / Q se busca el valor de la relación d / D , el cual es de 0.0525 y por lo tanto cumple con la condición de que $d / D \leq 0.75$.

3.4.6 Parámetros de diseño

- | | |
|--------------------------------|--------------------------|
| • Período de diseño | 30 años |
| • Densidad de la población | 8 habitantes / viviendas |
| • Tasa de crecimiento | 3 % anual |
| • Población beneficiada actual | 2,176 habitantes |
| • Viviendas actuales | 272 |
| • Población futura | 5,282 habitantes |
| • Viviendas futuras | 660 |
| • Sistema adoptado | Drenaje sanitario |
| • Forma de evacuación | Gravedad |
| • Dotación de agua potable | 120 lts / hab. / día |
| • Factor de caudal medio | 0.002 lts / hab / día |
| • Factor de retorno | 0.80 |

- Tubería a utilizar PVC, norma ASTM F-949
- Velocidad mínima 0.5 mts/seg.
- Velocidad máxima 4.00 mts/seg.
- Lugar de descarga Río de Naisa, Santa Lucía Cotzumalguapa

3.4.7 Presupuesto

Tabla VI. Presupuesto de drenaje sanitario

Proyecto: DRENAJE SANITARIO
Ubicación: Aldea Las Joyas cruce la esperanza, Santa Lucía
Cotzumalguapa, departamento de Escuintla
Longitud: 3220 metros

Descripción Materiales	CANT.	U	COSTO UNITARIO	SUB-TOTAL	TOTAL
LINEA DE DRENAJE					
TUBERÍA NOVAFORT PVC ASTM F-949 6"	287	U	Q 401.79	Q115,313.73	
TUBERÍA NOVAFORT PVC ASTM F-949 8"	151	U	Q 660.79	Q 99,779.29	
TUBERÍA NOVAFORT PVC ASTM F-949 10"	84	U	Q 929.40	Q 78,069.60	
TUBERÍA NOVAFORT PVC ASTM F-949 12"	16	U	Q1,221.30	Q 19,540.80	
EMPAQUE NOVAFORT 6"	574	U	Q 4.45	Q 2,554.30	
EMPAQUE NOVAFORT 8"	302	U	Q 8.30	Q 2,506.60	
EMPAQUE NOVAFORT 10"	168	U	Q 13.85	Q 2,326.80	
EMPAQUE NOVAFORT 12"	32	U	Q 15.95	Q 510.40	
CANDELAS DOMICILIARES	280	U	Q 330.00	Q 92,400.00	
TUBERÍA NOVAFORT PVC ASTM F-949 4"	280	U	Q 171.79	Q 48,101.20	
YEE 6"X4"	232	U	Q 116.78	Q 27,092.96	

YEE 8"X4"	48	U	Q 206.00	Q 9,888.00	Q 498,783.68
EMPAQUE NOVAFORT 4"	280	U	Q 2.50	Q 700.00	
POZO DE VISITA AMANCO 56 U					
PIEZA SUPERIOR P/MAN HOLE (POZO DE VISITA) H=0.80	56	U	Q 560.65	Q 31,396.40	Q 126,590.86
PIEZA INFERIOR P/MAN HOLE (POZO DE VISITA) H=0.60	56	U	Q 679.54	Q 38,054.24	
EXTENSIÓN INTERMEDIA P/MAN HOLE (POZO DE VISITA)H=0.25	50	U	Q 525.66	Q 26,283.00	
EXTENSIÓN INTERMEDIA P/MAN HOLE (POZO DE VISITA)H=0.60	35	U	Q 700.53	Q 24,518.55	
CABO TRANSFORMADOR DE 8" A 6"	34	U	Q 150.00	Q 5,100.00	
EMPAQUE PARA MAN HOLE DE 6"	34	U	Q 20.93	Q 711.62	
EMPAQUE PARA MAN HOLE DE 8"	15	U	Q 23.87	Q 358.05	
EMPAQUE PARA MAN HOLE DE 10"	5	U	Q 27.00	Q 135.00	
EMPAQUE PARA MAN HOLE DE 12"	1	U	Q 34.00	Q 34.00	
					Q 126,590.86
TOTAL MATERIALES.....					Q 625,374.54

Continuación

Descripción	CANT.	U	COSTO	SUB-TOTAL	TOTAL
Mano de obra			UNIT.		
TRAZAR + ESTAQUEAR	3220	ML	Q 15.00	Q 48,300.00	
EXCAVACIÓN DE ZANJA	4197	M3	Q 35.00	Q 146,895.00	
RELLENO COMPACTADO	4197	M3	Q 10.00	Q 41,970.00	
INSTALACIÓN TUBERÍA 6"	287	U	Q 6.00	Q 1,722.00	
INSTALACIÓN TUBERÍA 8"	151	U	Q 8.00	Q 1,208.00	
INSTALACIÓN TUBERÍA 10"	84	U	Q 10.00	Q 840.00	
INSTALACIÓN TUBERÍA 12"	16	U	Q 12.00	Q 192.00	
INST. DE POZO VISITA	56	U	Q 700.00	Q 39,200.00	
TOTAL MANO DE OBRA.....					Q 280,327.00
TOTAL MATERIALES Y MANO DE OBRA.....					Q 905,701.54
IMPREVISTOS.....					Q 90,570.15
TOTAL DE EJECUCIÓN.....					Q 996,271.69

SON: NOVECIENTOS NOVENTA Y SEIS MIL DOCIENTOS SETENTA Y UNO
QUETZALES CON SESENTA Y NUEVE CENTAVOS.

MANO DE OBRA POR METRO LINEAL

Q 87.05

RESUMEN POR RENGLONES

Renglón	Costo (Q)	Costo (\$)
Línea de drenaje	Q. 498,783.68	\$ 65,200.48
Pozos de visita	Q. 126,590.86	\$ 16,547.83
Mano de obra / Drenaje	Q. 280,327.00	\$ 36,644.05
Total parcial	Q. 905,701.54	\$ 118,392.36
Imprevistos (10%)	Q. 90,570.15	\$ 11,839.24
Total final	Q. 996,271.69	\$ 130,231.60

4. IMPACTO AMBIENTAL

En sentido estricto, la ecología ha definido al ambiente como el conjunto de factores externos que actúan sobre un organismo, una población o una comunidad. Estos factores son esenciales para la supervivencia, el crecimiento y la reproducción de los seres vivos e inciden directamente en la estructura y dinámica de las poblaciones y de las comunidades. Sin embargo, la naturaleza es la totalidad de lo que existe.

Dentro de ella, también, entra lo que la sociedad construye a través de su accionar. Generalmente, esto es lo que se identifica como "ambiente".

Podría definirse el Impacto Ambiental (IA) como la alteración, modificación o cambio en el ambiente, o en alguno de sus componentes de cierta magnitud y

complejidad originado o producido por los efectos de la acción o actividad humana. Esta acción puede ser un proyecto de ingeniería, un programa, un plan, o una disposición administrativo-jurídica con implicaciones ambientales. Debe quedar explícito, sin embargo, que el término impacto no implica negatividad, ya que éste puede ser tanto positivo como negativo. Se puede definir el Estudio de Impacto Ambiental como el estudio técnico, de carácter interdisciplinario, que incorporado en el procedimiento del Estudio de Impacto Ambiental, está destinado a predecir, identificar, valorar y corregir, las consecuencias o efectos ambientales que determinadas acciones pueden causar sobre la calidad de vida del hombre y su entorno. Es un documento técnico que debe presentar el titular del proyecto y sobre la base del cual se produce la Declaración o Estimación de Impacto Ambiental.

4.1 Impacto ambiental en drenaje sanitario

Identificación de factores que puedan causar impacto ambiental y a qué parte está afectando

Al analizar el diseño del proyecto, se determinó que los elementos bióticos, abióticos y socioeconómicos que serán impactados por el proyecto son.

El agua: debido a que existen fuentes superficiales pequeñas, quebradas, ríos, que pueden contaminarse con el movimiento de tierra, al momento del zanjeo.

El suelo: si impactaran negativamente el mismo si no se verifica la etapa del zanjeo porque habrán movimientos de tierra por el mismo solamente se dará en la etapa de construcción y sus efectos son fácilmente prevenibles.

El aire: si no se verifican las fugas de aguas negras rápidamente hay peligro en el ambiente con malos olores.

Salud: hay un impacto relativamente pequeño en la salud en la etapa de construcción que debido al movimiento de tierras se producirá polvo en las sucesivas etapas del proyecto.

Impactos negativos

Los impactos negativos del proyecto se dan solo en las etapas de construcción y operación del proyecto y la mayoría se da en la fase de construcción los elementos más impactado negativamente son:

- el suelo
- el agua
- las partículas en suspensión.

Medidas de mitigación

- Para evitar las polvaredas, será necesario programar adecuadamente el horario de las labores de zanjeo, las que deberán efectuarse en el tiempo más corto posible, compactándose, adecuadamente, las mismas para evitar; el arrastre de partículas por el viento.
- Deberá de capacitarse al o a las personas encargadas del mantenimiento del sistema, referente al manejo de las aguas servidas y reparaciones menores.

- Capacitar a las amas de casa, sobre el adecuado uso del sistema para evitar que los mismos sean depositarios de basura producidas en el hogar.

Plan de contingencia

En áreas planas, ríos y riachuelos cercanos, es común que en épocas de lluvia ocurran inundaciones con el consecuente arrastre de fango y otros materiales o cuerpos extraños que en un dado caso pudieran dañar el proyecto.

- Integrar un comité de emergencia contra inundaciones, asolvamiento en la comunidad beneficiada y además deben velar por que los lugares en donde se ubican las obras civiles se encuentran lo más despejado posible.
- Elaborar un programa de capacitación para prevención de accidentes.
- Capacitar al (o a los) trabajadores que se encargara de darle mantenimiento al sistema especialmente sobre aspectos de limpieza de pozos de visita.
- Se debe velar porque los comunitarios no depositen su basura en las aguas negras para evitar obstaculizaciones al sistema.
- Para la disposición de desechos generados por las familias se debe contar con depósitos, distribuidos en lugares estratégicos.
- Capacitar al personal que laborará en el proyecto en el momento de entrar en operación para su mantenimiento y limpieza, así se evita la creación de basureros clandestinos.

Programa de monitoreo ambiental

- Supervisar periódicamente si están siendo ejecutadas las medidas de supervisión y mantenimiento del sistema.
- Monitorear si el personal utiliza el equipo necesario para la prevención de accidentes y de salud.
- Monitorear si están organizada la comunidad de acuerdo en lo propuesto en las medidas o plan de contingencia.

Plan de seguridad humana

- El personal que trabajará en la ejecución del proyecto debe contar con el equipo adecuado, tal como mascarillas, guantes, overoles, botas, casco, etc., que minimicen los riesgos de accidentes de salud.
- Plan de capacitación al personal que laborará en la ejecución del proyecto sobre aspectos de salud y manejo del sistema, y del equipo a utilizar.
- Mantener en un lugar de fácil acceso un botiquín con medicamentos de primeros auxilios.

Plan de seguridad ambiental

- En el análisis de los impactos se observa que el proyecto tiene aspectos negativos al ambiente, solamente en la etapa de construcción, pero estos son fácilmente manejables mediante la implementación de las medidas de mitigación que se explicaron en el apartado de alternativas de ahí en adelante no se visualizan impactos que dañen el ambiente.

Impactos positivos

Cabe resaltar que uno de los impactos positivos que tendrá el proyecto en el ambiente es el evitar la contaminación de los acuíferos, pues el objetivo del proyecto es que las aguas servidas no corran a flor de tierra y por lo tanto no contaminen el nivel freático. También cabe mencionar que se evitará la proliferación de bacterias en el ambiente, causantes de enfermedades a los pobladores, ayudando con ello al mejoramiento de las condiciones de salud.

Impacto ambiental de las aguas tratadas en el cuerpo receptor

El impacto ambiental se puede calificar de tipo positivo, debido a que las aguas que llegarán al cuerpo receptor pasaran por una planta de tratamiento, evitando con ello la contaminación del río de Naisa, que fue escogido como cuerpo receptor en el proyecto del alcantarillado sanitario para la aldea Las Joyas en Santa Lucía Cotzumalguapa.

4.2 Impacto ambiental en pavimentación rígida

La construcción de vías pavimentadas, al igual que todos los proyectos de infraestructura, genera impactos en los componentes ambientales: ambiente físico, biológico y social. Para la construcción de un pavimento rígido los impactos generados se consideran poco significativos, debido a que generalmente no cruzan zona de alto valor escénico, área turística, sitio

ceremonial, sitio arqueológico, área de protección agrícola, área de producción forestal, área de producción pecuaria.

Toda autorización derivada de un estudio de evaluación de impacto ambiental significativo, deberá garantizar su cumplimiento por parte de la persona interesada, individual o jurídica, por medio de una fianza que será determinada por el Ministerio de Ambiente.

Factores que puedan causar impacto ambiental y sus obras de mitigación

Tabla VII. Medidas de mitigación de impactos ambientales en pavimentos

Componente	Impacto	Medida de mitigación
Suelos	Deslaves de material	Prevención durante la construcción, prevención de erosión usando estabilización física.
	Erosión de cortes	

Continuación

Componente	Impacto	Medida de mitigación
Recursos hídricos	Alteración del drenaje superficial	Construcción durante estación seca, minimizar la erosión de la ribera del río,
	Disminución de la calidad del agua	alteración mínima de de corrientes de aguas naturales.
	Contaminación de cuerpos de agua por causa de los insumos utilizados durante la construcción	Depositar los desechos de insumos en un lugar fuera de la zona del cause del río.
Calidad del aire	Contaminación del aire por polvo generado en construcción	Uso de agua para minimizar la generación de polvo.
Salud	Riesgos para la salud de los trabajadores	Desarrollar plan de seguridad e higiene
	Generación de desechos	Hacer servicio sanitario provisional.

Humana	sólidos derivados de las actividades de los trabajadores de la obra	Colocar toneles para la basura y para posterior disposición en zona adecuada.
Vegetación y fauna	Remoción y afectación de cobertura vegetal	Utilizar la infraestructura existente para la instalación de los trabajadores. Separar la capa de material orgánico de la del material inerte. Disponer adecuadamente el material orgánico para su posible reutilización. Evitar el paso de maquinaria sobre el suelo con cobertura vegetal fuera del área de la obra. Restaurar las zonas afectadas con especies establecidas en el lugar.

Continuación

Componente	Impacto	Medida de mitigación
Población	Alteración de las costumbres y cultura de las comunidades cercanas	Evitar la interferencia entre el tráfico peatonal y/o vehicular y los frentes de trabajo. Disponer de rutas alternativas en fechas de importancia para la población.
	Incremento en los niveles de accidentes	Transportar el material de excavación sin superar la capacidad del vehículo de carga. Mantener una adecuada señalización en el área de la obra, en etapa de ejecución y operación. Instalar cercos perimetrales en los frentes de trabajo. Controlar la velocidad de los vehículos y que estos cuenten con alarma reversa.

Paisaje	Impacto visual	Recuperar y restaurar el espacio público afectado, una vez finalizada la obra, retirando todos los materiales y residuos provenientes de las actividades constructivas.
Patrimonio cultural	Daño al patrimonio cultural	Suspender la obra, delimitar el área e informar a quién corresponda para una correcta evaluación; en eventualidad de encontrar hallazgos históricos y arqueológicos, una vez realizadas estas actividades se puede continuar el trabajo.

CONCLUSIONES

1. El ejercicio profesional supervisado –EPS- permitió conocer a profundidad la situación en que se encuentran las comunidades del interior de la república. Con el trabajo de campo se hace un mejor estudio para diseñar con certeza, los proyectos de infraestructura que se adecúan a las necesidades de la comunidad, contribuyendo de esta manera, con un servicio para la población guatemalteca.
2. El beneficio que obtendrá la población de Santa Lucía Cotzumalguapa al pavimentar su antigua entrada será mejorar la fluidez de vehículos en la entrada que actualmente se utiliza y así tener otra alternativa de entrada.

3. El proyecto de drenaje sanitario para la aldea Las Joyas, se determinó que es importante, ya que la población es víctima de enfermedades de tipo gastro-intestinal, causadas por aguas negras. Demostrando que con una correcta evacuación de las aguas residuales la población será beneficiada, ya que esto ayudará a preservar el medio ambiente.
4. Se determinó que la planta de tratamiento para el drenaje sanitario tiene un riesgo de vulnerabilidad por el sitio donde se encuentra ubicada, estando su punto de desfogue en las orillas de un río.
5. Se concluye que es importante tomar en cuenta una planta de tratamiento para las aguas negras, pues con ello, se reduce la contaminación ambiental y la preservación de la flora y la fauna, pudiéndose reutilizar dichas aguas para usos diversos, siempre y cuando se tome en cuenta el tipo de tratamiento que se planificó.

RECOMENDACIONES

1. La oficina municipal de planificación deberá exigir el cumplimiento de las especificaciones contenidas en los planos a la entidad ejecutora del proyecto.
2. Tener un plan de limpieza de cunetas y tragantes, antes de la época de invierno, ya que es difícil evacuar el agua pluvial cuando éstos se encuentran repletos de basura, lo cual puede traer como consecuencia, inundaciones.

3. Una vez terminado el proyecto de sistema de alcantarillado, se sugiere tener un plan de limpieza para el sistema que deberá realizarse dos veces al año, ya que el objetivo es evitar la acumulación en las tuberías, colectores y pozos de visita de basura o material que perjudique el buen funcionamiento del proyecto.
4. Previo a la descarga de las aguas residuales, que en este caso es en el río de Naisa, se aconseja construir una planta de tratamiento de aguas residuales, contando con la asesoría de un Ingeniero Sanitario.
5. Se sugiere tomar en cuenta la vulnerabilidad de la planta de tratamiento con obras de mitigación, ya que la ubicación es inmediata al río de Naisa, que fue considerado como cuerpo receptor.

BIBLIOGRAFÍA

1. **CIFUENTES Barrios, Marco Tulio.** Estudio de introducción de drenajes sanitarios y planta de tratamiento en el caserío El silencio, Municipio de Coatepeque, Departamento de Quetzaltenango. Trabajo de graduación de ingeniero civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2004.
2. **CHACON Valdez, Henry Ernesto.** Diseño de pavimento rígido de la calzada principal de acceso al municipio del Progreso y ampliación del sistema de agua potable de la aldea El Ovejero del municipio del Progreso. Trabajo de graduación de ingeniero civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1995.
3. **DÍAZ Flores, Juan Carlos.** Diseño de pavimento y Drenaje Pluvial de un sector de las zonas 1 y 9, y Drenaje sanitario del Cantón Choqui Zona 5, Quetzaltenango. Trabajo de graduación de ingeniero civil,

Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1998.

4. **Pórtland Cement Association (PCA).** Design of concrete pavement for city streets. USA 1974
5. **RODAS Ceballos, Gustavo Adolfo.** Estudio comparativo entre la utilización de alcantarilla de metal corrugado y alcantarilla de material plástico en drenajes menores de carreteras. Trabajo de graduación de ingeniero civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2004.
6. **WEISSIG, Dirk.** Fundamentos sobre la compactación de suelos. Editorial Wacker-Werke GMBH & Co., Alemania, 1995.
7. **YAÑEZ Cossio, Dr. Fabián.** Normas de diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales. Escuela regional de Ingeniería Sanitaria, Guatemala. Reglamento publicado en septiembre de 1995.

ANEXOS

Tabla VIII. Elementos hidráulicos de alcantarilla de sección circular

d/D	a/A	v/V	q/Q
0.0050	0.00060	0.050	0.000030
0.0075	0.00110	0.074	0.000081
0.0100	0.00167	0.088	0.000147
0.0125	0.00237	0.103	0.000244
0.0150	0.00310	0.116	0.000360
0.0175	0.00391	0.129	0.000504
0.0200	0.00477	0.141	0.000672
0.0225	0.00569	0.152	0.000865
0.0250	0.00665	0.163	0.001084
0.0275	0.00768	0.174	0.001336
0.0300	0.00874	0.184	0.001608
0.0325	0.00985	0.194	0.001911
0.0350	0.01100	0.203	0.002233
0.0375	0.01219	0.212	0.002584
0.0400	0.01342	0.221	0.002966
0.0425	0.01468	0.230	0.003376
0.0450	0.01599	0.239	0.003822
0.0475	0.01732	0.248	0.004295
0.0500	0.01870	0.256	0.004787
0.0525	0.02010	0.264	0.005306
0.0550	0.02154	0.273	0.005880
0.0575	0.02300	0.281	0.006463
0.0600	0.02449	0.289	0.007078
0.0625	0.02603	0.297	0.007731
0.0650	0.02758	0.305	0.008412
0.0675	0.02916	0.312	0.009098
0.0700	0.03078	0.320	0.009850
0.0725	0.03231	0.327	0.010565
0.0750	0.03407	0.334	0.011379
0.0775	0.03576	0.341	0.012194
0.0800	0.03747	0.348	0.013040
0.0825	0.03922	0.355	0.013923
0.0850	0.04098	0.361	0.014794
0.0875	0.04277	0.368	0.015739
0.0900	0.04459	0.375	0.016721
0.0925	0.04642	0.381	0.017918
0.0950	0.04827	0.388	0.018729

d/D	a/A	v/V	q/Q
0.0975	0.05011	0.393	0.019693
0.1000	0.05204	0.401	0.020868
0.1025	0.05396	0.408	0.022016
0.1050	0.05584	0.414	0.023118
0.1075	0.05783	0.420	0.024289
0.1100	0.05986	0.426	0.025500
0.1125	0.06186	0.432	0.026724
0.1150	0.06388	0.439	0.028043
0.1175	0.06591	0.444	0.029264
0.1200	0.06797	0.450	0.030587
0.1225	0.07005	0.456	0.031943
0.1250	0.07214	0.463	0.033401
0.1275	0.07426	0.468	0.034754
0.1300	0.07640	0.473	0.036137
0.1325	0.07855	0.479	0.037625
0.1350	0.08071	0.484	0.039064
0.1375	0.08289	0.490	0.040616
0.1400	0.08509	0.495	0.042120
0.1425	0.08732	0.501	0.043747
0.1450	0.08954	0.507	0.045397
0.1475	0.09129	0.511	0.046649
0.1500	0.09406	0.517	0.048629
0.1525	0.09638	0.522	0.050310
0.1550	0.09864	0.528	0.052082
0.1575	0.10095	0.533	0.053806
0.1600	0.10328	0.538	0.055565
0.1650	0.10796	0.548	0.059162
0.1700	0.11356	0.560	0.063594
0.1750	0.11754	0.568	0.066763
0.1800	0.12241	0.577	0.070630
0.1850	0.12733	0.587	0.074743
0.1900	0.13229	0.596	0.078845
0.1950	0.13725	0.605	0.083036
0.2000	0.14238	0.615	0.087564
0.2050	0.14750	0.624	0.091040
0.2100	0.15266	0.633	0.096634
0.2150	0.15786	0.644	0.101662

Continuación

d/D	a/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q
0.2200	0.16312	0.651	0.106191	0.5900	0.61396	1.066	0.654880
0.2250	0.16840	0.659	0.110976	0.6000	0.62646	1.072	0.671570
0.2300	0.17356	0.669	0.116112	0.6100	0.63892	1.078	0.688760
0.2350	0.17913	0.676	0.121092	0.6200	0.65131	1.083	0.705370
0.2400	0.18455	0.684	0.126232	0.6300	0.66363	1.089	0.722690
0.2450	0.19000	0.692	0.131486	0.6400	0.67593	1.094	0.739470
0.2500	0.19552	0.702	0.137260	0.6500	0.68770	1.098	0.755100
0.2600	0.20660	0.716	0.147930	0.6600	0.70053	1.104	0.773390
0.2700	0.21784	0.730	0.159020	0.6700	0.71221	1.108	0.789130
0.2800	0.22921	0.747	0.171220	0.6800	0.72413	1.112	0.805230
0.2900	0.24070	0.761	0.183170	0.6900	0.73596	1.116	0.821330
0.3000	0.25232	0.776	0.195800	0.7000	0.74769	1.120	0.837410
0.3100	0.26403	0.790	0.208580	0.7100	0.75957	1.124	0.853760
0.3200	0.27587	0.804	0.221800	0.7200	0.77079	1.126	0.867910
0.3300	0.28783	0.817	0.235160	0.7300	0.78219	1.130	0.883840
0.3400	0.29978	0.830	0.248820	0.7400	0.79340	1.132	0.897340
0.3500	0.31230	0.843	0.263270	0.7500	0.80450	1.134	0.912300
0.3600	0.32411	0.856	0.277440	0.7600	0.81544	1.136	0.926340
0.3700	0.33637	0.868	0.291970	0.7700	0.82623	1.137	0.939420
0.3800	0.34828	0.879	0.306490	0.7800	0.83688	1.139	0.953210
0.3900	0.36108	0.891	0.321720	0.7900	0.85101	1.140	0.970150
0.4000	0.37354	0.902	0.336930	0.8000	0.86760	1.140	0.989060
0.4100	0.38604	0.913	0.352460	0.8100	0.87759	1.140	1.000450
0.4200	0.39858	0.921	0.367090	0.8200	0.87759	1.140	1.000450
0.4300	0.40890	0.934	0.381910	0.8300	0.88644	1.139	1.009660
0.4400	0.42379	0.943	0.399630	0.8400	0.89672	1.139	1.021400
0.4500	0.43645	0.955	0.416810	0.8500	0.90594	1.138	1.031000
0.4600	0.44913	0.964	0.432960	0.8600	0.91491	1.136	1.047400
0.4700	0.46178	0.973	0.449310	0.8700	0.92361	1.134	1.047400
0.4800	0.47454	0.983	0.466470	0.8800	0.93202	1.131	1.054100
0.4900	0.48742	0.991	0.483030	0.8900	0.94014	1.128	1.060300
0.5000	0.50000	1.000	0.500000	0.9000	0.94796	1.124	1.065500
0.5100	0.51256	1.009	0.517190	0.9100	0.95541	1.120	1.070100
0.5200	0.52546	1.016	0.533870	0.9200	0.96252	1.116	1.074200
0.5300	0.53822	1.023	0.550600	0.9300	0.96922	1.109	1.074900
0.5400	0.55087	1.029	0.566850	0.9400	0.97554	1.101	1.074100
0.5500	0.56355	1.033	0.582150	0.9500	0.98130	1.094	1.073500
0.5600	0.57621	1.049	0.604440	0.9600	0.98658	1.086	1.071400
0.5700	0.58882	1.058	0.622970	0.9700	0.99126	1.075	1.065600
0.5800	0.60142	1.060	0.637500	0.9800	0.99522	1.062	1.056900

Tabla IX. Diseño hidráulico de drenaje sanitario

CUADRO CÁLCULO HIDRÁULICO

PROYECTO: DRENAJE SANITARIO ALDEA LAS JOYAS, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA
DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA

Pozos de visita DE POZO	A POZO	COTAS TERRENO		DH (M)	PENDIENTE (%)		No DE CASAS		HAB. A SERVIR		DIAM.	FACT. HARM.		CAUDAL DE DISEÑO		SECCIÓN LLENA	
		INICIAL	FINAL		TERRENO	ASUMIDA	LOCAL	ACUM.	ACT.	FUT.		ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	VEL. (m/s)	Q (l/s)
1	2	363.59	360.90	40.00	6.73	6.70	4	4	32	78	6	4.35	4.27	0.28	0.66	2.93	53.46
2	3	360.90	359.60	52.00	2.50	2.50	6	10	48	117	6	4.32	4.22	0.41	0.98	1.79	32.66
3	4	359.60	357.51	78.00	2.68	2.70	13	23	184	447	6	4.16	4.00	1.53	3.57	1.86	33.94
4	5	357.51	354.52	50.00	5.98	6.00	1	24	192	193	6	4.15	4.15	1.60	1.60	2.77	50.59
5	6	354.52	353.22	42.00	3.10	3.15	1	25	200	485	6	4.15	3.98	1.66	3.86	2.01	36.66
6	7	353.22	351.53	55.00	3.07	3.00	0	25	200	485	6	4.15	3.98	1.66	3.86	1.96	35.77
7	8	351.53	350.02	55.00	2.75	2.50	2	27	216	524	6	4.14	3.96	1.79	4.16	1.79	32.66
8	9	350.02	348.88	57.00	2.00	2.00	6	33	284	641	6	4.10	3.92	2.17	5.02	1.60	29.21
9	10	348.88	347.88	92.00	1.09	1.10	13	46	368	893	6	4.04	3.83	2.97	6.84	1.19	21.66
10	11	347.88	346.66	70.00	3.17	3.15	1	47	376	913	6	4.03	3.83	3.03	6.98	2.01	36.66
11	12	346.66	344.10	70.00	2.23	2.25	0	47	376	913	6	4.03	3.83	3.03	6.98	1.70	30.98
12	13	344.10	340.77	92.00	3.62	3.70	1	48	384	932	6	4.03	3.82	3.10	7.12	2.18	39.73
13	14	340.77	339.34	39.00	3.67	3.50	10	58	464	1,126	6	3.99	3.77	3.70	8.48	2.12	38.64
14	15	339.34	337.35	39.50	5.04	5.00	2	60	480	1,165	6	3.98	3.76	3.82	8.75	2.53	46.18
15	16	337.35	335.89	42.00	3.48	3.40	2	62	496	1,204	6	3.98	3.75	3.94	9.02	2.09	38.08
16	17	335.89	336.61	13.00	2.15	2.00	10	72	576	1,398	6	3.94	3.70	4.54	10.35	1.60	29.21
17	18	336.61	334.10	33.00	4.58	4.5	12	84	672	1,631	6	3.90	3.65	5.25	11.92	2.40	43.81
18	19	334.10	332.52	50.00	3.16	3.20	12	96	768	1,894	6	3.87	3.61	5.95	13.46	2.03	36.95
19	20	332.52	332.10	15.00	2.80	2.80	12	108	864	2,097	6	3.84	3.57	6.64	14.97	1.89	34.56
20	21	332.10	330.80	37.00	3.51	3.50	8	116	928	2,252	6	3.82	3.55	7.09	15.97	2.12	38.64
21	22	330.80	328.38	53.00	2.68	2.70	6	122	976	2,369	6	3.81	3.53	7.43	16.71	1.86	33.94
22	23	329.38	327.90	53.50	2.77	2.70	8	130	1040	2,524	6	3.79	3.51	7.88	17.70	1.86	33.94
23	24	327.90	326.81	45.00	2.42	2.40	7	137	1096	2,660	6	3.77	3.49	8.27	18.55	1.75	32.00
24	25	326.81	326.67	8.50	1.65	1.70	10	147	1176	2,854	6	3.75	3.46	8.83	19.76	1.48	26.93
25	26	326.67	325.89	65.50	1.19	1.50	11	158	1264	3,068	6	3.73	3.43	9.43	21.07	1.39	25.30

Continuación

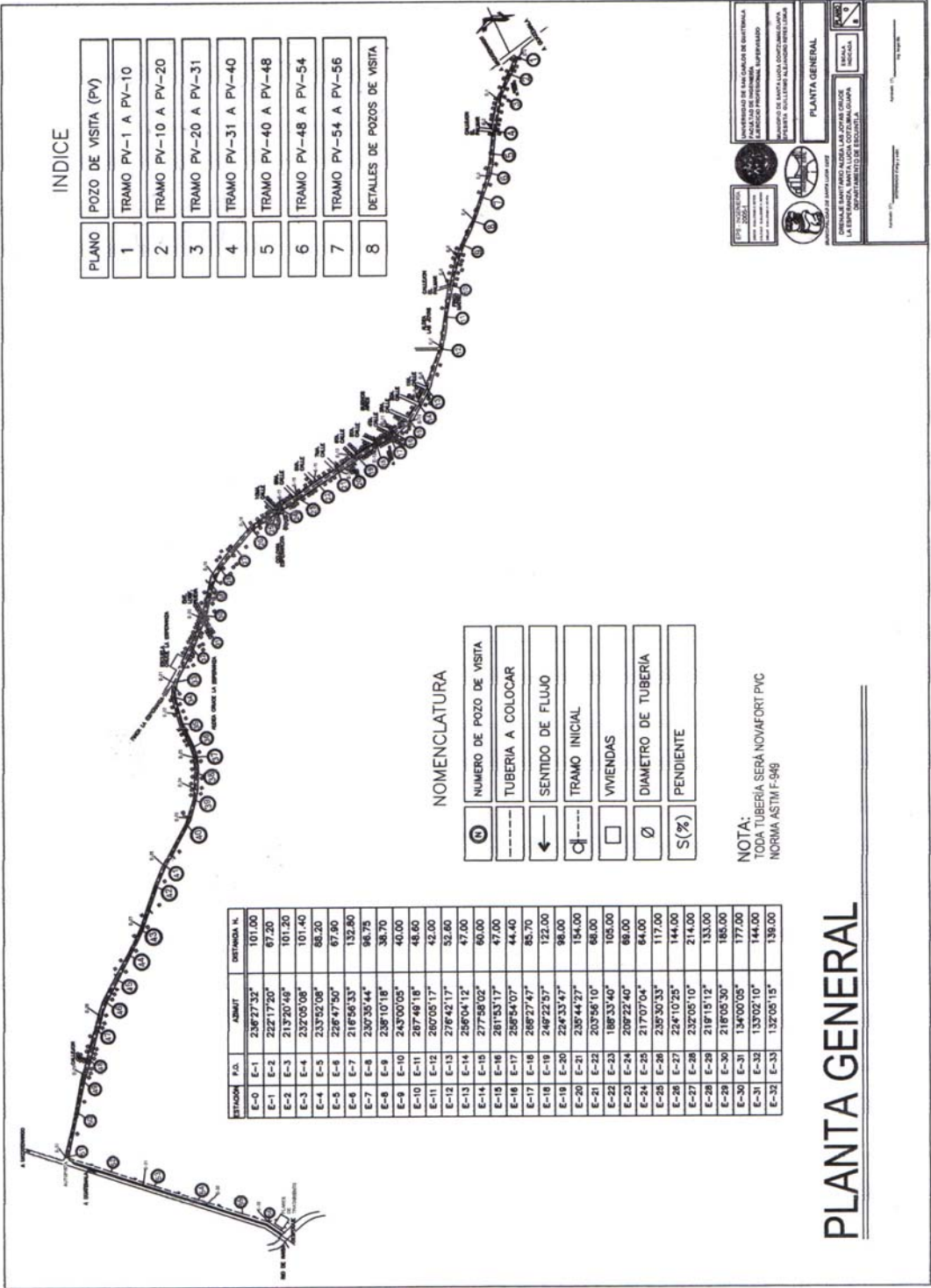
26	27	325.89	324.45	55.00	2.62	2.60	1	159	1272	3,087	6	3.73	3.43	9.49	21.19	1.83	33.30
27	28	324.45	323.48	55.00	1.76	1.80	10	169	1352	3,282	6	3.71	3.41	10.04	22.37	1.52	27.71
28	29	323.48	322.04	41.00	3.51	3.50	1	170	1360	3,301	6	3.71	3.41	10.09	22.49	2.12	38.64
29	30	322.04	320.47	70.00	2.24	2.25	6	176	1408	3,418	6	3.70	3.39	10.42	23.20	1.70	30.98
30	31	320.47	320.24	10.00	2.30	2.30	10	186	1488	3,612	6	3.68	3.37	10.96	24.36	1.72	31.32
31	32	320.24	316.85	64.00	5.29	5.20	15	201	1608	3,903	6	3.66	3.34	11.76	26.09	2.58	47.10
32	33	316.85	314.50	85.00	2.76	2.80	15	216	1728	4,194	6	3.63	3.31	12.56	27.81	1.89	34.56
33	34	314.50	313.59	32.50	2.80	2.60	1	217	1736	4,214	6	3.63	3.31	12.61	27.92	1.83	33.30
34	35	313.59	311.55	60.00	3.40	3.40	6	223	1784	4,330	6	3.62	3.30	12.93	28.60	2.09	38.08
35	36	311.55	310.40	58.50	1.97	1.90	4	227	1816	4,408	8	3.62	3.30	13.14	29.05	1.89	61.31
36	37	310.40	309.50	20.50	4.39	4.20	1	228	1824	4,427	8	3.62	3.29	13.19	29.16	2.81	91.16
37	38	309.50	307.79	36.00	4.75	4.60	3	231	1848	4,486	8	3.61	3.29	13.35	29.50	2.94	95.40
38	39	307.79	306.73	57.00	1.86	1.80	7	238	1904	4,622	8	3.60	3.28	13.72	30.28	1.84	59.68
39	40	306.73	306.05	58.00	1.17	1.15	1	239	1912	4,641	8	3.60	3.27	13.77	30.40	1.47	47.70
40	41	306.05	304.11	100.00	1.94	1.90	1	240	1920	4,660	8	3.60	3.27	13.82	30.51	1.89	61.31
41	42	304.11	303.59	50.00	1.04	1.00	1	241	1928	4,680	8	3.60	3.27	13.87	30.62	1.37	44.48
42	43	303.59	302.61	100.00	0.98	0.90	2	243	1944	4,719	8	3.60	3.27	13.98	30.84	1.30	42.20
43	44	302.61	302.09	60.00	0.87	0.80	2	245	1960	4,757	8	3.59	3.26	14.08	31.07	1.23	39.78
44	45	302.09	301.18	60.00	1.52	1.50	3	248	1984	4,816	8	3.59	3.26	14.24	31.40	1.68	54.48
45	46	301.18	300.35	55.00	1.51	1.50	3	251	2008	4,874	8	3.58	3.26	14.40	31.73	1.68	54.48
46	47	300.35	299.45	66.00	1.36	1.30	3	254	2032	4,932	8	3.58	3.25	14.55	32.06	1.56	50.71
47	48	299.45	297.91	66.00	2.33	2.30	12	266	2128	5,165	8	3.56	3.23	15.17	33.39	2.08	67.46
48	49	297.91	296.78	47.00	2.40	2.30	3	269	2152	5,223	8	3.56	3.23	15.33	33.72	2.08	67.46
49	50	296.78	295.62	72.00	1.61	1.60	1	270	2160	5,243	8	3.56	3.23	15.38	33.83	1.73	56.26
50	51	295.62	295.10	100.00	0.52	0.50	1	271	2168	5,262	10	3.56	3.22	15.43	33.94	1.13	57.03
51	52	295.10	294.60	100.00	0.50	0.50	1	272	2176	5,282	10	3.56	3.22	15.48	34.04	1.13	57.03
52	53	294.60	294.87	100.00	-0.27	0.50	0	272	2176	5,282	10	3.56	3.22	15.48	34.04	1.13	57.03
53	54	294.87	293.48	100.00	1.39	1.00	0	272	2176	5,282	10	3.56	3.22	15.48	34.04	1.59	80.65
54	55	293.48	292.77	100.00	0.71	0.60	0	272	2176	5,282	10	3.56	3.22	15.48	34.04	1.23	62.47
55	56	292.77	289.57	60.00	5.33	4.10	0	272	2176	5,282	12	3.56	3.22	15.48	34.04	3.64	265.54
56	Planta ^a	289.57	289.57	34.50	0.00	4.00	0	272	2176	5,282	12	3.56	3.22	15.48	34.04	3.59	262.28

Continuación

Pozos de visita		q/Q		v/v		VELOCIDAD DE DISEÑO		COTAS INVERT		PROF. POZO		Pozo	ANCHO	EXC.
DE POZO	A POZO	ACTUAL	FUTURA	ACTUAL	FUTURA	ACTUAL	FUTURA	INICIO	FINAL	INICIO	FINAL	ALTURA	ZANJA (m)	(m3)
1	2	0.00520781	0.012413624	0.264	0.341	0.773706621	0.99937105	362.19	359.51	1.40	1.39	1.40	0.60	33.48
2	3	0.01269448	0.030146114	0.348	0.45	0.62299453	0.80559638	359.48	358.18	1.42	1.42	1.42	0.60	44.30
3	4	0.04512022	0.105253065	0.507	0.651	0.943245684	1.21114978	358.15	356.04	1.45	1.47	1.45	0.60	68.23
4	5	0.03153367	0.031624807	0.456	0.456	1.264664865	1.26466487	356.01	353.01	1.50	1.51	1.50	0.60	45.03
5	6	0.04526402	0.105437753	0.479	0.615	0.962555491	1.23584891	352.98	351.66	1.54	1.56	1.54	0.60	39.00
6	7	0.04638182	0.108041547	0.511	0.651	1.002112577	1.27666397	351.63	349.98	1.59	1.55	1.59	0.60	51.78
7	8	0.05470979	0.127268079	0.538	0.684	0.963135222	1.22450649	349.95	348.58	1.58	1.44	1.58	0.60	49.88
8	9	0.07414419	0.171840024	0.587	0.747	0.939913926	1.19610852	348.55	347.41	1.47	1.47	1.47	0.60	50.41
9	10	0.13723708	0.315954837	0.702	0.891	0.833620604	1.05805692	347.38	346.36	1.50	1.52	1.50	0.60	83.35
10	11	0.08277282	0.19047757	0.605	0.776	1.215753803	1.55938009	346.33	344.13	1.55	1.53	1.55	0.60	64.62
11	12	0.09793812	0.225376101	0.633	0.804	1.075053196	1.36547041	344.10	342.52	1.56	1.58	1.56	0.60	65.88
12	13	0.07791597	0.179220664	0.596	0.761	1.298022161	1.65737393	342.49	339.09	1.61	1.68	1.61	0.60	90.69
13	14	0.09584486	0.219548233	0.633	0.790	1.34082691	1.67338588	339.06	337.70	1.71	1.64	1.71	0.60	39.25
14	15	0.08280046	0.189522778	0.605	0.761	1.531705819	1.92665806	337.67	335.69	1.67	1.66	1.67	0.60	39.52
15	16	0.10356814	0.236881132	0.644	0.817	1.344498467	1.70567585	335.66	334.23	1.69	1.66	1.69	0.60	42.18
16	17	0.15546789	0.354348811	0.730	0.913	1.168887847	1.46191042	334.20	333.94	1.69	1.67	1.69	0.60	13.09
17	18	0.11978089	0.27199352	0.669	0.856	1.606820486	2.05596164	333.91	332.43	1.70	1.67	1.70	0.60	33.37
18	19	0.16093281	0.364222518	0.730	0.921	1.478539171	1.86538983	332.40	330.80	1.70	1.72	1.70	0.60	51.39
19	20	0.19200192	0.433227472	0.776	0.964	1.470197643	1.82637955	330.77	330.35	1.75	1.75	1.75	0.60	15.78
20	21	0.18352328	0.413324364	0.761	0.955	1.611957786	2.02289052	330.32	329.02	1.78	1.78	1.78	0.60	39.53
21	22	0.21895809	0.492472925	0.804	1.000	1.49579789	1.86044514	328.99	327.56	1.81	1.82	1.81	0.60	57.67
22	23	0.23222236	0.521425045	0.817	1.009	1.519983677	1.87718914	327.53	326.09	1.85	1.81	1.85	0.60	58.78
23	24	0.25854737	0.579711846	0.843	1.033	1.47865951	1.81192796	326.06	324.98	1.84	1.83	1.84	0.60	49.64
24	25	0.3278348	0.733660241	0.891	1.094	1.315337343	1.61501577	324.95	324.80	1.86	1.87	1.86	0.60	9.52
25	26	0.37298335	0.833044213	0.921	1.120	1.277145111	1.5530972	324.77	323.79	1.90	2.10	1.90	0.60	78.57
26	27	0.28494966	0.636313344	0.856	1.060	1.56277129	1.93520744	323.76	322.33	2.13	2.12	2.13	0.60	70.14
27	28	0.36220334	0.807458214	0.921	1.112	1.399042373	1.68918037	322.30	321.31	2.15	2.17	2.15	0.60	71.30
28	29	0.26115953	0.582105978	0.843	1.033	1.786651003	2.1881109	321.28	319.84	2.20	2.20	2.20	0.60	54.07
29	30	0.33625037	0.748751953	0.902	1.098	1.531908345	1.86478422	319.81	318.24	2.23	2.23	2.23	0.60	93.58

30	31	0.34983837	0.777800745	0.913	1.104	1.567724267	1.89569287	318.21	317.98	2.26	2.26	2.26	0.60	13.56
31	32	0.24975069	0.554057047	0.83	1.023	2.142963379	2.64126691	317.95	314.62	2.29	2.23	2.29	0.60	86.82
32	33	0.36342882	0.804593042	0.921	1.112	1.744912409	2.10677807	314.59	312.21	2.26	2.29	2.26	0.60	115.95
33	34	0.37873699	0.838372968	0.921	1.120	1.68143967	2.04474748	312.18	311.34	2.32	2.25	2.32	0.60	44.58
34	35	0.339511704	0.750968907	0.902	1.098	1.883132945	2.29232813	311.31	309.27	2.28	2.28	2.28	0.60	82.21
35	36	0.2143253	0.473818862	0.790	0.983	1.4935899	1.85847958	309.22	308.11	2.33	2.29	2.33	0.60	81.23
36	37	0.14473061	0.319922296	0.716	0.891	2.01263557	2.50455069	308.08	307.21	2.32	2.29	2.32	0.60	28.36
37	38	0.13994704	0.309232238	0.702	0.879	2.065111496	2.585802	307.18	305.53	2.32	2.26	2.32	0.60	49.44
38	39	0.22986682	0.50748631	0.804	1.000	1.47951638	1.8401945	305.50	304.47	2.29	2.26	2.29	0.60	77.80
39	40	0.28867937	0.637252205	0.868	1.060	1.276721353	1.55912976	304.44	303.78	2.29	2.27	2.29	0.60	79.40
40	41	0.22544098	0.497595242	0.804	1.000	1.520058582	1.89062013	303.75	301.85	2.30	2.26	2.30	0.60	137.10
41	42	0.31192313	0.688396893	0.879	1.078	1.2056364	1.4785848	301.82	301.32	2.29	2.27	2.29	0.60	68.55
42	43	0.33126929	0.730918626	0.902	1.094	1.173695038	1.42352813	301.29	300.39	2.30	2.22	2.30	0.60	135.90
43	44	0.35398486	0.780854063	0.913	1.108	1.120065054	1.35929034	300.36	299.88	2.25	2.21	2.25	0.60	80.46
44	45	0.26138111	0.576377256	0.843	1.033	1.416122035	1.73529545	299.85	298.95	2.24	2.23	2.24	0.60	80.64
45	46	0.26424377	0.582487467	0.843	1.033	1.416122035	1.73529545	298.92	298.09	2.26	2.26	2.26	0.60	74.66
46	47	0.28691359	0.632242726	0.868	1.060	1.357434484	1.65769649	298.06	297.20	2.29	2.25	2.29	0.60	89.85
47	48	0.22490242	0.494933267	0.804	1.000	1.672428051	2.08013439	297.17	295.65	2.28	2.26	2.28	0.60	89.77
48	49	0.22719338	0.499812426	0.817	1.000	1.699469798	2.08013439	295.62	294.54	2.29	2.24	2.29	0.60	63.77
49	50	0.27330999	0.601201649	0.856	1.049	1.485118925	1.81996466	294.51	293.36	2.27	2.26	2.27	0.60	97.76
50	51	0.2705541	0.595075723	0.856	1.049	0.963369558	1.18057788	293.31	292.81	2.31	2.29	2.31	0.60	137.94
51	52	0.27145567	0.596994941	0.856	1.049	0.963369558	1.18057788	292.78	292.28	2.32	2.32	2.32	0.60	139.14
52	53	0.27145567	0.596994941	0.856	1.049	0.963369558	1.18057788	292.25	291.75	2.35	3.12	2.35	0.60	164.04
53	54	0.19194815	0.422139171	0.776	0.955	1.235082229	1.51997877	291.72	290.72	3.15	2.76	3.15	0.60	177.24
54	55	0.24780399	0.544979326	0.830	1.023									

Figura 15. Planta general de drenaje sanitario



PLANTA P.V. 1 A P.V. 10

P.V. = POZO DE VISITA

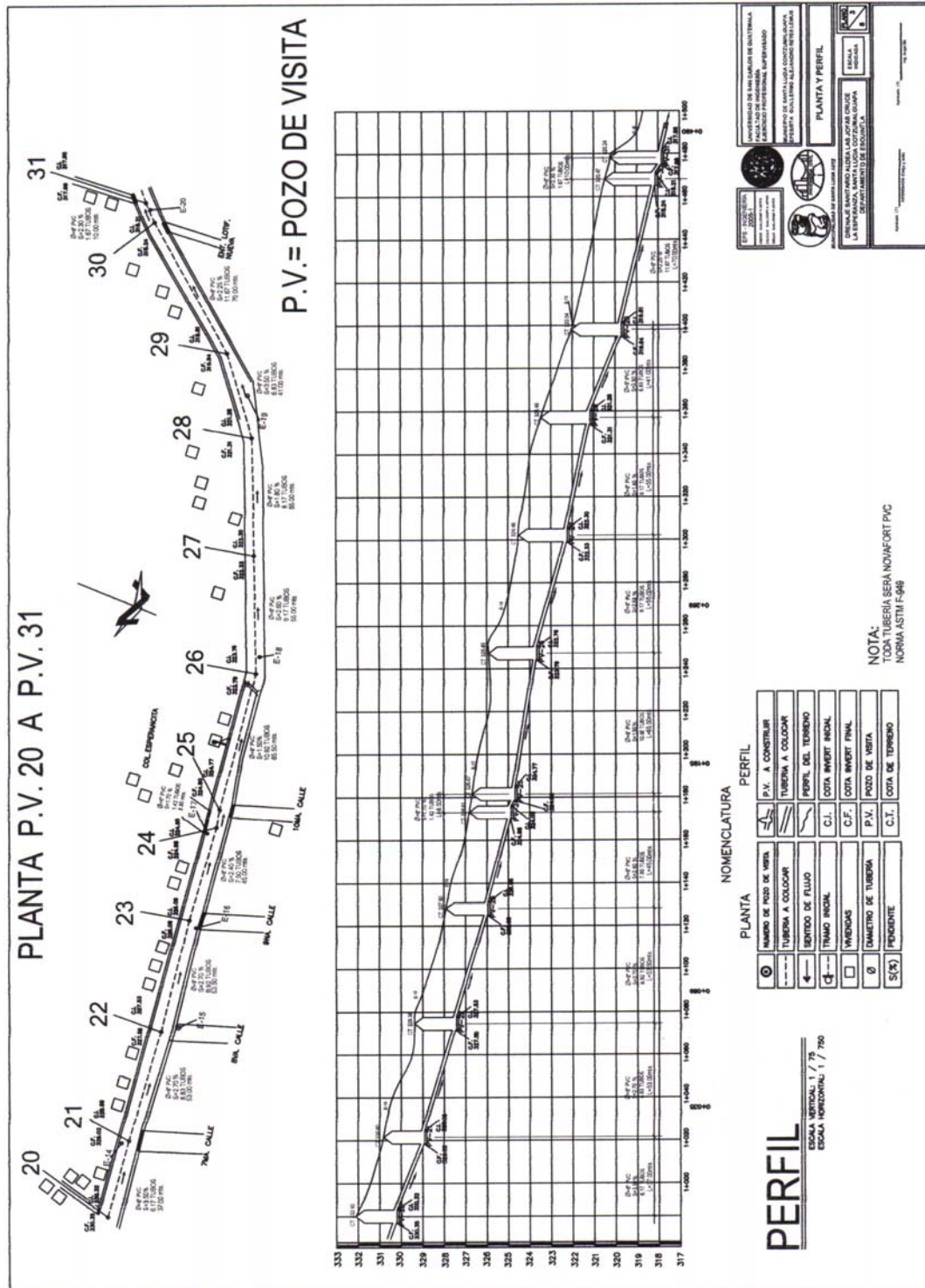
PERFIL

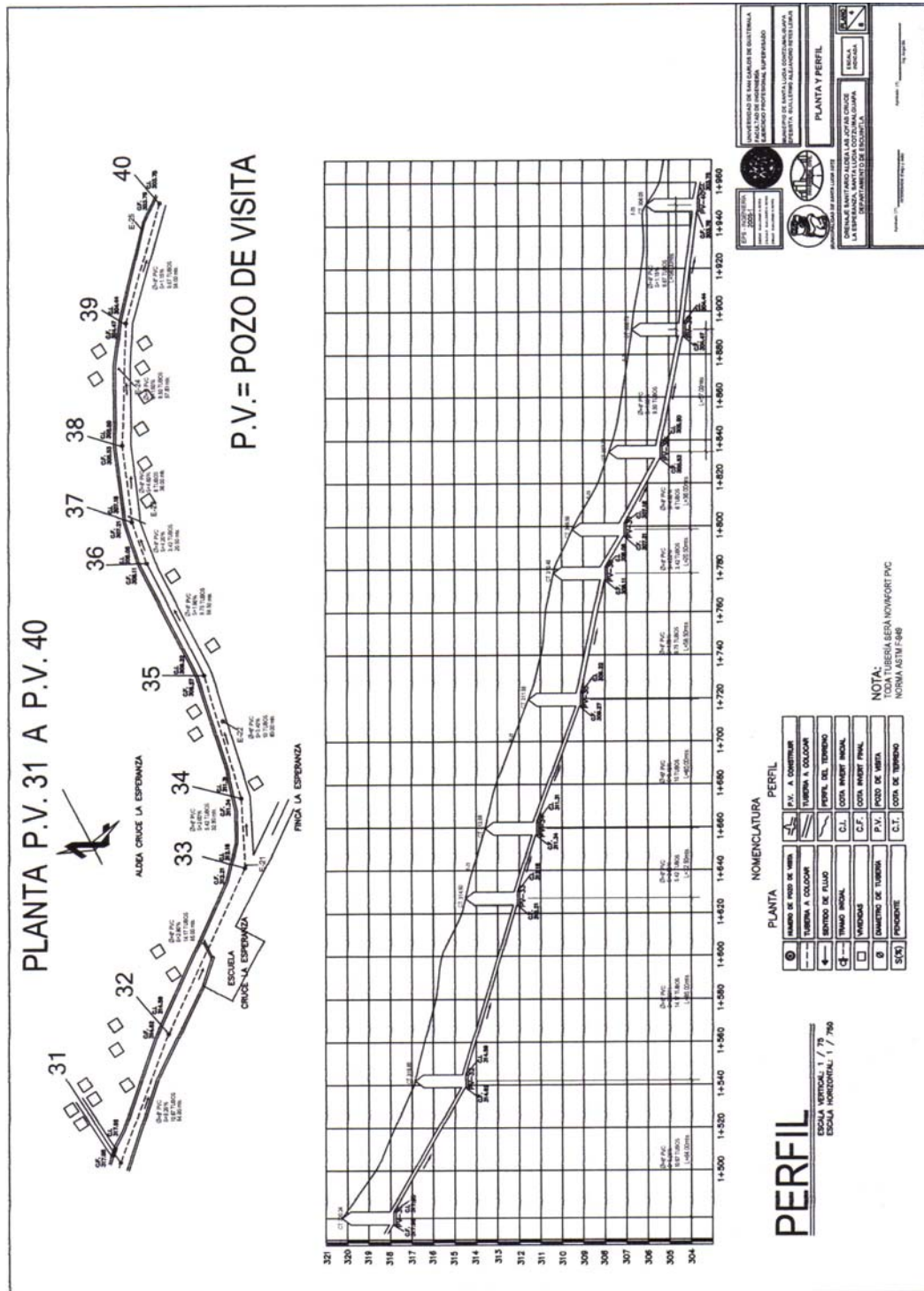
NOMENCLATURA

PLANTA		PERFIL	
⊙	MANO DE POZO DE VISITA	P.V. A. CONSTRUIR	
—	TUBERIA A COLOCAR	TUBERIA A COLOCAR	
←	SENIDO DE FLUJO	PERFIL DEL TUBERO	
⊥	TIPO DE TUBERIA	C.L. COTA INVERT INICIAL	
□	WIDENAS	C.P. COTA INVERT FINAL	
⊙	DIAMETRO DE TUBERIA	P.V. POZO DE VISITA	
S/C	PROFUNDIDAD	C.T. COTA DE TUBERIO	

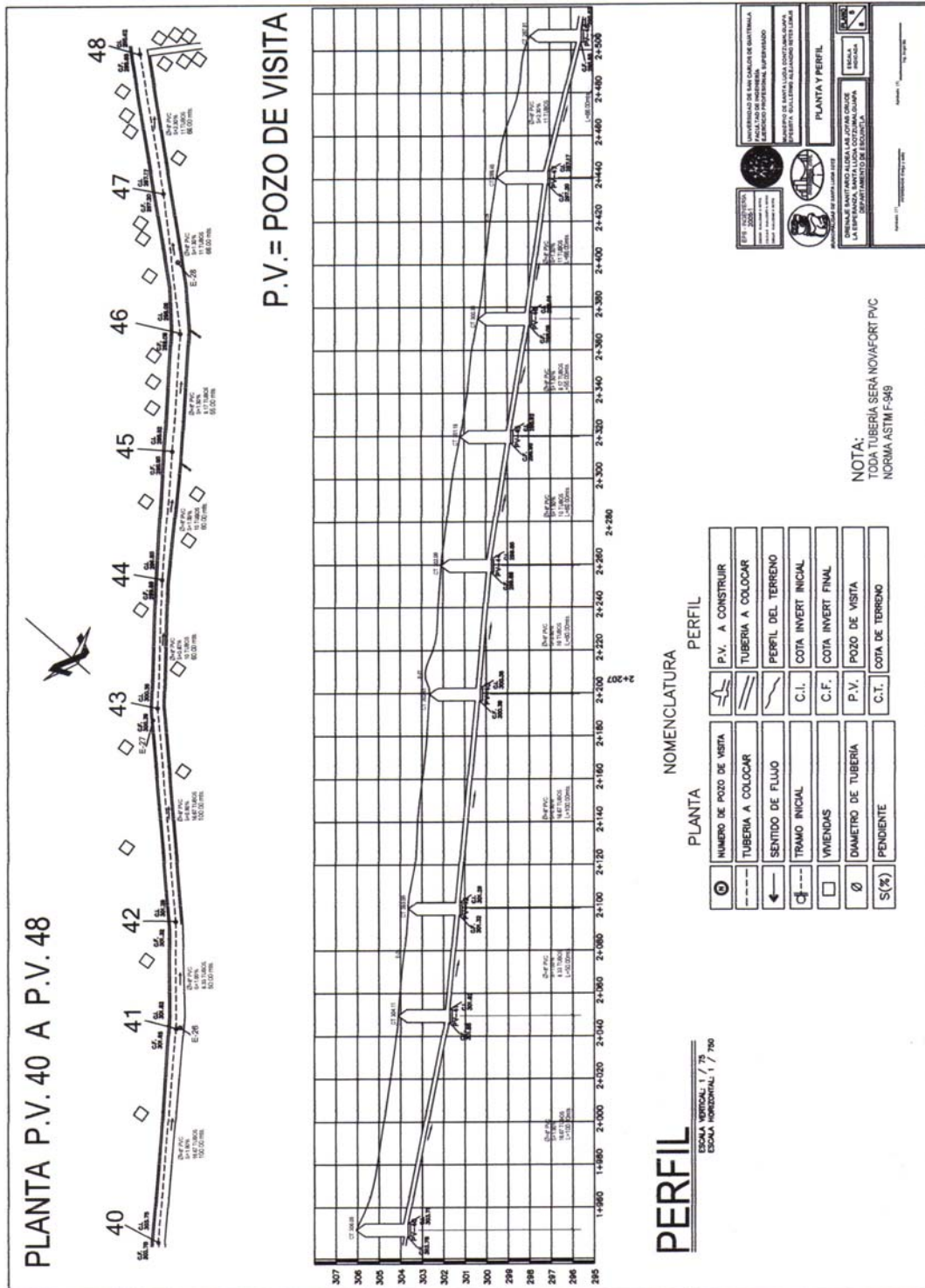
[illegible]

Continuación

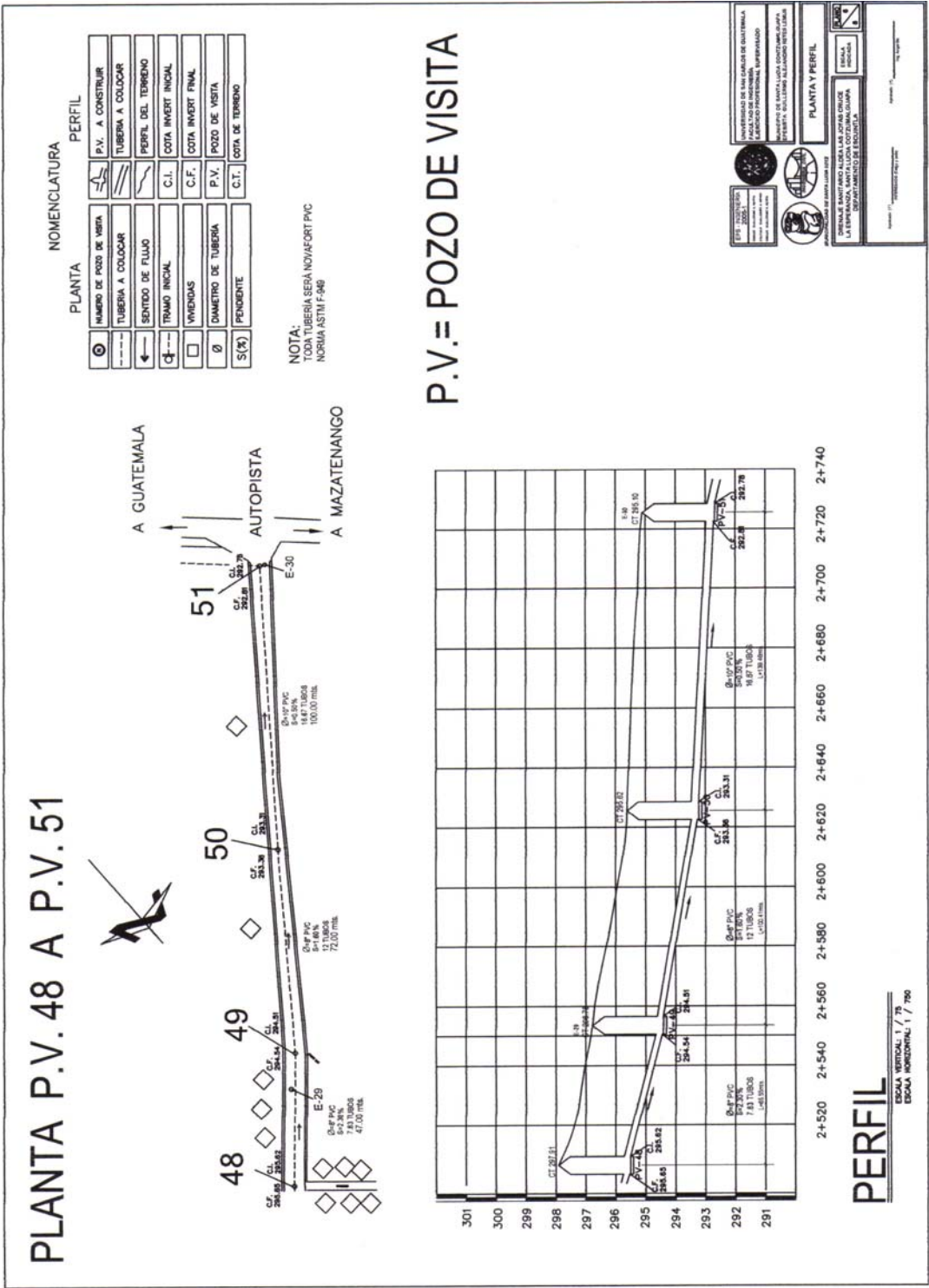




Continuación



Continuación



Continuación

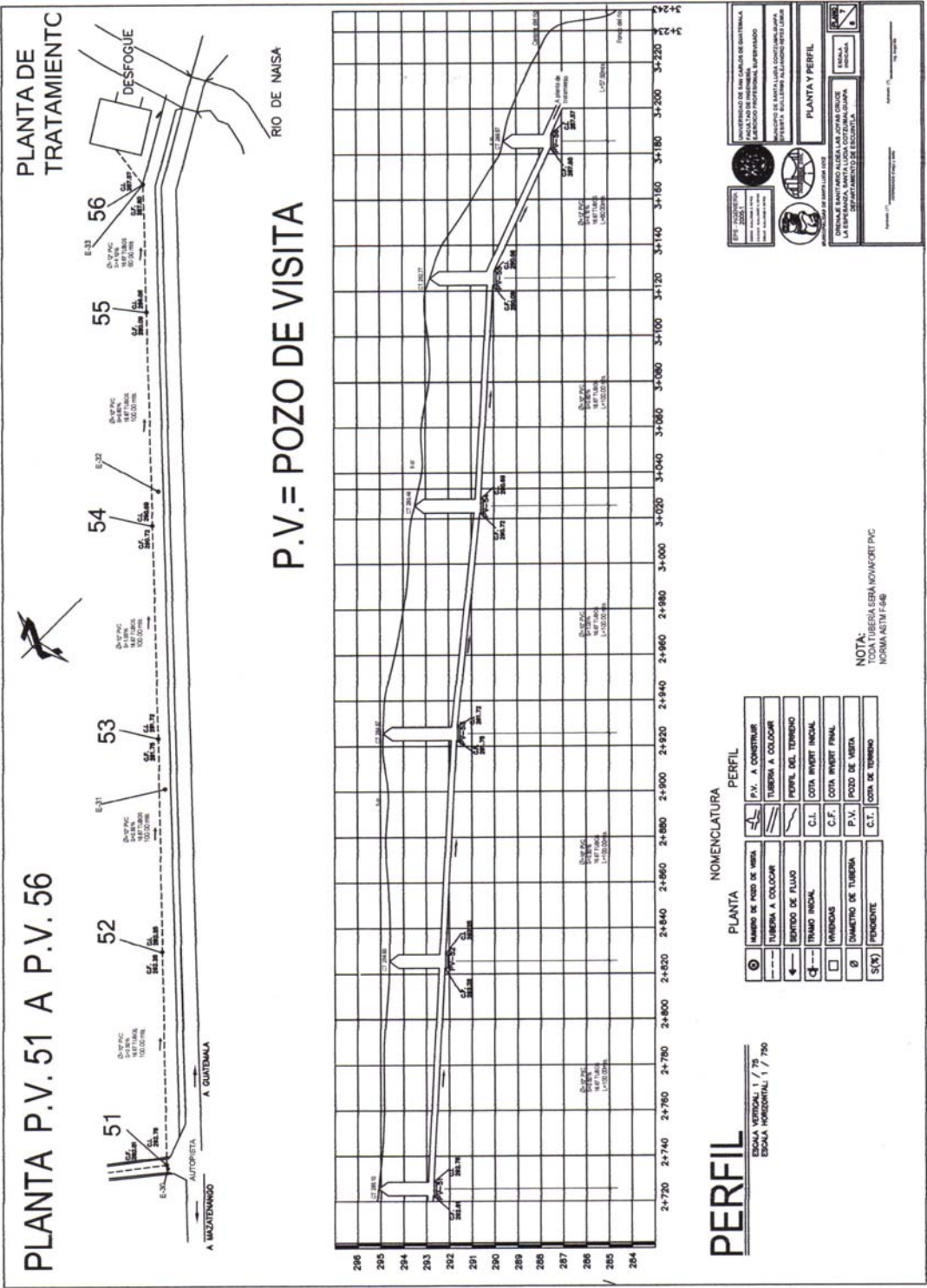


Figura 17. Detalles de pozo de visita de drenaje sanitario

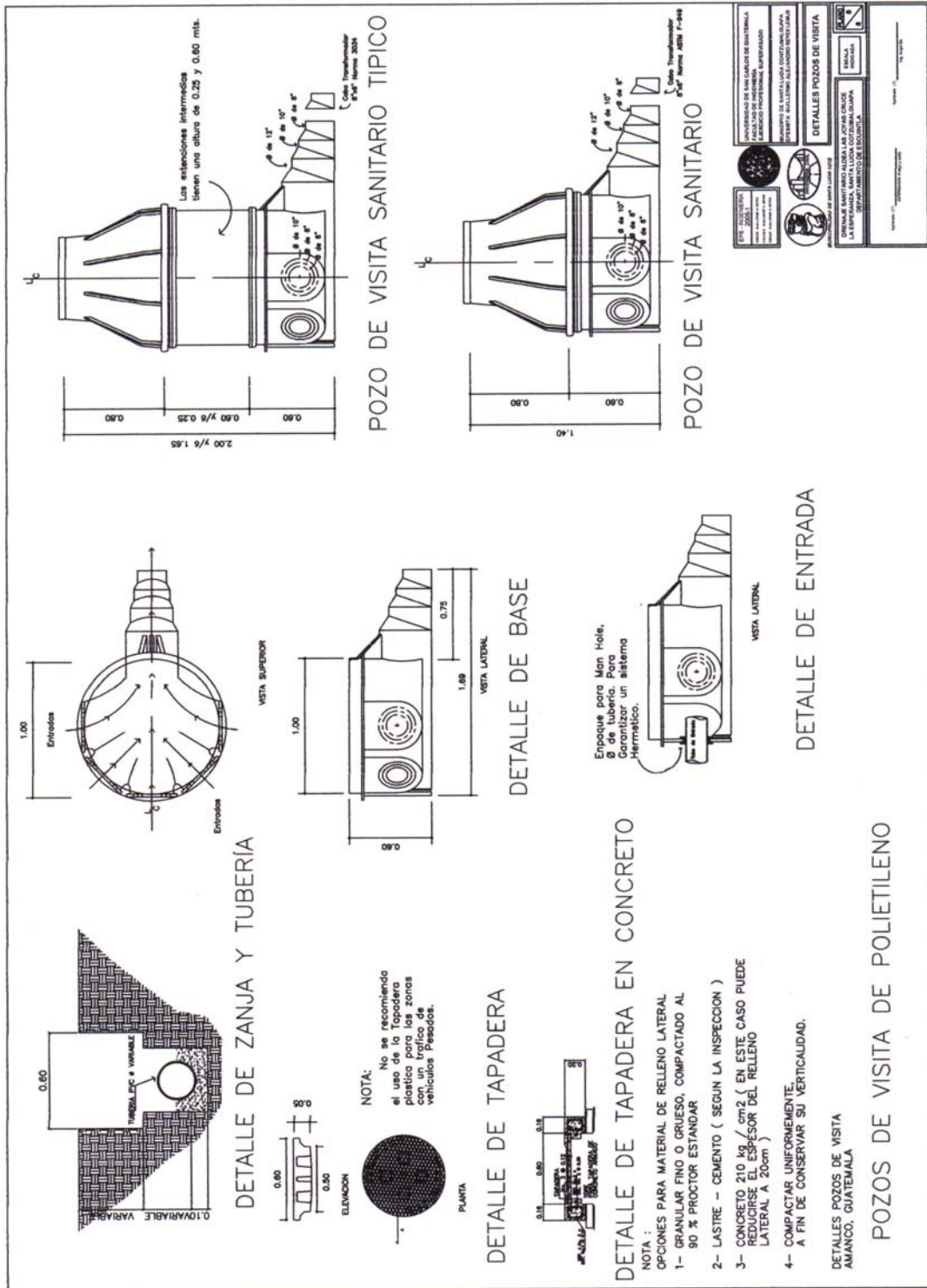


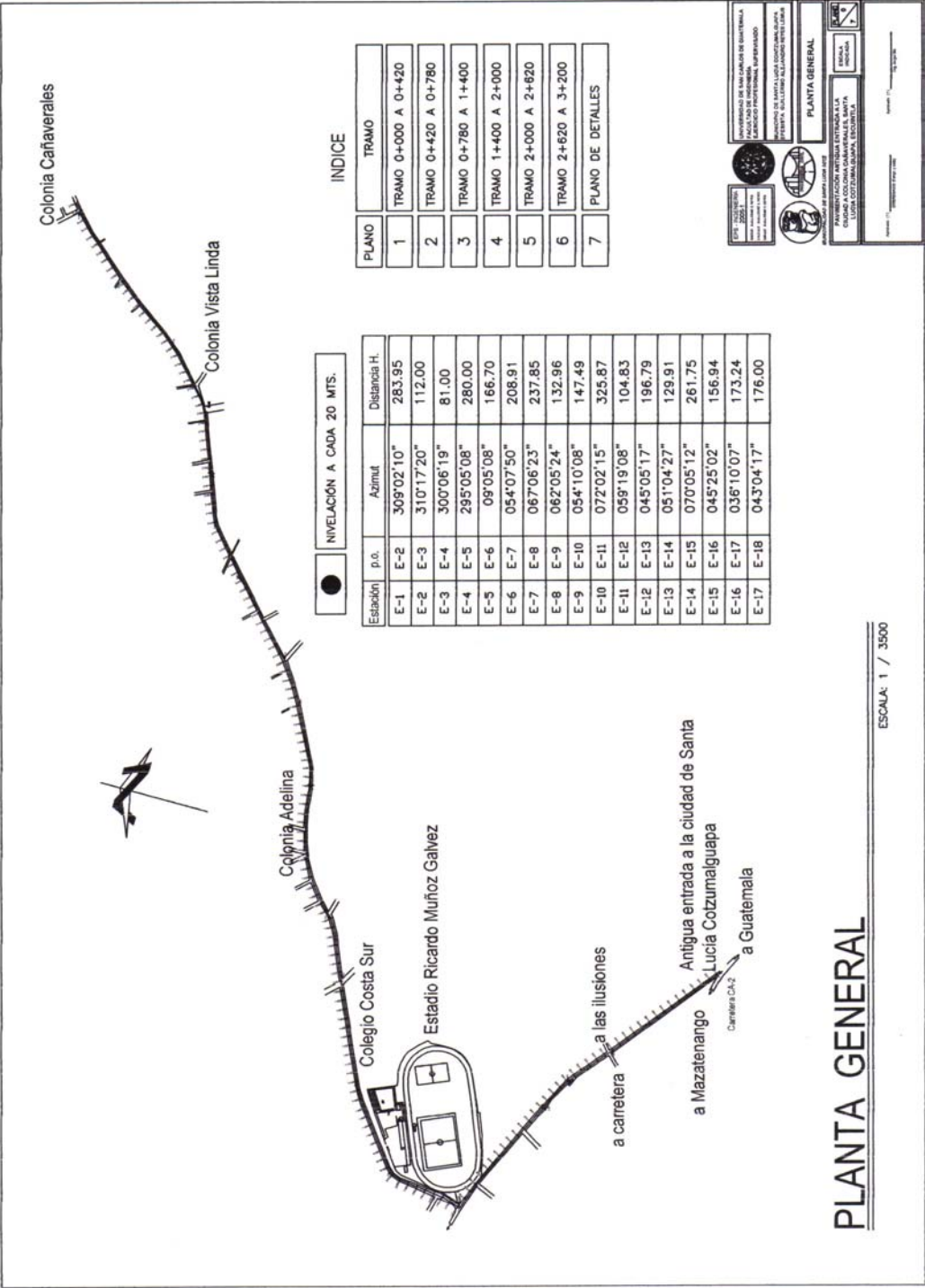
Figura 18. Calle a pavimentar, Santa Lucía Cotzumalguapa



Figura 19. Calle pavimentada, Santa Lucía Cotzumalguapa



Figura 20. Planta general de pavimentación rígida



NOMENCLATURA

←	SENTIDO DE AGUA PLUVIAL
S(%)	PENDIENTE DE TERRENO
●	NIVELACIÓN A CADA 20 MTS.

PLANTA DE 0+000 A 0+420
ESCALA 1 / 750

PERFIL DE 0+000 A 0+420
ESCALA VERTICAL 1 / 75
ESCALA HORIZONTAL 1 / 750

DETALLE DE GABARITO
ESCALA 1 / 50

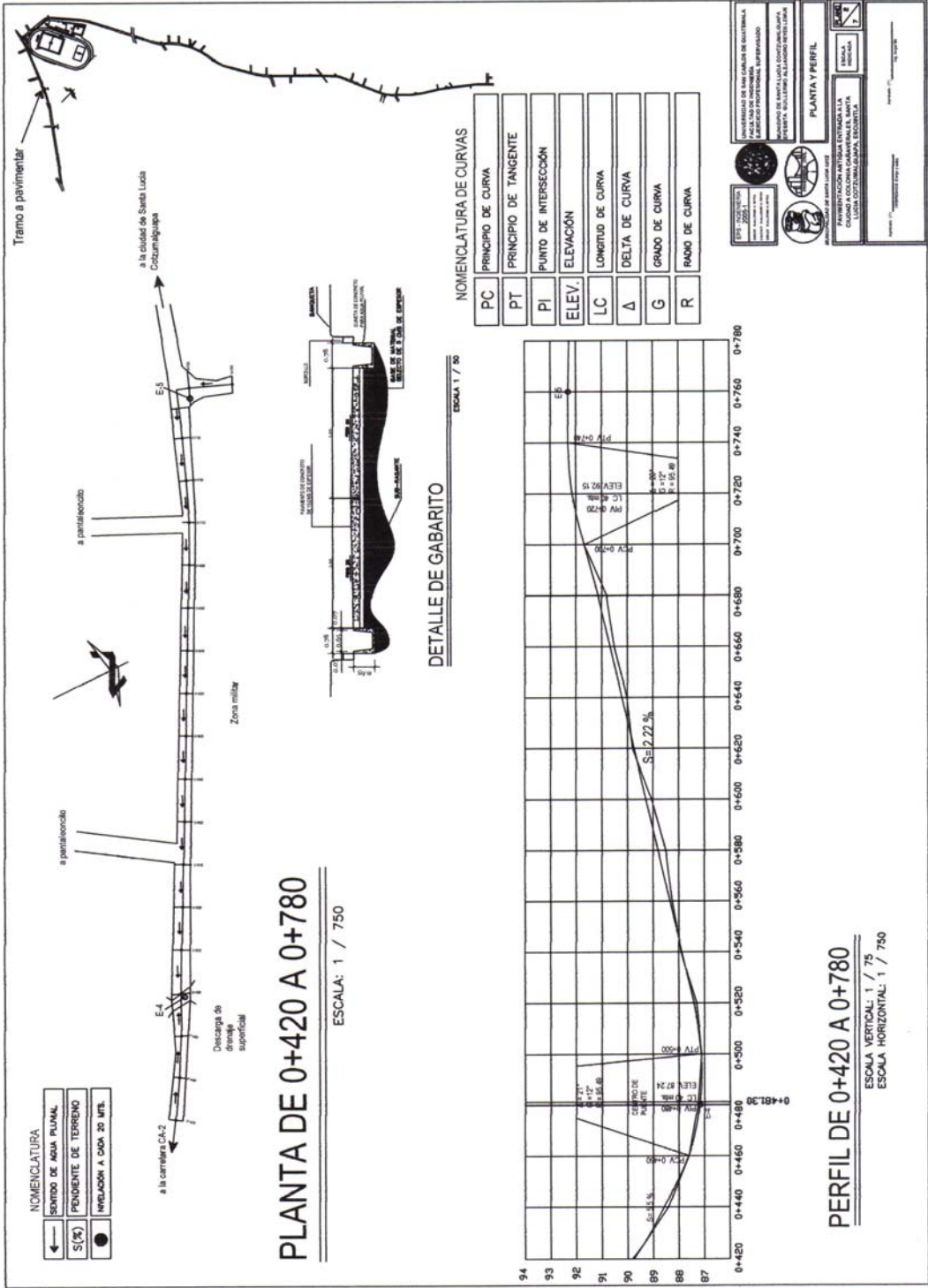
NOMENCLATURA DE CURVAS

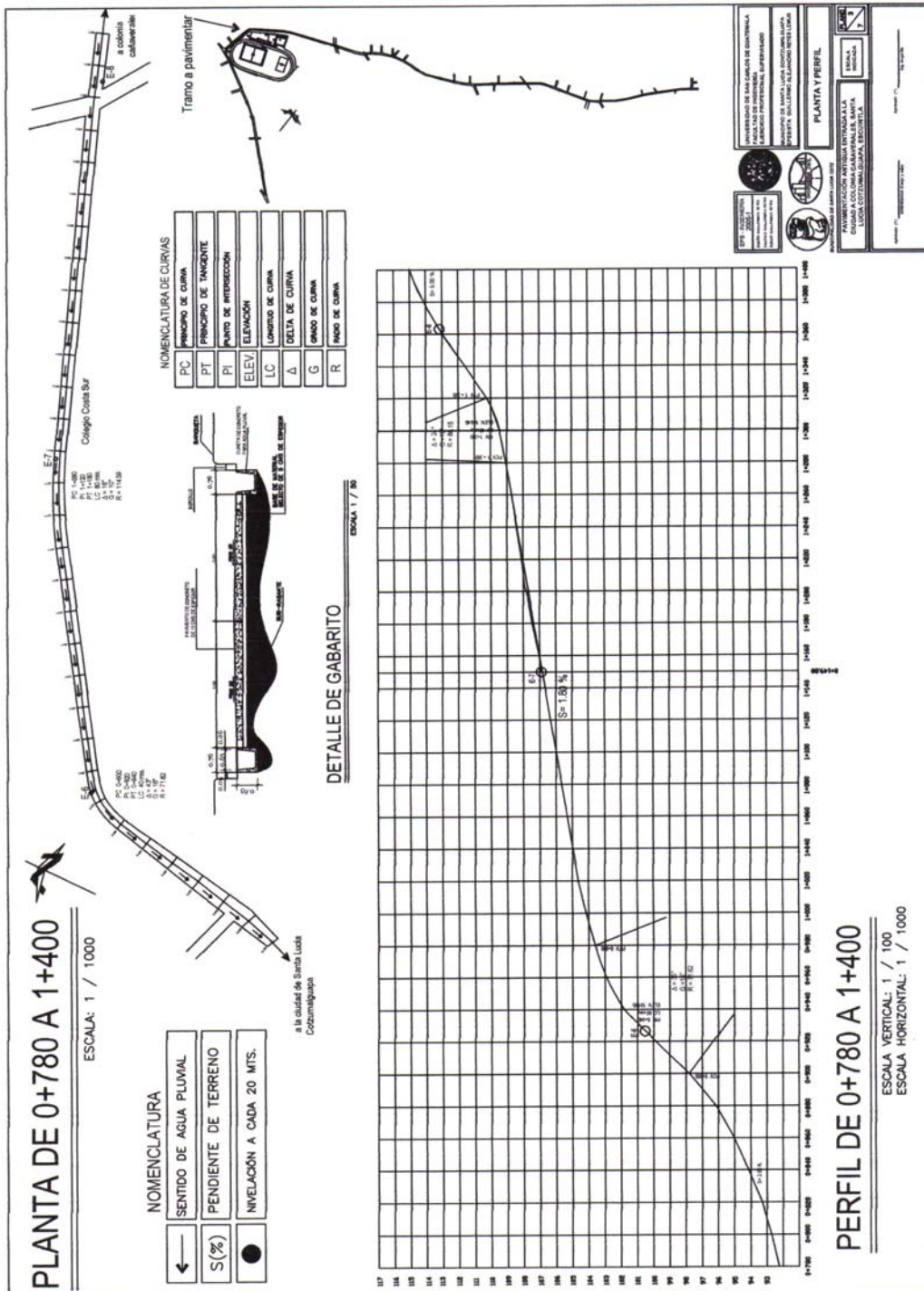
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PT	PRINCIPIO DE TANGENTE
PI	PUNTO DE INTERSECCIÓN
ELEV	ELEVACIÓN
LC	LONGITUD DE CURVA
Δ	DELTA DE CURVA
G	GRADO DE CURVA
R	RADIO DE CURVA

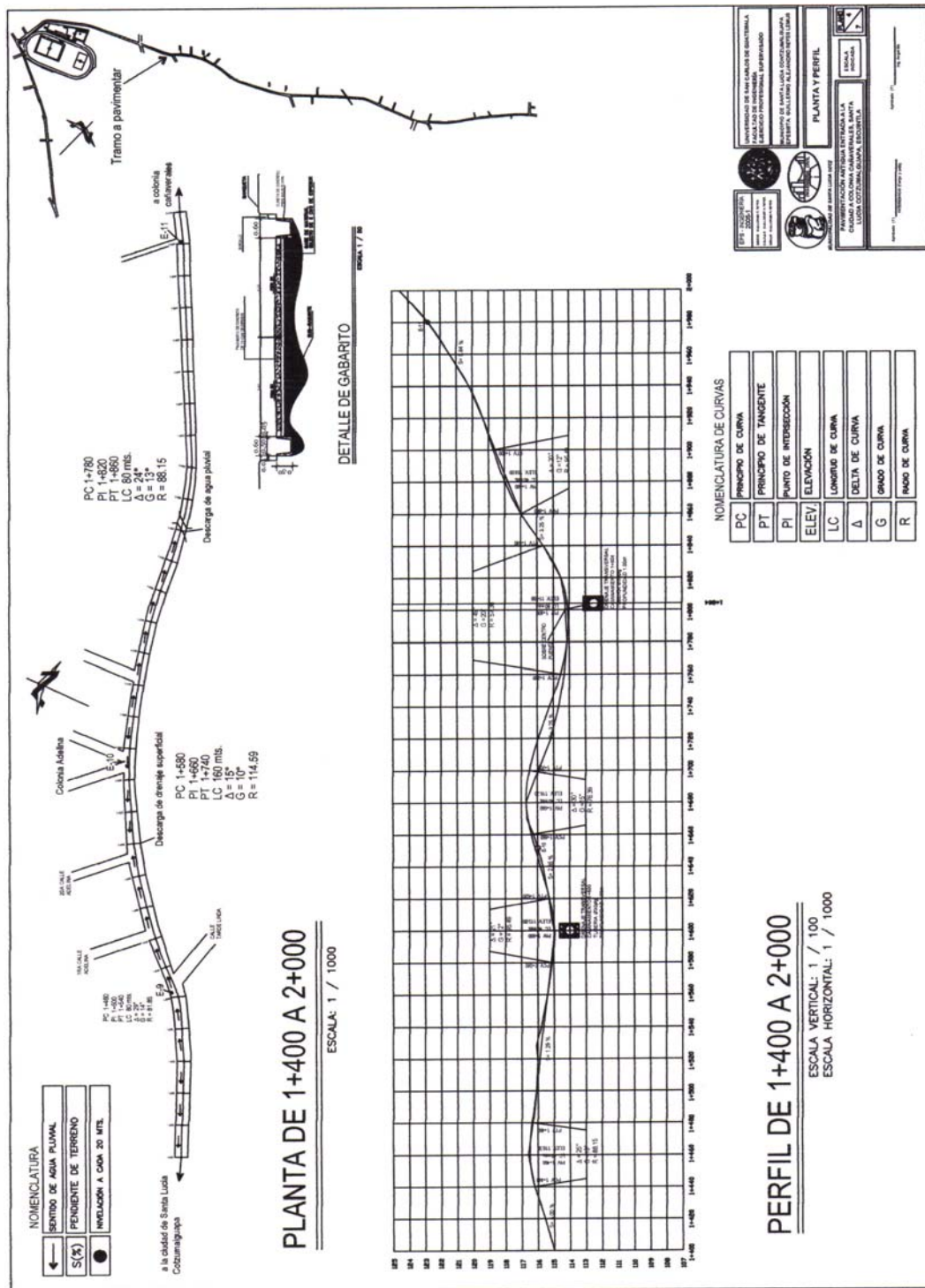
PLANTA Y PERFIL

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
PROYECTO DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA
PROYECTO DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA
PROYECTO DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA

Continuación









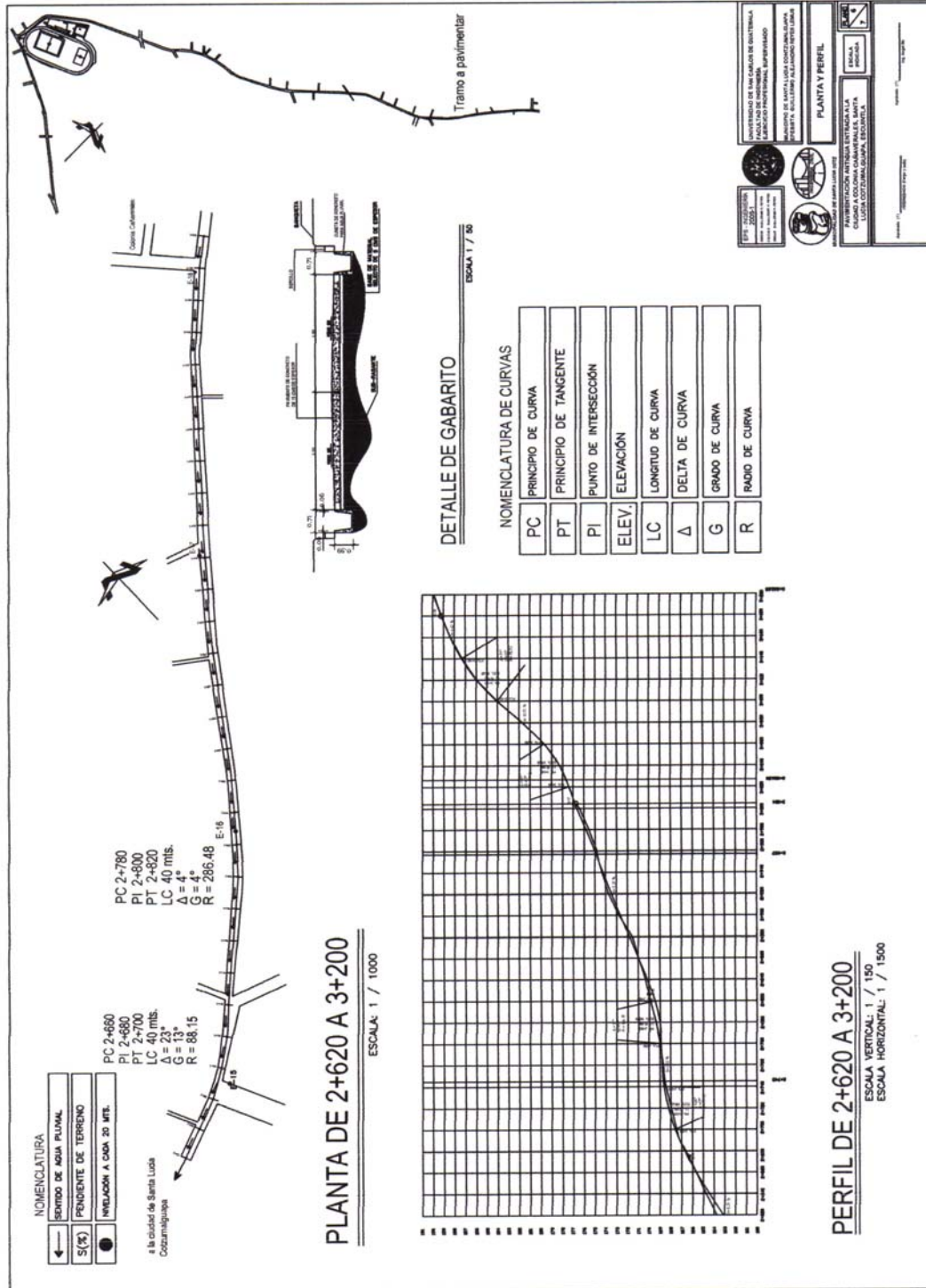


Figura 22. Detalles de pavimentación rígida

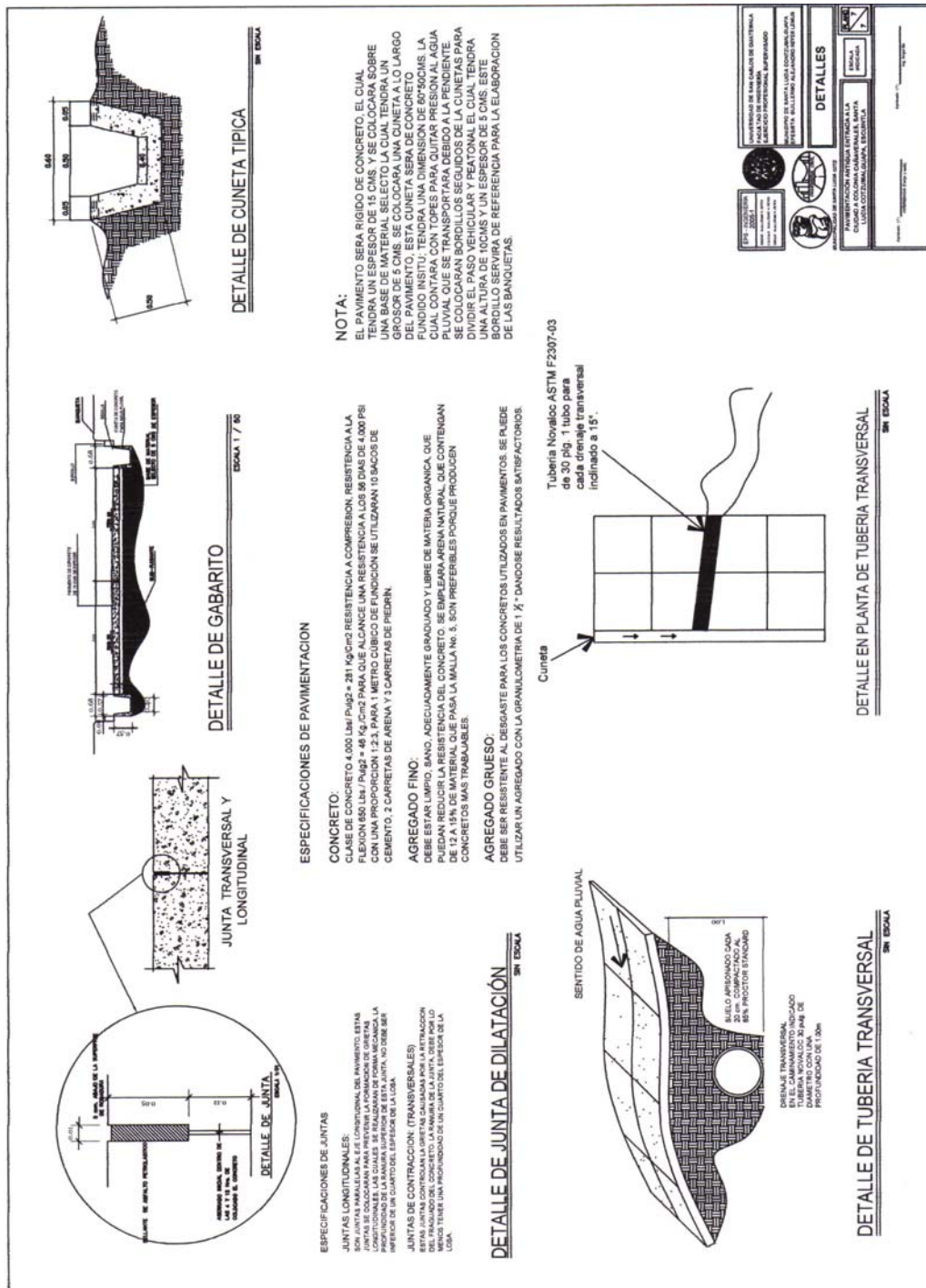


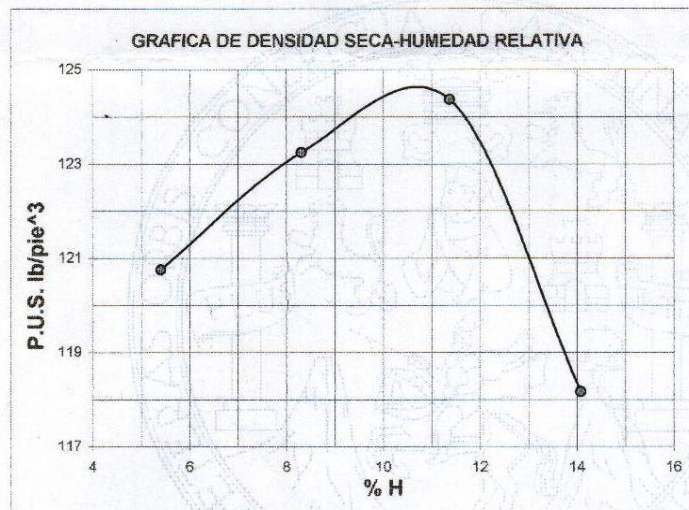
Figura 23. Resultados de ensayos de laboratorio de suelos



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



INFORME No. 129 S.S. O.T. No.: 18.809
Interesado: Guillermo Alejandro Reyes Lemus
Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN. Proctor Estándar: () Norma:
Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.T.H.O. T-180
Proyecto: Trabajo de Graduación EPS
Ubicación: Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla
Fecha: 5 de julio de 2005



Muestra No.: 1
Descripción del suelo: Arena Limosa con grava color café oscuro
Densidad seca máxima γ_d : 2.001 t/m³ 124.9 lb/ft³
Humedad óptima Hop.: 10.3 %
Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.:

Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
DIRECTOR CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Mendez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 476-3992. Planta 443-9500 Ext. 1502. FAX: 476-3993
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Continuación

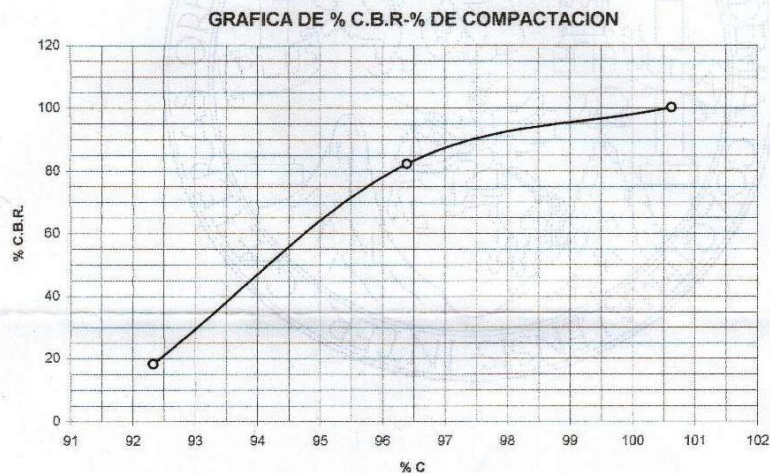


**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME No.: 130 S.S. O.T. No.: 18.809
Interesado: Guillermo Alejandro Reyes Lemus
Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O. T-193
Proyecto: Trabajo de Graduación EPS
Ubicación: Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla
Descripción del suelo: Arena Limosa con grava color café oscuro
Muestra No.: 1
Fecha: 5 de julio de 2005

PROBETA	GOLPES	A LA COMPACTACION		C	EXPANSION	C.B.R.
No.	No.	H (%)	γ_d kg/m ³	(%)	(%)	(%)
1	10	9.9	1847.4	92.33	0.0	18.3
2	30	9.9	1928.7	96.39	0.0	82.3
3	65	9.9	2013.4	100.62	0.0	100.2



Atentamente,

Vo. Bo.:

Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
DIRECTOR CI/USAC

Omar E. Medrano Mendez
Ing. Omar Enrique Medrano Mendez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 476-3992. Planta 443-9500 Ext. 1502. FAX: 476-3993
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Continuación



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



INFORME No. 131 S.S.

O.T. No.

18,809

Interesado: Guillermo Alejandro Reyes Lemus

Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices y lavado previo.

Norma: A.A.S.H.T.O. T-27

Proyecto: Trabajo de Graduación EPS

Procedencia: Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla

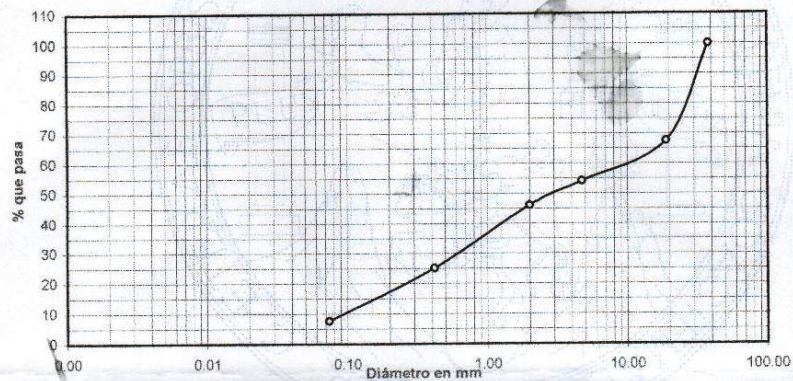
Fecha: 5 de julio de 2005

Muestra No. arena

Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
1 1/2"	38.10	100.00
3/4"	19.05	67.54
4	4.76	54.22
10	2.00	46.17
40	0.42	25.17
200	0.074	7.59

% de Grava: 45.8
% de Arena: 46.6
% de Finos: 7.6

Análisis por Sedimentación:	
Diámet. mm.	% que pasa



Descripción del suelo: Arena limosa con grava color café oscuro.

Clasificación: S.C.U.: SP - SM P.R.A.: A - 2-5

Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.

Ing. Francisco Javier Quiñones de
DIRECTOR CIVIL/SAC.



Omar E. Medrano Méndez

Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 476-3992, Planta 443-9500 Ext. 1502. FAX: 476-3993
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Continuación



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



INFORME No. 132 S.S.

O.T. No. 18,809

Interesado: Guillermo Alejandro Reyes Lemus
Proyecto: Trabajo de Graduación EPS
Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG
Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla
Pozo No. X Profundidad: X

FECHA: 5 de julio de 2005

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	C.S.U. *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	41.4	6.2	SP - SM	Arena limosa con grava color café oscuro

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

Observaciones: Muestra porporcionada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.

Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
DIRECTOR CII/USAC



Omar E. Medrano Méndez

Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



