



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

**Diseño del pavimento rígido para el final de la 2da. Av. zona 3 Comalapa y
construcción de muro perimetral para la escuela rural mixta aldea Cojol
Juyú, San Juan Comalapa, Chimaltenango.**

Hugo Oswaldo Sotz Otzoy

Asesorado por Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, junio de 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO PARA EL FINAL DE LA 2DA. AV. ZONA
3 COMALAPA Y CONSTRUCCIÓN DE MURO PERIMETRAL PARA LA
ESCUELA RURAL MIXTA ALDEA COJOL JUYÚ, SAN JUAN COMALAPA,
CHIMALTENANGO.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

HUGO OSWALDO SOTZ OTZOY

ASESORADO POR ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, JUNIO DE 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Alvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Gordillo García
EXAMINADOR	Ing. Luis Alfaro Veliz
EXAMINADOR	Ing. Juan Merck Cos
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO PARA EL FINAL DE LA 2DA. AV. ZONA 3 COMALAPA Y CONSTRUCCIÓN DE MURO PERIMETRAL PARA LA ESCUELA RURAL MIXTA ALDEA COJOL JUYÚ, SAN JUAN COMALAPA, CHIMALTENANGO.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil con fecha 09 de marzo de 2004.

Hugo Oswaldo Sotz Otzoy

AGRADECIMIENTO ESPECIAL A:

Dios

Por haberme dado el regalo más preciado de la vida y acompañarme con sabiduría e iluminación en todos estos años de mi vida.

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Por el asesoramiento desde el primer día del E.P.S. hasta la culminación de este trabajo.

Ing. Francisco Javier Quiñónez De la Cruz

Por la buena voluntad y apoyo incondicional en la revisión de mi trabajo de graduación.

Municipalidad de San Juan Comalapa, Chimaltenango

Por darme la oportunidad de desenvolverme con mis conocimientos en la institución y el apoyo del personal a lo largo de todo el período de E.P.S.

DEDICATORIA A:

Mis Padres

Por la vida, sus esfuerzos, enseñanzas y el apoyo incondicional que he recibido de ellos. Que este trabajo sea un reconocimiento a sus esfuerzos.

Mis hermanas

Carmela, Marta Lidia, Aura Imelda, Irma Elizabeth por todo el apoyo a lo largo de mi carrera.

Mis Familiares

Abuelos, Tíos, Primos y sobrinos, por el apoyo recibido.

Mis amigos y compañeros de promoción

Por los años de estudio que compartimos y por la gran amistad que nos une.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO	VIII
RESUMEN.....	X
OBJETIVOS.....	XI
INTRODUCCIÓN	XII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1 Monografía del municipio.....	5
1.1.1 Aspectos generales.....	5
1.1.1.1 Síntesis Histórica.....	5
1.1.1.2 Feria.....	6
1.1.2 Aspectos físicos.....	6
1.1.3 Producción.....	7
1.1.4 Fuentes de empleo.....	7
1.1.5 Nivel de ingreso familiar.....	7
1.1.6 Nivel de pobreza.....	8
1.1.7 Demografía.....	8
1.1.8 Educación.....	10
1.1.9 Salud.....	11
1.1.10 Servicios comunitarios.....	12
2. DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO FINAL 2DA. AV. ZONA 3.....	14
2.1 Estudios preliminares.....	14
2.1.1 Descripción del proyecto.....	14
2.1.2 Ubicación del proyecto.....	14
2.1.3 Reconocimiento del lugar.....	14

2.1.4 Características técnicas.....	15
2.1.5 Beneficios sociales.....	16
2.2 Recopilación de información de campo.....	16
2.2.1 Estudios topográficos.....	16
2.2.2 Estudios de suelos.....	17
2.2.2.1 Ensayos para la clasificación de suelos.....	17
2.2.2.1.1 Análisis granulométrico.....	17
2.2.2.2 Límites de consistencia.....	18
2.2.2.2 Ensayos para el control de la construcción.....	19
2.2.2.2.1 Determinación del contenido de humedad.....	19
2.2.2.2.2 Densidad máxima y humedad óptima.....	19
2.2.2.2.3 Ensayo de equivalente de arena.....	20
2.2.2.3 Ensayos para determinar la resistencia del suelo.....	21
2.2.2.3.1 Ensayo del valor soporte del suelo.....	21
2.3 Elementos estructurales de un pavimento rígido.....	23
2.3.1 Pavimento.....	23
2.3.2 Subrasante.....	23
2.3.3 Sub-base.....	24
2.3.4 Base granular.....	24
2.3.5 Diseño geométrico.....	25
2.3.6 Ancho de corona.....	25
2.3.7 Ancho de carril.....	25
2.3.8 Hombros.....	26
2.3.9 Pendiente transversal.....	26
2.4 Método y procedimiento de diseño para el pavimento rígido.....	27
2.4.1 Pavimento rígido.....	27
2.4.2 Módulo de reacción de la subrasante.....	28
2.4.3 Tránsito promedio diario.....	29
2.4.4 Módulo de ruptura del concreto.....	30

2.4.5 Diseño de juntas.....	31
2.4.5.1 Tipos de juntas.....	31
2.4.5.2 Formación de las juntas.....	34
2.5 Pasos para el espesor del pavimento.....	36
2.6 Bases de diseño del proyecto.....	43
2.7 Especificaciones técnicas.....	44
2.7.1 Generalidades.....	44
2.7.2 Procedimiento de construcción.....	50
2.8 Presupuesto general del proyecto.....	54
3. CONSTRUCCIÓN MURO PERIMETRAL PARA LA ESCUELA RURAL MIXTA, ALDEA COJOL JUYÚ, SAN JUAN COMALAPA.....	57
3.1 Descripción del proyecto.....	57
3.2 Ubicación geográfica.....	58
3.3 Antecedentes.....	58
3.4 Justificación del proyecto.....	58
3.5 Aspectos de mercado.....	60
3.6 Análisis de alternativas.....	60
3.7 Operación, administración, mantenimiento y vida útil.....	60
3.8 Estudio legal y ambiental.....	60
3.9 Conceptos que intervienen en el proyecto.....	60
3.10 Cálculo de los elementos del muro de mampostería.....	62
3.10.1 Diseño del cimiento corrido.....	62
3.11 Especificaciones técnicas.....	67
3.12 Presupuesto general.....	74

4. RIESGO Y VULNERABILIDAD DEL PROYECTO.....	80
4.1 La gestión de riesgos ambientales.....	81
4.2 Riesgos y vulnerabilidad del pavimento.....	81
4.3 Plan de contingencia comunitario.....	82
4.4 Medidas de prevención y de mitigación.....	83
4.5 Abordaje y estrategia.....	83
CONCLUSIONES.....	84
RECOMENDACIONES.....	86
BIBLIOGRAFÍA.....	87
ANEXOS.....	88
PLANOS.....	96

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

Fig.		Pag.
1	Mapa del municipio en Guatemala y en el departamento de Chimaltenango.	1
2	El municipio de San Juan Comalapa en el departamento.	2
3	Ubicación proyecto de pavimentación.	3
4	Ubicación proyecto muro perimetral.	4
5	Interrelación aproximada de las clasificaciones de suelos y los valores de soporte.	39
6	Planos del proyecto de pavimentación	96
7	Planos del proyecto del muro de mampostería	98

TABLAS

I	Población y viviendas de cada municipio del departamento de Chimaltenango.	8
II	Población clasificada por áreas del municipio de Comalapa.	9
III	Establecimientos educativos a cargo del Mineduc.	10
IV	Establecimientos para la atención de salud en Comalapa.	11
V	Principales causas de consulta por enfermedad en Comalapa.	11
VI	Principales causas de mortalidad en Comalapa.	12
VII	Servicios área urbana.	12
VIII	Servicios área rural.	13
IX	Clasificación del tipo de suelo de acuerdo al número de CBR.	23
X	Categorías de carga por eje.	40

XI	Tipos de suelos de subrasante y valores aproximados del módulo de reacción K.	40
XII	Valores de K para diseño sobre bases no tratadas (de PCA).	41
XIII	Valores de K para diseño sobre bases de suelo cemento (de PCA).	41
XIV	Espesores estimados de bases según su uso.	41
XV	TPDC categoría 1, juntas doveladas.	42
XVI	Presupuesto general del proyecto de pavimentación.	54
XVII	Cantidad del trabajo.	55
XVIII	Resumen de materiales y mano de obra.	56
XIX	Presupuesto general del proyecto del muro de mampostería.	74
XX	Hoja de control para tránsito clasificado.	88
XXI	TPDC permisible, carga por eje categoría 2 juntas de trabe por agregados.	89
XXII	TPDC permisible, carga por eje categoría 2 juntas doveladas.	90
XXIII	TPDC permisible, carga por eje categoría 3 juntas de trabe por agregados.	91
XXIV	TPDC permisible, carga por eje categoría 3 juntas doveladas.	92
XXV	TPDC permisible, carga por eje categoría 4 juntas de trabe por agregados.	93
XXVI	TPDC permisible, carga por eje categoría 4 juntas doveladas.	94
XXVII	Valor soporte permisible según tipo de suelo	95

LISTA DE SÍMBOLOS

CTA	Coordinación Técnica Administrativa
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials.
CBR	Valor Soporte California (California Bearing Ratio)
PCA	Asociación de Cemento Portland
FS	Factor de seguridad
K	Módulo de reacción de la subrasante
SCU	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
ASTM	Sociedad Americana de ensayos y materiales
PRA	Public Road Administration
TPD	Tránsito promedio diario
TPDC	Tránsito promedio diario de camiones
MR	Módulo de ruptura del concreto
°C	Grados centígrados
ACI	American Concrete Institute
PSI	Libras por pulgada cuadrada

GLOSARIO

Agregados	Es un material granular inerte, significa que no reacciona con otros y que al mezclarse con la pasta de cemento forma concreto o mortero.
Base	Construida para absorber los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos; además, repartir uniformemente estos esfuerzos a la subbase y al terreno de fundación.
Capa de rodadura	Protege la base impermeabilizando la superficie, para evitar posibles infiltraciones de agua de lluvia que podrían saturar parcial o totalmente las capas inferiores. Además, evita que se desgaste o se desintegre la base debido al tránsito de los vehículos.
Cargas muertas	Son todas aquellas cargas que son constantes, inamovibles y permanentes sobre una estructura. Generalmente están constituidas por el peso propio de la estructura, materiales (concreto, madera, mampostería), acabados, etc.
Cargas vivas	Son aquellas cargas que dependen del uso y ocupación para la cual se diseña una estructura. Dentro de estas cargas puede mencionarse el peso de las personas, mobiliario y equipo, maquinaria, vehículos, etc.
Compactación	La ejecución del conjunto de operaciones necesarias para lograr una reducción de volumen de los espacios entre las partículas sólidas de un material, con el objeto de aumentar su peso volumétrico y su capacidad de carga.
Gabarito	Sección transversal del trayecto vial, en donde se indica el ancho de calle, bordillos y espesores de las diferentes capas que intervienen en el pavimento.
Junta	Es el espacio dejado entre losas de concreto para absorber los movimientos diferenciales debidos a la expansión y contracción del material constituyente de las losas.

Pavimento	Es toda la estructura que descansa sobre el terreno de base de fundación o subrasante; formada por las diferentes capas de subbase, base y carpeta de rodadura. Tiene el objetivo de distribuir las cargas del tránsito sobre el suelo, proporcionar una superficie de rodadura suave para los vehículos y proteger al suelo de los efectos adversos del clima, los cuales afectan su resistencia y soporte estable.
Sección típica de pavimento	Es la representación gráfica de un corte transversal que muestra en proyección vertical, las pendientes, espesores, dimensiones y composición de las capas de la estructura del pavimento.
Subbase	Es la capa de material seleccionado que se coloca encima de la subrasante e inmediatamente debajo de la base, con el objeto de evitar que la humedad, cualquiera que sea su procedencia, debajo de la subrasante, afecte seriamente el material de base o para sustituir material no adecuado que exista en la subrasante.
Subrasante	Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura del pavimento. Se extiende hasta una profundidad tal que no le afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto.

RESUMEN

En este trabajo de graduación, se presentan de forma separada dos proyectos de infraestructura. Cada uno contienen la respectiva descripción (ubicación, justificación, alternativas, etc) y descripción de los elementos que intervienen directamente con el diseño, el diseño en sí de los proyectos, el presupuesto general de cada uno basado en los planos respectivos y en el diseño, para concluir finalmente con las especificaciones técnicas que ayudarán al ejecutor de dichos proyectos.

En el primer capítulo se da una idea general al lector de la monografía del lugar donde se realizó dicho trabajo, el diseño de la pavimentación abarca el segundo capítulo, el muro perimetral el tercer capítulo y se presenta un cuarto capítulo que describe un punto importante que regularmente no se toma en cuenta en todo proyecto de ingeniería civil, al hablar del riesgo y la vulnerabilidad de un proyecto.

Para el caso de la pavimentación se presenta un método simple, bastante práctico de diseño con la ayuda de tablas, que generan los espesores de las bases y del pavimento en sí. El muro perimetral se diseña con un cimiento corrido, que es el que prácticamente soportará las cargas del muro. Los detalles para cada caso se dan a conocer en los planos respectivos al final de este trabajo.

OBJETIVOS

GENERAL

1. Diseñar el pavimento rígido para los habitantes del final de la 2da. Av. Zona 3, Xetuney Ché, del Municipio de San Juan Comalapa, Departamento de Chimaltenango.
2. Diseñar el muro perimetral que delimite el área de la Escuela Rural Mixta de la Aldea Cojol Juyú, Comalapa, Chimaltenango

ESPECÍFICOS

1. Contribuir a mejorar el ornato y la urbanización del Municipio, evitando posibles lugares de contaminación.
2. Evitar charcos de agua en tiempo de invierno y polvo para la época de sequía.
3. Mejorar la accesibilidad y movilidad tanto vehicular como peatonal para el sector y el pueblo.
4. Evitar robos dentro del establecimiento, por personas ajenas a éste.
5. Evitar que los alumnos puedan salir del establecimiento en horario de clases.
6. Lograr que los alumnos no se distraigan con los acontecimientos de los alrededores de la escuela.

INTRODUCCIÓN

A través del programa del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala en coordinación con la Municipalidad de San Juan Comalapa del Departamento de Chimaltenango, se procedió a satisfacer una de las demandas de los pobladores del final de la 2da. Av. Zona 3 de la localidad, por medio de la planificación y el diseño de un pavimento rígido que cumpla con las normas y técnicas de construcción, tomando en cuenta todos los factores que inciden en dicho proyecto.

Conjuntamente se colaboró con el diseño del muro perimetral para la Escuela Rural Mixta, Aldea Cojol Juyú del mismo Municipio, satisfaciendo otra demanda propuesta a la Municipalidad.

Con el fin de colaborar en el desenvolvimiento del programa de estudios de todo estudiante de ingeniería civil y opciones que se presentan en la vida como profesional se pone a consideración dicha tesis.

Para la realización de dichos proyectos se deben tomar en cuenta todos los factores y normas de construcción así como las recomendaciones, para garantizar de esta forma la vida útil de los proyectos.

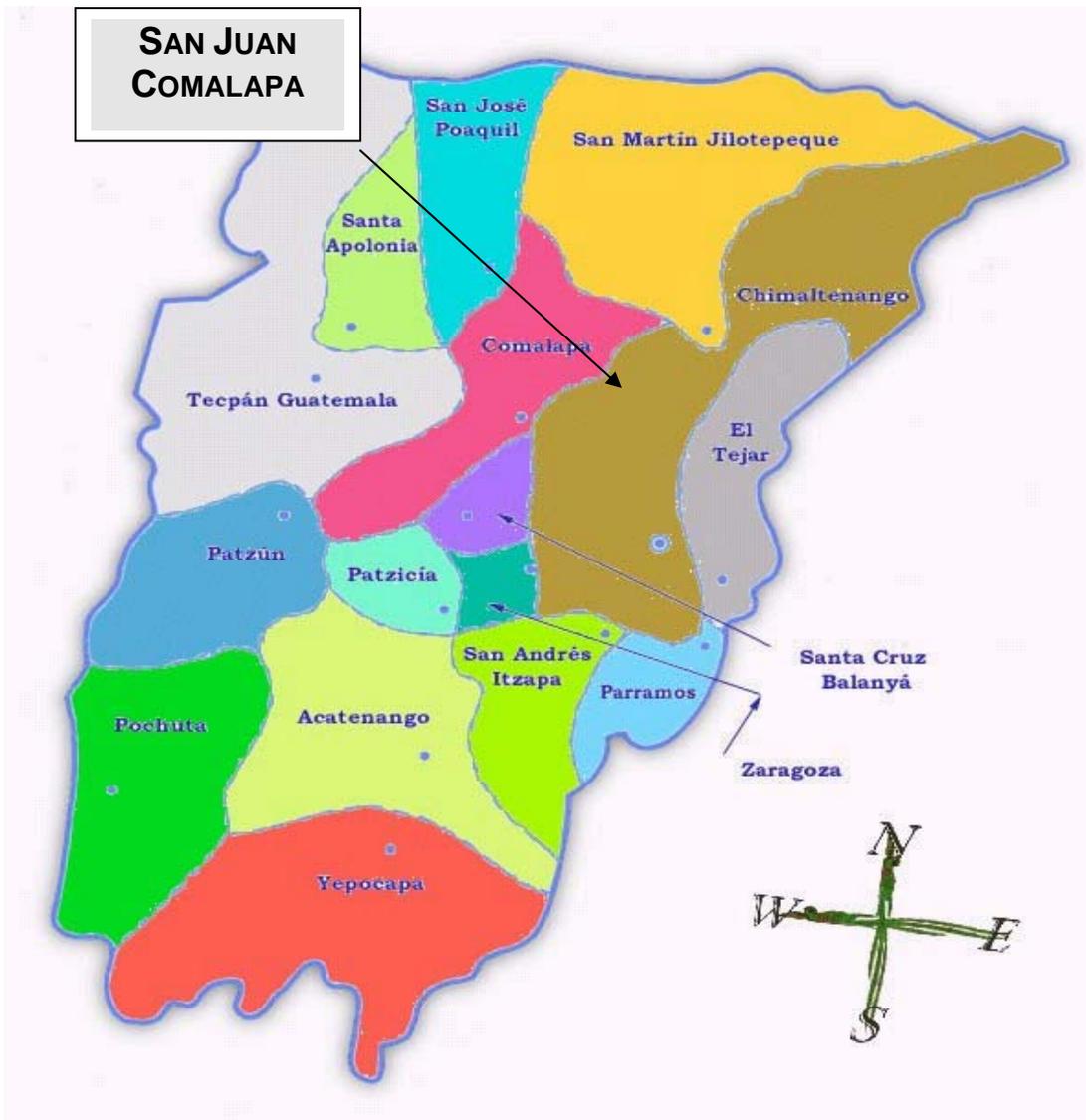
1. FASE DE INVESTIGACIÓN

Figura 1. El municipio en Guatemala y en el departamento



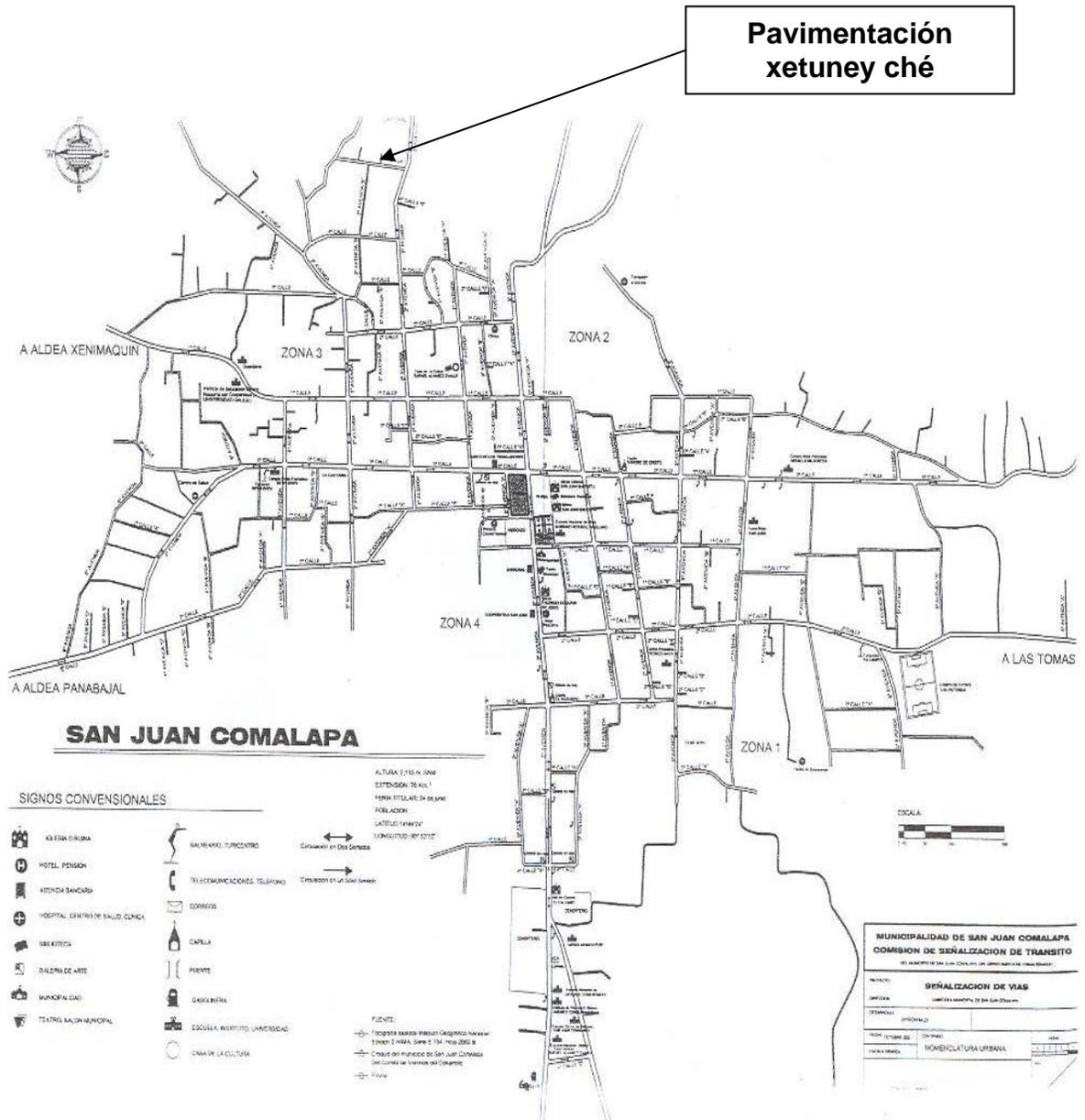
Fuente: Instituto Geográfico Nacional

Figura 2. El municipio de San Juan Comalapa en el departamento de Chimaltenango.



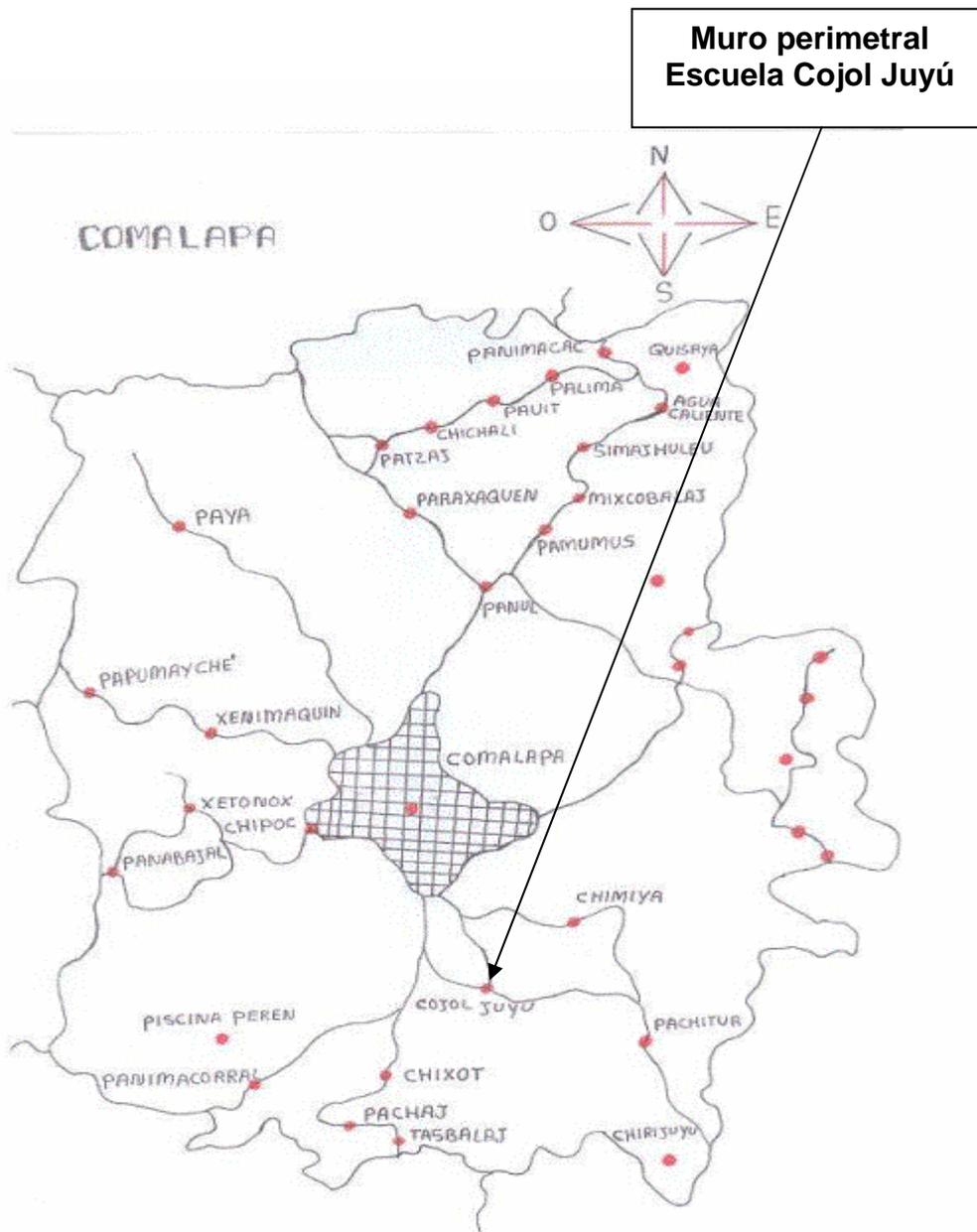
Fuente Instituto Geográfico Nacional

Figura 3 Croquis de ubicación proyecto No. 1.



Fuente: Municipalidad de San Juan Comalapa

Figura 4 Croquis de ubicación proyecto No. 2.



Fuente: Centro de Salud San Juan Comalapa

1.1 Monografía de San Juan Comalapa

1.1.1 Aspectos generales

1.1.1.1 Síntesis histórica

El nombre del municipio proviene de la expresión kaqchikel "chi royal xot" que significa "junto a la fuente de los comales" o "junto a la fuente de los discos de barro". Tras la conquista, los indios nahuatlés que acompañaban a los conquistadores lo llamaron de acuerdo a su propia lengua. Así comenzó a llamarse "Comalapa" de "comal", disco de barro, y "apa", lugar, es decir "lugar de los comales" o "lugar de los discos de barro".

En la época colonial, los indígenas se concentraron en comunidades a donde llegaron catequistas y sacerdotes católicos a propagar su religión. Estos pusieron al pueblo bajo la protección de San Juan Bautista y por eso se designó definitivamente como San Juan Comalapa.

Tras la independencia se decretó la Constitución Política de la República el 11 de octubre de 1825 y en ella se organizó el territorio en once distritos y varios circuitos. En el Distrito Octavo correspondiente a Sacatepéquez aparece San Juan Comalapa como cabecera de distrito. Posteriormente, al ser creado el departamento de Chimaltenango por Decreto de la Asamblea Constituyente de 12 de septiembre de 1839, el municipio de San Juan Comalapa entró a formar parte de dicho departamento, al cual pertenece hasta la fecha.

Por ser cuna de grandes artistas, entre los que destacan Rafael Álvarez Ovalle, autor de la música del Himno Nacional, y el pintor Andrés Curruchiche, a San Juan Comalapa se la denomina "Florenxia de América".

1.1.1.2 Feria

Entre las celebraciones que se llevan a cabo está la fiesta principal del municipio que se celebra el 24 de junio, día de San Juan Bautista, patrono del pueblo.

Otras conmemoraciones son:

El 27 de diciembre se celebra el día de San Juan Evangelista.

El 16 de julio, día de la Virgen del Carmen.

El 4 de octubre se celebra el día de San Francisco.

El 3 de mayo se celebra La Santa Cruz como en otros pueblos de Guatemala.

El 8 de diciembre la fiesta corresponde a la Virgen de Concepción.

El 12 de diciembre se celebra la fiesta en honor a la Virgen de Guadalupe.

El 10 de septiembre es la celebración de la fiesta a San Nicolás.

1.1.2 Aspectos físicos

Comalapa está a 28 kilómetros de la cabecera departamental de Chimaltenango y a 82 kilómetros de la ciudad capital. Posee una extensión territorial de 76 kms². Se localiza a aproximadamente 2,150 m.s.n.m. Tiene un clima templado y colinda al Norte con San José Poaquil y San Martín Jilotepeque, al Sur con Zaragoza, Santa Cruz Balanyá y Chimaltenango, al Este con San Martín Jilotepeque y al Oeste con Tecpán Guatemala, Santa Apolonia y San José Poaquil. Todos los municipios limítrofes pertenecen al departamento de Chimaltenango. En la actualidad Comalapa cuenta con 39,484 habitantes.

1.1.3 Producción

Agrícola: se dedican al cultivo de maíz, frijol, fresa, papa, haba, arveja china, brócoli; y a la siembra de flores como gladiolos, claveles, rosas y otras, como muestra basta con visitar su parque adornado de estas aromáticas flores.

Pecuaría: buena parte de su población dedicada a la cría de ganado bovino.

Artisanal: se dedican a la elaboración de figuras de venados, chivos, trineos, además de estrellas, faroles, etc. Utilizan hojas de mazorca, alambres, chiriviscos, barniz, fibras, piezas de madera y otros materiales. Además, los y las comalapenses se dedican a la promoción de los artistas primitivistas y a la industria textil artesanal con la fabricación de monederos, güipiles, chalecos, chumpas, etc.

1.1.4 Fuentes de empleo

No existen fuentes permanentes en el municipio, la mayoría de las personas se dedican a la producción agrícola familiar y artesanal. En términos porcentuales las actividades se presentan con agricultura en un 60%, artesanía 20% y comercio 20%.

En el municipio no se cuenta con fuentes de empleo suficientes, como alternativa recurren a emigrar fuera del país.

1.1.5 Pertenencia étnica

En cuanto a la pertenencia étnica, en San Juan Comalapa un 93% de la población es maya kaqchikel y un 7% es ladina o no indígena.

1.1.6 Nivel de pobreza

Porcentaje de pobreza 57.21%

Porcentaje de pobreza extrema 9.77 %

1.1.7 Demografía

El censo poblacional, elaborado por el Instituto Nacional de Estadística – Ine-, del departamento de Chimaltenango, donde observa que San Juan Comalapa es el quinto municipio más poblado, después de Chimaltenango (cabecera departamental), Tecpán, San Martín Jilotepeque y Patzún.

Tabla I. **Población total censada y locales de habitación particulares (viviendas) censados al 24/11/2002, según municipio.**

POBLACIÓN	
Censo 1981	230,059
Censo 1994	314,813
Censo 2002	446,133

No.	MUNICIPIO	POBLACIÓN	VIVIENDAS
1	Chimaltenango	74,077	16,007
2	San José Poaquil	19,982	4,223
3	San Martín Jilotepeque	58,578	12,214
4	Comalapa	35,441	7,858
5	Santa Apolonia	11,859	2,105
6	Tecpán Guatemala	59,859	11,447
7	Patzún	42,326	8,508
8	Pochuta	9,842	2,165
9	Patzicía	23,401	5,079
10	Santa cruz Balanyá	8,504	1,404
11	Acatenango	18,336	4,310
12	Yepocapa	23,509	4,484
13	San Andrés Itzapa	21,151	4,500
14	Parramos	9,537	1,973
15	Zaragoza	17,908	4,205
16	El Tejar	13,823	3,175
	TOTAL	446,133	93,655

Fuente: datos fueron proporcionados por el Centro de Salud de San Juan Comalapa, aunque no coincidan plenamente con los del Ine son absolutamente fiables dado que están extraídos de la visita diaria a las comunidades.

Tabla II. **Población clasificada por áreas del Municipio de Comalapa.**

Área urbana

Categoría	Nombre	Nº habitantes
Pueblo (Cabecera municipal)	San Juan Comalapa	20,047

Área Periurbana

Categoría	Nombre	Nº de habitantes
Caserío	Chuacaña	97
Caserío	Chuaquixali	107
Caserío	Chuasij	896
Caserío	Manzanillo	788
Colonia	Las Victorias	620
Caserío	Las Tomas	421
Caserío	Paxan	383
Caserío	Paxot	258
Barrio	Tzanjuyú	368
Colonia	San Juan	201
Caserío	Xetuneyché	236

Área Rural

Categoría	Nombre	Nº de habitantes
Caserío	Agua Caliente	931
Caserío	Chichali	329
Caserío	Chirijuyu	149
Caserío	Chimiya	124
Parcelamiento	Cojol juyu	886
Aldea	Pachitur	253
Caserío	San Juan Palima	449
Caserío	Pamumus	753
Aldea	Panabajal	3,509
Caserío	Panicuy	149
Caserío	Panimacac	230
Aldea	Paquixic	1,066
Aldea	Paraxaj	470
Caserío	Paraxaquen	69
Aldea	Patzaj	982
Caserío	Pavit	413
Caserío	Paxan	383
Caserío	Quisaya	364
Aldea	Simajhuleu	1,986
Aldea	Xenimaquin	513
Caserío	Xetonox	512
Aldea	Xiquin Sanahi	651

Fuente: datos proporcionados por el centro de salud de Comalapa.

1.1.8 Educación

La cobertura educativa a cargo del Ministerio de Educación –Mineduc¹-

En este apartado se ven los establecimientos educativos del sector oficial, el número de estudiantes matriculados y los índices de retención, eficiencia e ineficiencia.

Tabla III **Establecimientos educativos a cargo del Mineduc (1).**

Lugar	Pain	Párvulos	Preprimaria Bilingüe	Primaria	Básico	Diversif.
Agua Caliente				X		
Xiquin Sanahí			X	X	X2	
Simajhuleu			X	X	X3	
Panimacac			X	X		
Patzaj	X	X	X	X	X4	
Pavil			X	X		
Quisayá			X	X		
Xenimaquin			X	X		
Pachitur			X	X		
Panabajal		X	X	X	X5	
Payá	X		X	X		
Panumus			X	X		
Cantonal			X	X		
Chichalí			X	X		
Palima			X	X		
Xetonox			X	X		
Cojol Juyú	X	X		X		
Paquixic				X		
Paraxaj				X		
Panicux				X		
Panimab'ey				X		
Las Tomas		X		X		
Comalapa		X6		X7	X8	X9

Los números en la tabla explican la fuente y el tipo de establecimiento.

¹ Datos proporcionados por la Coordinación Técnica Administrativa -CTA- 04-04-19 de San Juan Comalapa.

² Telesecundaria.

³ Instituto República Alemana.

⁴ Telesecundaria.

⁵ Telesecundaria.

⁶ En el Rossell Arellano y en la Escuela O. Párvulos.

⁷ En el Rossell Arellano (jornada matutina y vespertina).

⁸ En el INEB Andrés Curruchiche y en el Instituto Nocturno.

⁹ En la Escuela de Ciencias Comerciales.

1.1.9 Salud

El concepto de salud incluye además de la situación sanitaria, aspectos tales como agua potable, drenajes, eliminación de basura y desechos humanos. La falta de estos servicios está íntimamente relacionada con la ruralidad, ya que el área rural presenta mayores carencias que el área urbana. Este apartado se refiere a la cobertura de salud, la morbilidad y la mortalidad del municipio, así como a la situación de infraestructura que incide en la salud comunitaria.

Tabla IV. **Establecimientos para la atención de salud en Comalapa**

Tipo de establecimiento	Número	Ubicación
Centro de Salud Tipo "B"	1	San Juan Comalapa
Puesto de Salud	7	Paraxaj Panumus Panabajal Patzaj Xiquín Sanahí Paquixic Simajhuleu
Unidad mínima de Salud	2	Las Victorias Pachitur

Tabla V. **Principales causas de consulta por enfermedad en el municipio de San Juan Comalapa.**

Enfermedad	Nº de casos	Porcentaje
Anemia	1,059	8.57%
Enfermedad de la piel	927	7.49%
Enfermedad péptica	860	6.95%
Amebiasis	617	4.97%
Parasitosis intestinal	406	3.28%
Cefalea	348	2.81%
Desnutrición	260	2.11%
Infección del tracto urinario	153	1.24%
Dolor muscular	94	0.76%
Neuralgia	70	0.56%
Resto de causas	7,580	61.26%
Total	12,374	100%

Fuente tabla IV y V, centro de salud, Comalapa.

Tabla VI. **Principales causas de mortalidad en el municipio de San Juan Comalapa.**

Enfermedad	Nº de casos	Porcentaje
Bronconeumonía	50	25.51%
Senilidad	24	12.25%
Diabetes	10	5.10%
Etilismo crónico	9	4.59%
Diarrea	9	4.59%
Úlcera gástrica	8	4.09%
Deshidratación	7	3.57%
Sepsis neonatal	6	3.06%
Muerte súbita	6	3.06%
Desnutrición	5	2.55%
Resto de causas	62	31.63%
Total	196	100%

Fuente: centro de salud de San Juan Comalapa.

1.1.10 Servicios comunitarios

Tabla VII. **Servicios área urbana.**

Servicio	Nº de viviendas
Nº viviendas con acceso a agua	3,622
Nº viviendas con letrina y/o inodoro	6,630
Nº viviendas con servicio de alcantarillado	3,259

Fuente: centro de salud Comalapa.

Disposición de basuras

El área urbana no cuenta con un tren de aseo propiamente y tiene varios barrancos que son usados como basureros clandestinos.

Tabla VIII. **Servicios área rural.**

Abastecimiento de agua

Forma de abastecimiento	Nº de viviendas
Chorro propio	1,945
Chorro comunitario	371
Pozo propio	592
Pozo comunitario	751
Río	87
Otros	112

Disposición de excretas

Forma de disposición	Nº de viviendas
Con letrina / inodoro	3,136
Otro medio inadecuado	570

Disposición de Basuras

Modo de disposición	Nº de viviendas
Adecuado	2,669
Inadecuado	1,046

Fuente: datos proporcionados por el centro de salud, Comalapa.

2. DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO FINAL 2DA. AV. ZONA 3

2.1 Estudios Preliminares

2.1.1 Descripción del proyecto

El proyecto trata de un nuevo diseño de trazo de camino para pavimentar con concreto hidráulico por el sistema de fundición por bloques alternos. La línea de trazo de camino conforme a los planos indica la línea central diseñada, los garabitos indican los anchos de calle, situación de bordillos y niveles con cotas de sub-rasante propuesta y de rasante final.

El proyecto en principio beneficiará a 384 habitantes distribuidos en 64 familias, con pavimento de calidad el cual tendrá una vida útil de 25 años, a partir de 2003. Para el año 2028 serán 714 habitantes distribuidos en 119 familias.

El proyecto consta de 2391.85 M2 de pavimento rígido distribuido a lo largo de 455 metros lineales.

2.1.2 Ubicación del proyecto

El proyecto se localiza en el área urbana, que algunos denominan área peri-urbana; en el caserío localizado a la salida del Municipio de San Juan Comalapa, denominado Final 2da. Av. Zona 3, Xetuney Ché.

2.1.3 Reconocimiento del lugar

Con el correr de los tiempos, San Juan Comalapa ha tenido un crecimiento poblacional considerado y sus calles han sido pavimentadas poco a poco para tener un desarrollo urbanístico de acuerdo a las necesidades de la población.

El final de la 2da.Av. Zona 3, Xetuney Ché se encuentra en el casco urbano y al mismo tiempo se utiliza como entrada y salida a una de las comunidades de la región. En los días de mercado hay mucha movilización de vehículos, por lo que la petición de los vecinos que no sólo quieren que tenga un aspecto más llamativo y limpio, se refiere a la accesibilidad y movilización por medio del pavimento.

Una parte fundamental del desarrollo de una población es la transformación de sus calles. Las arterias afectadas en proyecto son de terracería antigua, que con el correr de los tiempos han ido deteriorándose por las inclemencias del tiempo, aumento de tráfico, cuestiones que provocan la deformación de la superficie de rodadura, la existencia de baches, polvo, empozamientos, etc. Es por ello que el proyecto de pavimentación es sumamente importante para subsanar tales problemas, mejorar la transitabilidad, dar acceso al comercio local y la salud de los vecinos.

2.1.4 Características técnicas

El diseño implementa una serie de recomendaciones técnicas necesarias en un proceso de construcción, por medio de normas y especificaciones técnicas desglosadas en : limpieza, trazo, nivelación, conformación de base, sub-base, compactación, proceso de pavimentación, selección de materiales, formateado, fundición, juntas, bordillos, curado, etc.

Se integran también los materiales y su cuantificación, para obtener el costo total del proyecto.

2.1.5 Beneficios sociales

Se pretende resolver los problemas de acceso peatonal y vehicular; desfogar aguas pluviales y empozamientos que se presentan en la época lluviosa; suspender la circulación de polvo durante el verano cuestiones que benefician a la salud de la comunidad. Esto se debe a que con los problemas identificados surgen problemas de salubridad que dan lugar al surgimiento de enfermedades. Además la libre circulación de vehículos y personas con comodidad representa una mejora a la transitabilidad y ornato de la población urbana de San Juan Comalapa.

El proyecto será financiado con fondos municipales o de otros programas específicos, según conveniencia de la Corporación Municipal.

2.2 Recopilación de información de campo

2.2.1 Estudio topográfico

Lo constituyen la planimetría y la altimetría, las cuales son bases fundamentales para todo proyecto vial. Es determinante su aplicación para obtener las libretas de campo de las cuales resultan los planos que reflejan la conformación real del lugar de ejecución del proyecto.

La planimetría se realizó para obtener una representación gráfica en planta del terreno, localizando así la línea central, secciones transversales y ubicar los servicios existentes en la vía a pavimentar.

La altimetría sirve para obtener los datos de nivelación al determinar la sección vertical del terreno, la determinación del perfil de la línea del eje principal y conocer pendientes de la subrasante para proceder al diseño de la pavimentación.

2.2.2 Estudio de suelos

Para consolidar una buena información en cualquier proyecto de Ingeniería Civil se necesita explorar la calidad de suelos mediante la siguiente clasificación:

2.2.2.1 Ensayos para la clasificación del suelo

Estos ensayos se usan para identificar los suelos de modo que puedan ser descritos y clasificados adecuadamente. Dentro de éstos:

2.2.2.1.1 Análisis granulométrico

En la clasificación de los suelos se acostumbra utilizar algún tipo de análisis granulométrico; este ensayo constituye una parte importante de los criterios de aceptabilidad de suelos para carreteras.

El análisis granulométrico de una masa de suelo consiste en separar y clasificar por tamaños los granos que lo componen. Se realiza por medio de tamices superpuestos, se coloca el tamiz de mayor separación en la parte superior y se reduce la abertura de los sucesivos. Los tamices son hechos de malla de alambre forjado, con aberturas rectangulares que van en tamaño desde 101.6 mm (4plg) en la serie más gruesa, hasta el número 400 (0.038 mm) en la serie correspondiente a suelo fino.

Con el porcentaje de material retenido a través de la norma AASHTO T-27, se hace la respectiva clasificación del tipo de suelo con que se cuenta.

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso del suelo retenido}}{\text{Peso total del suelo}} \times 100 \quad (\text{Manual del laboratorio de mecánica de suelos})$$

2.2.2.1.2 Límites de consistencia

Son ciertos límites arbitrarios en el contenido de humedad de los suelos finos, para dividir sus estados de consistencia.

En el ensayo se utiliza el material que pasa por el tamiz No. 40, mezclándolo con agua hasta formar una pasta suave. Se coloca en el platillo del aparato de Casagrande hasta llenarlo aproximadamente en 1/3 de su capacidad, formando una masa lisa. Se divide esta pasta en la manivela del aparato a razón de dos golpes por segundo, se cuenta el número de golpes necesarios para que el fondo del surco se cierre en una longitud de 1/2" aproximadamente. El número de golpes debe ser de 15 a 35. Luego se toma la muestra y se determina su contenido de humedad.

Para determinar el límite plástico se utiliza una porción de la misma muestra preparada para el ensayo del límite líquido. Se tiene que dejar secar hasta que posea una consistencia que no tenga adherencia a la palma de la mano, se hace rodar con la palma de la mano sobre una superficie lisa no absorbente (vidrio), se forman cilindros de aproximadamente 1/8". Por medio del manipuleo de estos cilindros, se va reduciendo el contenido de humedad hasta que el cilindro empieza a desmoronarse. En este instante se determina el contenido de humedad y éste es el valor del límite plástico.

El índice plástico o de plasticidad se obtiene como la diferencia del límite líquido y el límite plástico.

El índice de grupo es un valor que indica la calidad del suelo en función de su granulometría y de los valores del límite líquido y el índice de plasticidad. Tiene que ser un número entero y positivo entre los valores de 0 y 10; si resulta un valor negativo, se toma como 0 y si es mayor que 20 se toma como 20, si es un valor fraccionario se redondea al entero más cercano.

Según el índice de grupo, los suelos se dividen en:

Granulares	0 a 14
Limosos	8 a 12
Arcillosos	12 a 20

2.2.2.2 Ensayo para el control de la construcción

Estos ensayos se usan para asegurar que los suelos se compacten adecuadamente durante la construcción y que se cumplan las condiciones impuestas en el proyecto. Estos son:

2.2.2.2.1 Determinación del contenido de humedad

El contenido de humedad es la relación entre el peso del agua contenida en la muestra y el peso de la muestra después de ser secada al horno, expresada en porcentajes. Es la cantidad de agua presente en el suelo. Este es el ensayo más usado, pues es necesario para el ensayo de compactación proctor, el ensayo del valor soporte, los límites de consistencia y las densidades de campo.

2.2.2.2.2 Densidad máxima y humedad óptima

El procedimiento para determinar la densidad máxima y humedad óptima por medio del proctor modificado (AASHTO T-180) consiste en tomar una cantidad de suelo, pasarlo por el tamiz $\frac{3}{4}$ ", añadir agua y compactarlo en un molde cilíndrico de 944 cm³ en tres capas con 25 golpes por capa con un martillo de compactación de 4.5 libras de peso con una caída libre de 12 plgs. Luego de compactada la muestra, ésta es removida del molde y desbaratada nuevamente para obtener pequeñas porciones de suelo que servirán para determinar el contenido de humedad en ese momento del suelo. Se añade más agua a la muestra, con el fin de obtener una muestra más húmeda y homogénea y se procede a hacer nuevamente el proceso de compactación.

Esta secuencia se repite sucesivamente para obtener datos que permitan mostrar una curva de densidad seca contra contenido de humedad con un punto máximo y puntos alrededor de ese máximo para definir adecuadamente su localización. La ordenada de este diagrama es la densidad seca, y la ordenada máxima es el valor del peso unitario seco máximo del suelo. La absisa correspondiente a este punto será el contenido de humedad óptimo.

La curva de compactación se asemeja generalmente a una parábola. Cada suelo tendrá su propia curva de compactación, que es característica del material y distinta de los otros suelos.

Para carreteras en Guatemala es obligatorio el uso del ensayo Proctor modificado. El proceso analítico debe hacerse según lo descrito en la norma AASHTO T-180. Para un ensayo se necesitan 15 kilogramos de suelo que pasen por el tamiz $\frac{3}{4}$ " para suelos granulares o que pasen el tamiz #4 para suelos finos.

2.2.2.2.3 Ensayo de equivalente de arena

Se realiza con la finalidad de conocer el porcentaje relativo de finos plásticos que contienen los suelos y los agregados pétreos.

Este ensayo consiste esencialmente en una serie de mediciones en la suspensión del suelo; mediante una solución básica de agua con cloruro de calcio mezclado con formaldehído y glicerina.

El ensayo se realiza principalmente cuando se trata de materiales que se usarán para base, subbase y bancos de préstamo.

Para un ensayo se necesitan 500 gramos de suelo que pase por la malla #4. El procedimiento analítico se rige por la norma AASHTO T-176

2.2.2.3 Ensayos para determinar la resistencia del suelo

Estos ensayos se utilizan para determinar la capacidad de carga de los suelos y con base a éstos determinar si son adecuados para usarlos en construcción. Estos son:

2.2.2.3.1 Ensayo del valor soporte del suelo (CBR)

El ensayo de CBR (ASTM denomina el ensayo simplemente un ensayo de relación de soporte), mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas. El ensayo permite obtener un número de la relación de soporte, sin embargo, por las condiciones de humedad y densidad, es evidente que este número no es constante para un suelo dado, sino que se aplica sólo al estado en el cual se encontraba el suelo durante el ensayo.

El CBR 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.

Se debe hacer el CBR sobre muestras a diferentes grados de compactación a la humedad óptima, después se elabora un diagrama de CBR contra densidad de donde se puede determinar el valor de CBR a la densidad deseada, según las especificaciones de construcción que deba cumplir el material. Sin embargo, el CBR también puede hacerse sobre una muestra compacta con el contenido de humedad óptimo, para un suelo específico, utilizando un ensayo de compactación proctor ya sea estándar o modificado.

En el laboratorio ordinariamente deberían compactarse dos moldes de suelo, uno para penetración inmediata y otro para después de dejarlo saturar en agua por un período de 96 horas o más. Bajo una carga aproximadamente igual al peso del pavimento que se utiliza en el campo, pero en ningún caso menor que 4.5 kg. Es durante este período cuando se toman registros de expansión para instantes escogidos arbitrariamente. Al final del período de saturación se hace la penetración para obtener el valor de CBR, para el suelo en condiciones de saturación completa.

El ensayo con la muestra saturada cumple con dos propósitos, el primero dar información sobre la expansión esperada en el suelo, bajo la estructura del pavimento cuando el suelo se satura. El segundo dar indicación de la pérdida de resistencia debida a la saturación en el campo.

El valor final del CBR se utiliza para establecer una relación entre el comportamiento de los suelos, principalmente con fines de utilización de bases y subrasantes bajo pavimentos de carreteras o aeropistas.

Finalmente el CBR es el factor que determinará el diseño de espesores de capas de pavimento. Usualmente el valor de CBR se convierte en módulo de valor soporte del suelo (tal como lo hace el método de la AASHTO para diseño de pavimentos flexibles). El procedimiento para el CBR lo indica la norma AASHTO T-193

Tabla IX. De acuerdo al número de CBR, se clasifica el tipo de suelo y su uso

Número de CBR	Clasificación general	Usos
0 - 3	Muy pobre	Subrasante
3 - 7	Pobre o regular	Subrasante
7 - 20	Regular	Subbase
20 - 50	Buena	Subbase, base
50 o más	Excelente	Base

Fuente: manual de laboratorio de mecánica de suelos

2.3 Elementos estructurales de un pavimento rígido

2.3.1 Pavimento

Pavimento es toda la estructura que descansa sobre el terreno de fundación o subrasante, formado por las diferentes capas de subbase, base y carpeta de rodadura. Tiene el objetivo de distribuir las cargas del tránsito sobre el suelo, proporcionar una superficie de rodadura suave para los vehículos y proteger al suelo de los efectos adverso del clima, los cuales afectan su resistencia al soporte estable del mismo.

El pavimento soporta y distribuye la carga en una presión unitaria lo suficientemente disminuida para estar dentro de la capacidad del suelo que constituye la capa de apoyo, reduciendo la tendencia a la formación de fallas.

2.3.2 Subrasante

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 al tránsito previsto.

La subrasante tiene como función servir para la fundación del pavimento después de haber sido terminado el movimiento de tierras y que una vez compactada y afinada, tiene las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos de diseño.

2.3.3 Sub-base

Es la capa de la estructura del pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas del tránsito, de tal manera que el suelo de subrasante las pueda soportar, y absorba las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la base.

La subbase está constituida de cantidades y variedades de suelos, ya sea en su estado natural o mejorado. Una de sus funciones fundamentales es la de romper la capilaridad de la terracería y drenar el agua proveniente de la base, controlando o eliminando los cambios de volumen, elasticidad o plasticidad perjudiciales que pudiera tener el material de la subrasante. Un pavimento rígido puede prescindir de esta capa.

2.3.4 Base granular

Es la capa formada por la combinación de piedras y grava, con arena y suelo en su estado natural, clasificados con trituración parcial para constituir la base integrante de un pavimento; ésta está constituida de materiales seleccionados con granulometría y espesor determinado. Su función primordial es ser resistente a los cambios de temperatura, humedad y desintegración por abrasión producidos por el tránsito y tener mayor capacidad soporte que las subbases.

2.3.5 Diseño geométrico

El diseño geométrico de una carretera depende de los criterios del diseñador, que se basarán en la intensidad y tipo del tránsito futuro, así como la velocidad de diseño. Determinada la vía y fijados los criterios de diseño geométrico, se debe buscar una combinación de alineamientos rectos y curvos que se adapten al terreno en planimetría, altimetría y que cumplan con los requisitos establecidos.

Una carretera debe proporcionar apoyo a los vehículos todo el tiempo, facilitar el drenaje del agua superficial, permitir la adherencia friccional para la aceleración, desaceleración y cambio de dirección; y por medio del diseño geométrico de la anchura, las intersecciones, las sobre elevaciones, los drenajes y las distancias de visibilidad, permitir el movimiento y el rebase con seguridad a niveles de servicio establecidos.

2.3.6 Ancho de corona

Es la superficie de la carretera que queda comprendida entre las aristas del terreno y los interiores de las cunetas. Esta superficie es el espacio fundamental del diseño transversal del pavimento; pues en ella se sitúan los elementos más importantes para la construcción de una carretera en el sentido transversal. Los elementos que definen el ancho de corona son la rasante, ancho de calzada, pendiente transversal y los hombros.

2.3.7 Ancho de carril

El ancho de carril es parte del ancho de corona, destinada a la circulación de vehículos. Está constituido por uno o más carriles, entendiéndose por carril a la superficie de rodamiento que tiene el ancho suficiente para permitir la circulación de una hilera de vehículos.

2.3.8 Hombros

El hombro es el área o superficie adyacente a ambos lados del carril, se diseña para obtener ventajas tales como la conservación del pavimento, la protección contra humedad y posibles erosiones en el carril, y proporcionar al mismo tiempo seguridad al usuario, al disponer de un espacio adicional fuera del ancho del carril, para evitar accidentes al detener la marcha en un determinado momento.

2.3.9 Pendiente transversal

Es la pendiente que se le da a la corona en el eje perpendicular al de la carretera. Según su relación con los hombros y el alineamiento horizontal, pueden darse tres tipos:

Pendiente por bombeo: es la pendiente transversal que se da a la corona, en las tangentes del alineamiento horizontal con el objetivo de facilitar el escurrimiento superficial del agua. Un bombeo apropiado permite un drenaje correcto de la corona, con la mínima pendiente para que el conductor no experimente incomodidad o inseguridad en condiciones normales de operación. Para un tipo de superficie de rodamiento de concreto puede fijarse una pendiente transversal mínima de 1%, pero por las características constructivas objeto de esta tesis se fija un 2%, que es imperceptible bajo condiciones de operación normal.

Pendiente por peralte: es la inclinación dada a la corona sobre una curva, para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga que ejerce el peso del vehículo en movimiento.

Pendiente por transición: es el bombeo dado por cambio gradual de la pendiente por peralte hacia la pendiente por bombeo. Este tipo de pendiente se localiza en tramos que cambian de curva a tangente o inversamente de tangente a curva.

2.4 Método y procedimiento de diseño para el pavimento rígido del final de la 2da. Av. zona 3, Comalapa

2.4.1 Pavimento rígido

La PCA (Asociación de Cemento Pórtland) ha desarrollado dos métodos para determinar el espesor de losa adecuada para soportar las cargas de tránsito en las calles y carreteras.

El primero es el método de capacidad, este procedimiento de diseño tiene la posibilidad de obtener datos de carga. Con ello asume que datos detallados de carga-eje tienen que ser obtenidos de estaciones representativas de peso de camiones (volúmenes de tránsito).

El segundo es el método Simplificado, este procedimiento de diseño no tiene posibilidades de obtener datos de carga-eje

Para el diseño y dimensionamiento del espesor del pavimento rígido del final de la 2da. Av. zona 3, Xetuney Ché, San Juan Comalapa, se empleará el método simplificado, debido a que es posible obtener datos de carga de eje, ya que no existen detalles de tránsito para este sector.

Para este método la PCA ha elaborado tablas de diseño simples, basadas en distribuciones compuestas de carga de eje que representan diferentes categorías de carreteras y tipos de calles.

Los datos de las tablas para las cuatro categorías de tránsito (ver tabla No. X), están diseñadas para un período de 20 años. Estas tablas han sido elaboradas contemplando el valor de carga estática por eje, ya que los esfuerzos producidos por un eje en movimiento son menores que los ocasionados cuando el mismo eje está detenido; hacen falta períodos considerables de tiempo para que el esfuerzo producido por un eje estático alcance su valor máximo. El factor de seguridad (FS) por el cual deben multiplicarse las cargas nominales de ejes es 1.0, 1.1, 1.2 y 1.3 respectivamente para las cuatro categorías de eje de carga 1, 2, 3 y 4.

Para determinar el espesor de la losa, son necesarios los esfuerzos combinados de la subrasante y subbase, ya que mejoran la estructura del pavimento. El aumento de la resistencia estructural del pavimento se obtiene de las bases suelo-cemento en relación a las bases granulares.

2.4.2 Módulo de reacción de la subrasante (K)

El módulo de reacción de la subrasante es la propiedad de apoyo que ésta ofrece al tráfico y se define como la pendiente de la gráfica carga-deformación obtenida en el campo por el ensayo del disco (norma ASTM D-1196), cuyo resultado estará en kg/cm^3 .

Generalmente, obtener el módulo de reacción de la subrasante es difícil por no decir imposible, primero por la carencia del equipo necesario para la prueba, el cual es muy especial y costoso y en segundo lugar porque la subrasante no ha sido construida todavía, y esto hace imposible colocar el aparato de prueba.

Dado las limitaciones del ensayo, el valor de K es usualmente estimado por correlación de una prueba más simple como la clasificación del tipo de suelo según el sistema SCU (Sistema Unificado de Clasificación de suelos, bajo el punto de vista de la ingeniería), según el sistema PARA (*Public Road Administration*) o en función de su número de CBR. De cualquiera de estas formas se obtienen valores muy estimativos, aunque el más próximo, es el último. Esto es válido, ya que no se requiere un valor exacto de K y no afecta apreciablemente los requerimientos de espesor.

El valor aproximado de K, cuando se usan bases granulares y bases de suelo-cemento, se muestra en las tablas XI y XII, respectivamente.

En ausencia de valores de los ensayos de laboratorio, puede utilizarse la relación aproximada entre K y el CBR o valor soporte california para diferentes tipos de suelos (esto cuando no se conoce su respectivo CBR).

2.4.3 Tránsito promedio diario

Este valor es determinado por conteos periódicos del tránsito. (ver anexo No. 1) Del total de vehículos que pasan por la vía (TPD) se determina el tránsito de camiones (TPDC), que será el parámetro a manejar en las tablas de diseño. El tránsito servirá para dos propósitos principales, catalogar la vía y localizar el número de vehículos tipo pesado en las tablas de diseño.

El número y los pesos de carga por eje pesados durante la vida de diseño, son las variables en el diseño del pavimento de concreto, derivadas de las estimaciones siguientes:

TPD: es el tránsito promedio diario en ambas direcciones de todos los vehículos.

TPDC: es el tránsito promedio diario de camiones en ambas direcciones, carga por eje de camiones.

En el procedimiento de diseño es necesario el TPDC, que puede ser expresado como un porcentaje de TPD.

El tránsito futuro tiene considerable influencia en el diseño, por lo que la razón de crecimiento es afectada por factores como el tránsito desarrollado. Todos estos factores pueden causar razones de crecimiento anual del 2 al 6 %, que corresponden a factores de proyección del tránsito a 20 años de 1.2 a 1.8.

El uso de razones altas de crecimiento para calles residenciales no son aplicables, ya que estas calles llevan poco tránsito, generalmente originado en ellas mismas o el que es ocasionado por vehículos de reparto, por lo que las tasas de crecimiento podrían estar debajo del 2% por año (factor de proyección de 1.1 a 1.3).

Las tablas se encuentran especificadas para un período de 20 años con su respectivo tránsito promedio de camiones en ambas direcciones. Para otros períodos de diseño, las estimaciones del tránsito TPDC se multiplican por un factor apropiado para tener un valor ajustado para usar las tablas. Por ejemplo, si se decide utilizar un período de diseño de 30 años en vez de 20, la estimación del valor del TPDC permisible es multiplicada por 30/20.

2.4.4 Módulo de ruptura del concreto

Debido al paso de vehículos sobre las losas de concreto, se producen esfuerzos de flexión y compresión. Los esfuerzos de compresión son tan mínimos que no influyen en el grosor de la losa.

En cambio los promedios de esfuerzos de flexión y de las fuerzas de flexión son mucho mayores, por eso son usados estos valores para el diseño de espesores de los pavimentos rígidos. La fuerza de flexión está determinada por el módulo de ruptura del concreto (MR), el cual está definido como el esfuerzo máximo de tensión en la fibra extrema de una viga de concreto.

La resistencia de la tensión del concreto es relativamente baja. Una buena aproximación para la resistencia a la tensión será de 10 a 20 % de su resistencia a la compresión, debido a los problemas de agarre de las máquinas de prueba.

2.4.5 Diseño de juntas

Las juntas tienen por objeto principal, permitir la construcción del pavimento por losas separadas para evitar grietas de construcción y establecer al mismo tiempo una unión adecuada entre ellas, que asegure la continuidad de la superficie de rodadura y la buena conservación del pavimento. Cuando así se especifique, deben proveer además, una adecuada transferencia de carga a las losas contiguas.

Todas las juntas deben construirse con las caras perpendiculares a la superficie del pavimento y deben protegerse contra la penetración a las mismas, de materiales extraños perjudiciales, hasta el momento en que sean selladas

Los tipos de juntas, su posición y detalles de construcción, incluyendo los rellenos, sellos y retenedores, deben ser los indicados en los planos.

2.4.5.1 Tipos de juntas.

Los tipos de juntas más comunes en los pavimentos de concreto son las siguientes:

Juntas transversales de contracción: estas juntas se construyen transversalmente a la línea central y espaciadas, para controlar el agrietamiento por esfuerzos causados por contracción del concreto o encogimiento y cambios de humedad o temperatura. Estas juntas están orientadas en ángulos rectos a la línea central y borde de los carriles o franjas del pavimento. Para reducir la carga dinámica a través de la junta y eliminar cargas simultáneas de las llantas, conforme se indique en los planos o disposiciones especiales, se deben construir juntas de contracción nviajadas.

Juntas transversales de construcción: las juntas transversales de construcción son juntas planas y no se benefician del engrape del agregado. Controlan principalmente, el agrietamiento natural del pavimento. Su diseño y construcción apropiados son críticos, para el desempeño general del pavimento. Deben construirse al concluir la operación de pavimentación, al final del día, o cuando surge cualquier interrupción de la colocación (por ejemplo, en los accesos a puentes o cuando hay falta de suministro de concreto). Estas juntas, siempre que sea posible, deben instalarse en la localización de una junta planificada previamente.

Cuando la junta de construcción es colocada en una ubicación planificada o el pavimento no está adyacente a una losa de concreto existente, se requieren dovelas para proporcionar transferencia de carga. Estas juntas siempre están orientadas perpendicularmente a la línea central, aún cuando las juntas de contracción estén nviajadas.

Juntas de expansión o aislamiento: se localizan de forma que permitan el movimiento del pavimento, sin dañar las estructuras adyacentes (puentes, drenajes, etc.) o el pavimento en sí, en áreas de cambios de dirección del mismo.

Las juntas de expansión o aislamiento, deben tener de 19 mm a 25 mm ($\frac{3}{4}$ " a 1") de ancho. En las juntas de expansión, un material premoldeado para relleno de junta, debe ocupar el vacío entre la sub-base o subrasante y el sellador de la junta. El relleno debe quedar aproximadamente 25.4 mm (1") más abajo del nivel de la superficie y debe extenderse en la profundidad y ancho total de la losa.

En las juntas de expansión, el espesor de la losa debe aumentarse en un 20 % a lo largo de la junta de expansión. La transición de espesor es gradual, en una longitud de 6 a 10 veces el espesor del pavimento.

Juntas longitudinales de contracción: dividen los carriles de tráfico y controlan el agrietamiento, donde se colocan dos o más anchos de carriles al mismo tiempo.

Juntas longitudinales de construcción: estas juntas unen carriles de pavimentos adyacentes, cuando éstos fueron pavimentados en diferentes fechas.

Juntas nviajadas: las juntas nviajadas son una variación de la alineación de las juntas transversales de contracción y construcción, inclinadas respecto al eje longitudinal del pavimento entre 80 y 100° (o una relación 1 a 6). Se busca que la inclinación sea tal que las llantas izquierdas de los vehículos crucen primero la junta que las derechas.

2.4.5.2 Formación de las juntas:

Juntas formadas por inserción de tiras o fajas premoldeadas: se hacen insertando en el concreto fresco, tiras o fajas de material premoldeado no metálico de diseño previamente aprobado, con equipo mecánico, para garantizar la verticalidad y alineación. El borde superior de la tira debe quedar de 2 mm a 4 mm de la superficie del concreto. Debe cuidarse que el equipo de aplanado o alisado mecánico final de los equipos de pavimentación de formaleta deslizante no altere la posición de las tiras.

Juntas inducidas en el concreto fresco: se pueden hacer directamente en el concreto fresco con cuchillas o tiras metálicas, plásticas, o bien con sierras metálicas que se puedan introducir y retirar del concreto, dejando una ranura limpia y sin obstrucciones, del tamaño y profundidad requeridos.

Juntas conformadas con formaleta: normalmente se fabrican en esta forma las juntas transversales de construcción y las juntas de expansión o aislamiento, por cambios de dirección. Cuando se especifique la colocación de dovelas, debe dejarse la formaleta perforada en los puntos donde deben instalarse las mismas. No deben hacerse juntas de construcción a menos de 3 metros de cualquier otra junta paralela. Si no se tiene disponible concreto para formar una losa de por lo menos 3 metros de largo al ocurrir una interrupción, debe removerse y retirarse el concreto recién colocado hasta la junta precedente inmediata.

Para juntas de expansión o aislamiento contra estructuras fijas como bordillos o muros que no requieren formaleta, ésta se reemplaza por tiras de material compresible de por lo menos 15 mm de espesor y de una profundidad superior a la losa, adosados a la estructura, los que se engrasan antes de fundir o colar el concreto para facilitar su posterior remoción.

Para juntas longitudinales de construcción de franjas o carriles colados o fundidos por separado, normalmente se utilizan formaletas deslizantes o fijas machihembradas, para proveer una llave de transferencia de carga. Estas juntas van por lo general, provistas de barras de sujeción para unir firmemente las franjas o carriles contiguos.

Juntas aserradas en el concreto endurecido: este es el método que debe ser utilizado preferentemente y consiste en producir ranuras en la superficie del pavimento con una sierra para concreto aprobada. El ancho, profundidad, separación y alineamiento de las ranuras serán los que se especifiquen en los planos para todas las juntas transversales y longitudinales de contracción. La junta ya cortada y la superficie adyacente del concreto deben limpiarse adecuadamente. El corte con sierra debe hacerse cuando el concreto haya endurecido lo suficiente para posibilitar dicho corte sin causar roturas o desportillamientos en los bordes y antes de que se produzcan grietas de contracción no controlada, en ningún caso deben transcurrir más de 24 horas después de la colocación del concreto. Generalmente se recomienda iniciar los cortes a partir del momento en que los equipos de corte no produzcan huellas en la superficie del concreto y ejecutar los mismos en forma continua, conforme se requieran, tanto de día como de noche y sin tener en cuenta condiciones climatológicas.

Cuando las juntas deban ser selladas, normalmente se hace posteriormente un ensanche de la ranura para formar la caja de sello o bien se realiza un corte de discos abrasivos de ancho suficiente para realizar los cortes más anchos de una sola pasada. Una vez hecho el aserrado debe reponerse la membrana de curado encima y a los lados de la junta recién cortada.

Cuando aparezca alguna grieta de contracción cerca o en el lugar donde se tenga que hacer el corte, debe discontinuarse o suspenderse el mismo y reducir el tiempo de corte siguiente. Si existen condiciones extremas que hacen imposible evitar el agrietamiento irregular, deberá utilizarse el método de juntas formadas con inserción de tiras o el de juntas inducidas antes del fraguado inicial del concreto.

2.5 Pasos para el diseño del espesor del pavimento final 2da. Av. zona 3, Xetuney Ché, San Juan Comalapa

Método simplificado propuesto por la PCA para pavimentos rígidos:

Determinar la categoría de la vía principal del proyecto:

Se debe hacer un conteo de tránsito promedio de vehículos. Como no se cuenta con datos de conteo de tránsito vehicular para el proyecto, se hizo un conteo sobreestimado de vehículos que circulan por la vía principal; del que se determinó el tránsito promedio diario de camiones en ambas direcciones. En el método propuesto por la PCA no es tan determinante el número de vehículos que circulan por la vía sino el porcentaje de vehículos pesados. (En el anexo 1 se muestra una hoja de control para tránsito clasificado)

La vía a pavimentar es relativamente corta como se mencionó en la descripción del proyecto por lo que se determinaron los siguientes datos:

Tránsito promedio diario (TPD) = 210 vehículos ambos sentidos.

Tránsito promedio diario de camiones (TPDC) = 20% TPD = 42 vehículos.

El período de diseño es de 25 años $42 \times 20/25 = 52$ Vehículos.

Con el dato estimado de paso de vehículos y su porcentaje de camiones se clasifica la vía según la tabla X

La vía principal del proyecto se clasifica en la categoría No.1, definida como calles residenciales, carreteras rurales y secundarias.

Determinar el tipo de junta para el pavimento:

La junta seleccionada es del tipo dovela, tipo macho hembra, por las ventajas que ofrece este tipo de junta, aunque la tabla disponga una junta de trabe por agregados, insertando una barra de acero para la interconexión entre dos losas, requiere de un espesor más grande para el pavimento; mientras la del tipo dovela, disminuye el espesor del pavimento.

Decidir, incluir o excluir hombros o bordillos en el diseño:

El diseño contempla la integración de bordillo para disminuir el espesor del pavimento.

Determinar el módulo de ruptura del concreto:

El módulo se estimó como el 15% de la resistencia del concreto a compresión $f'c$, según los parámetros especificados con anterioridad. Por lo que el valor aproximado se toma como $0.15 \times 4000 \text{ psi} = 600 \text{ psi}$.

Determinar el módulo de reacción K de la subrasante:

Conservadoramente se determina estimando un CBR de la subrasante de 10. En la figura 5 se toma el número CBR igual a 10, y se localiza el valor del módulo de reacción de la subrasante, el cual equivale a 200 lb/plg^3 .

Determinar si se utilizará base según los criterios del diseñador:

Como criterio se utilizará una base no tratada de 15cms (6 plg), incrementando así el valor del módulo de reacción $K = 230 \text{ lb/plg}^3$ (ver tabla XII).

Determinar el valor soporte del suelo:

Con este valor de K según tabla XI se determina que el tipo de suelo de subrasante es ALTO catalogando al suelo como Arena y mezclas de arenas con grava, relativamente libre de finos.

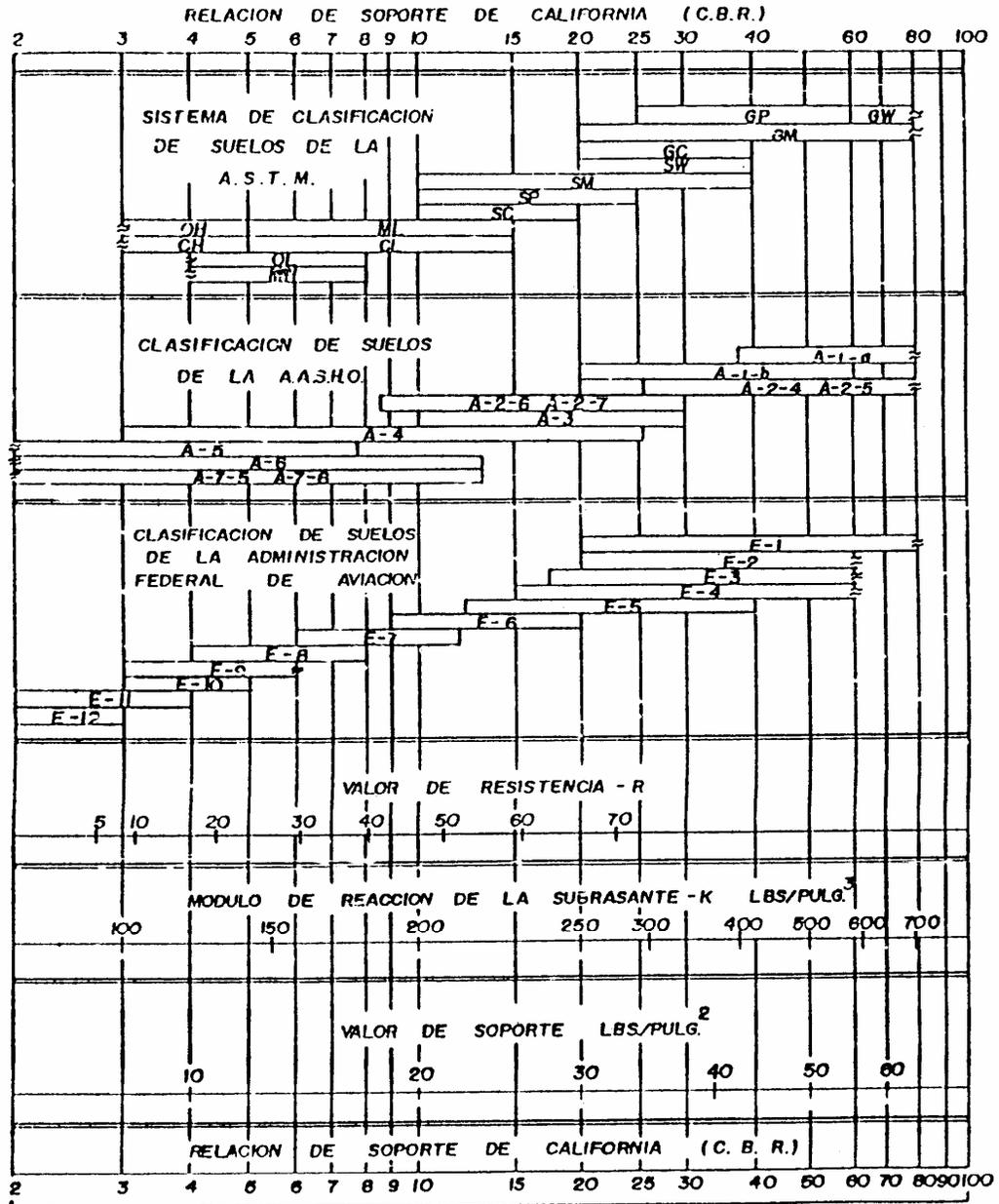
Determinar el espesor de la losa de concreto según la tabla de diseño con los parámetros siguientes:

Para una vía de categoría 1 con juntas doveladas, se utiliza la tabla XV. Se busca en el lado derecho por incluir bordillo el diseño de la losa. El soporte subrasante-subbase tiene un carácter alto, al buscar en el sector correspondiente a un módulo de ruptura de 600 psi y el valor que contenga el tránsito promedio diario de camiones de 52, el valor que dicta la tabla corresponde a 5 plg (12.70 cms), por razones de construcción y facilidad se determina un espesor de quince (15) centímetros como espesor de losa.

Referente a la capa de base del pavimento, la PCA da mayor importancia a la uniformidad de apoyo, que al grado de resistencia del suelo, considera que la losa de concreto tiene gran capacidad de distribución de la carga impuesta por el tránsito. Con frecuencia los materiales que forman parte de la subrasante presentan características favorables, que pueden sustituir las funciones de la base y por lo tanto ésta se hace innecesaria.

Las tablas contemplan la fatiga y la erosión en el diseño. La fatiga se toma en cuenta para mantener dentro de los límites de seguridad los esfuerzos debidos a las cargas repetidas. El esfuerzo por erosión se usa para limitar los efectos de las deflexiones del pavimento en los bordes y juntas. Para referencia, la tabla XIV indica los valores mínimos de espesor de base, según el uso y el tipo de base.

Figura 5. Interrelación aproximada de las clasificaciones de suelos y los valores de soporte.



INTERRELACION APROXIMADA DE LAS CLASIFICACIONES DE SUELOS Y LOS VALORES DE SOPORTE

* Fuente: Instituto Americano de Concreto (ACI).

Tabla X. **Categorías de carga por eje.**

Carga por eje. Categoría tandem	DESCRIPCION	Tráfico		Máxima carga por eje	
		TPD	% POR DIA	EJE SENCILLO (klp)	EJE DOBLE (Kip)
1	Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (bajo a medio)	200 a 800	1 arriba a de 3 25	22	36
2	Calles colectoras, carreteras rurales y secundarias (altas), carreteras primarias y calles arteriales (bajo).	700 a 5000	5 de 40 a a 18 1000	26	44
3	Calles arteriales y carreteras primarias (medio), súper carreteras o interestatales urbanas y rurales (bajo a medio)	3000 a 12000 (2 carriles) 3000 a 50000 (4 carriles)	8 de 500 a a 30 5000	30	52
4	Calles arteriales, carreteras primarias, supercarreteras (altas) interestatales urbanas y rurales (medio a alto)	3000 a 20000 (2 carriles) 3000 a 2000 (4 carriles)	8 de 1500 a a 30 8000	34	60

NOTA las descripciones de alto, medio y bajo, se refieren al peso relativo de las cargas por eje para el tipo de calle o carretera.

TPD tránsito promedio diario en el período de diseño.

TPDC tránsito promedio diario de camiones.

Tabla XI. **Tipos de suelo de subrasante y valores aproximados del módulo de reacción K.**

Tipos de suelos	Soporte	Rango de valores de k (psi)
Suelos de grano fino, en el cual el tamaño de partículas de limo y arcilla predomina.	Bajo	75 – 120
Arenas y mezclas de arena con grava, con una cantidad considerable de limo y arcilla.	Medio	130 – 170
Arenas y mezclas de arena con grava, relativamente libre de finos.	Alto	180 – 220
Subbases tratadas con cemento.	Muy alto	250 - 400

Tabla XII. **Valores de K para diseño sobre bases no tratadas (de PCA).**

Valores de K sobre la base (lbs/plg²)

Valor de K de la subrasante (lb/plg)	Espesor 4 plg	Espesor 6 plg	Espesor 9 plg	Espesor 12 plg
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	200	230	270	320
300	320	330	370	430

Tabla XIII. **Valores de K para diseño sobre bases desuelo cemento (de PCA).**

Valores de K sobre la base (lbs/plg²)

Valor de K de la subrasante (lb/plg)	Espesor 4 plg	Espesor 6 plg	Espesor 9 plg	Espesor 12 plg
50	170	230	310	390
100	280	400	520	640
200	470	640	830	-----

Tabla XIV **Espesores estimados de bases según su uso.**

Tipo de base	Usos	Espesor (cm)
Granular	Carretera	10 – 15
Estabilizada	Carretera	10 – 15
Granular	Aeropuerto	15 – 30
Estabilizada	Aeropuerto	15 - 30

Fuente: Instituto Americano de Concreto (ACI)
Tablas X a XIV

Tabla XV. **TPDC permisible, carga por eje categoría 1. Pavimentos con juntas doveladas.**

____ Concreto sin hombros o bordillo ____					____ concreto con hombros o bordillo ____				
Espesor de losa		Soporte subrasante-subbase			Espesor de losa		Soporte subrasante-subbase		
	Plg	BAJO	MEDIO	ALTO		Plg	BAJO	MEDIO	ALTO
MR 650 PSI	1.5			0.1	MR 650 PSI	4		0.2	0.9
	5	0.1	0.8	3		4.5	2	8	25
	5.5	3	15	45		5	30	130	330
	6	40	160	30		5.5	320		
	6.5	330							
MR 600 PSI	5		0.1	0.4	MR 600 PSI	4			0.1
	5.5	0.5	3	9		4.5	0.2	1	5
	6	8	36	98		5	6	27	75
	6.5	76	300	760		5.5	73	290	730
	7	520				6	610		
MR 550 PSI	5.5	0.1	0.3	1	MR 550 PSI	4.5		0.2	0.6
	6	1	6	18		5	0.8	4	13
	6.5	13	60	160		5.5	13	57	150
	7	110	400			6	130	480	
	7.5	620							

Nota: el análisis de fatiga controla el diseño

Una fracción de TPDC, indica que el pavimento puede transportar un número ilimitado de vehículos pequeños y camiones con dos ejes y cuatro llantas. Pero únicamente pocos camiones pesados por semana (TPDC de 0.3 x 7 días indica dos camiones pesados por semana).

El presente TPDC excluye a camiones de cuatro llantas dos ejes, por lo que el número de camiones permitidos puede ser grande.

Para las otras categorías ya sea con juntas doveladas o juntas de trabe por agregados se presentan en los anexos.

2.6 Bases de diseño del proyecto

➤ Viviendas actuales (año 2003)	64 Viviendas
➤ Población actual (año 2003)	384 Habitantes
➤ Densidad de población (2003)	6 Hab./Vivienda
➤ Tasa de crecimiento	2.5 %
➤ Período de diseño	25 Años
➤ Viviendas futuras (año 2028)	119 Viviendas
➤ Población futura (año 2028)	714 Habitantes
➤ Tipo de pavimento	Rígido (Concreto)
➤ Longitud de rodadura	455 ML
➤ Superficie de rodadura	2391.85 M2
➤ Espesor de pavimento	15 cms.
➤ Espesor de la base	15 cms.
➤ Bombeo mínimo	2 %
➤ Bombeo máximo	5 %
➤ Pendiente máxima	13.84 %
➤ Tránsito	210 Vehículos/día
➤ Velocidad de diseño	30 kms/hora

2.7 Especificaciones Técnicas

2.7.1 Generalidades

Limpieza

Se procederá a efectuar la remoción de toda capa vegetal así como todo elemento extraño al suelo que esté dentro de los límites de trabajo. Todo material que se obtenga como consecuencia de la limpieza, deberá ser evacuado al botadero que indiquen las autoridades municipales en un perímetro no mayor a 4 kilómetros.

Trazo

El trazo del camino se hará conforme a lo que indiquen los planos, siguiendo la línea centro que se diseñó para tal fin; así mismo, el ancho del camino será variable tal como se muestran en los mismos, tomando en cuenta las áreas que quedarán como banquetas para circulación peatonal. Cualquier cambio que se efectúe en alineamiento vertical u horizontal deberá ser de mutuo acuerdo entre el supervisor, autoridades municipales y ejecutor.

Nivelación

Al concluir la fase de limpieza, el ejecutor deberá correr una nivelación a lo largo del trazo de la calle a pavimentar para marcar todas las cotas de subrasante contenidas en los planos; la cual deberá estar en su mayor parte a 0.15 metros por debajo del nivel actual del camino, de tal manera que la capa de rodadura o pavimentado quede a 0.12 metros arriba del nivel que actualmente tiene la avenida, calle o callejón conforme sea el caso. El ejecutor únicamente podrá efectuar cambios en la nivelación con el visto bueno del supervisor designado, cuando esto sea estrictamente necesario.

Conformación

Consiste en conformar la superficie de rodadura en caminos no pavimentados para mantener el perfil del camino en condiciones adecuadas de transitabilidad, y comprende los trabajos de escarificación, homogenización, humedecimiento, conformación, compactación y afinamiento de la superficie de rodadura; construcción del pavimento a implementar y limpieza del material sobrante de la conformación.

Método de trabajo

La conformación de la superficie de rodadura, se ejecutará acomodándose a las dimensiones de la sección existente del camino (alineamiento y pendientes).

Se debe escarificar, mezclar, regar con agua para alcanzar humedad óptima y conformar para obtener el bombeo especificado en la sección típica aprobada. En algunos casos el supervisor designado podrá indicar las modificaciones en el bombeo si ello fuera conveniente por las condiciones del proyecto.

La escarificación se hará de 15 centímetros cuando el espesor del balasto existente o superficie de rodadura actual sea de ese espesor o mayor. Debe tenerse en cuenta que la escarificación no se hará en los tramos donde se considere inconveniente o no sea factible por las condiciones de la superficie de rodadura o del terreno, esto será indicado por el supervisor.

Una vez realizada la escarificación, todas las partículas mayores de 3 pulgadas existentes en el material suelto, deberán ser eliminadas.

El material resultante deberá mezclarse, humedecerse, conformarse, afinarse y compactarse hasta obtener una densidad mínima del 95% (AASHTO T-191) respecto a la densidad máxima T-99 © de la AASHTO (Proctor Standard). Se sugiere T-180 (modificado) por el tipo de maquinaria a utilizar o mecánica de trabajo a implementar.

Cuando en la superficie de rodadura exista depresiones excesivas o surcos causados por las aguas de lluvia, se deberá incorporar material que será obtenido en los bancos apropiados por el supervisor, para lo cual se deberá escarificar la superficie, mezclar el material a incorporarse, humedecerlo, conformarlo y compactarlo.

Finalmente deberá efectuarse la actividad de limpieza de todo el material sobrante de la conformación de la superficie de rodadura, removiendo y depositándolo en los sitios que indique el supervisor del proyecto; donde no permitan la contaminación de la superficie de rodadura existente, ni cerca de canales que causen que el material se deposite en las estructuras de drenaje, ni en sitios que causen daños de contaminación ambiental.

Subrasante

Se conoce como subrasante a la superficie del terreno natural, sobre la cual se apoyan las capas que integran el pavimento procesado de tal manera que constituya una base de apoyo homogénea y capaz de resistir los esfuerzos que le transmite el pavimento. Debidamente conformada de acuerdo al procedimiento descrito en los métodos de trabajo anteriores, de acuerdo a la geometría del diseño, tanto en la sección transversal, como en el perfil longitudinal.

Se deberá haber efectuado el proceso de conformación sobre la superficie natural, por lo menos 14 centímetros por debajo de cota actual del camino, si en algunos puntos existiera material inapropiado o baches que provoquen deflexiones posteriores, deberá retirarse a por lo menos 0.30 metros, luego deberá sustituirse con material apropiado. En todo el proceso descrito deberá implementarse el uso del equipo adecuado que permita que se tengan las condiciones adecuadas de compactación final. Se recomienda preferiblemente equipo vibratorio con acción de cisallamiento, rodillos lisos o apisonadores manuales.

Capa base

Para este caso se define como capa base a la capa de materia granular que absorbe los movimientos verticales de la sub-rasante, evita el ascenso del agua por capilaridad hacia la capa de rodadura y contribuye a la distribución de los esfuerzos provocados por las cargas de tráfico sobre la superficie de pavimento.

Sobre la subrasante mejorada, nivelada longitudinal y transversalmente, se colocará el material selecto mezclado con 25% de grava (pedrín de 1/4") con un espesor de 14 centímetros con las mismas especificaciones descritas para la etapa de conformación de la sub-rasante. El material apropiado para la conformación de la capa base, deberá cumplir con los requisitos siguientes:

- Estar constituido por material de tipo granular.
- Desarrollar un valor soporte CBR, igual o mayor de 30 a 95% de densidad obtenida por el método AASHTO T-180 (proctor modificado).
- No contener piedras mayores de 7 centímetros.
- No contener más del 50% por peso de material pasado por tamiz No. 40.
- No contener más del 25% por peso de material pasado por tamiz #. 200.
- El límite líquido no debe exceder de 25.

- El índice de plasticidad no debe exceder de 6.
- El equivalente de arena no debe ser menor de 25.
- Debe de estar razonablemente libre de impurezas que puedan causar fallas de pavimento.

Respecto a su tendido y conformación debe tenerse muy en cuenta que el material debe ser razonablemente homogéneo, bien pulverizado y con el contenido de humedad que lo haga trabajable. Debe efectuarse la conformación de acuerdo con el perfil longitudinal y la sección típica del diseño, tomando en cuenta el asentamiento que sufrirá por efecto de la compactación.

Para la compactación el material deberá estar en su contenido óptimo de humedad, determinado por el método AASHTO T-180. La compactación deberá alcanzar como mínimo el 95% del proctor modificado y deberá realizarse con equipo adecuado, preferiblemente vibratorio.

Capa de rodadura

Se define como la capa de mezcla de concreto hidráulico (pavimento seleccionado) que sirve de superficie de rodaje para el tráfico.

La capa de rodadura, deberá consistir de una mezcla realizada de materiales que reúnan todos los requisitos de calidad necesarios par la elaboración de un buen concreto (mezcla adecuadamente proporcionada de cemento hidráulico, arena, pedrín y agua), que proporcione la resistencia de 3000 psi (Lbs/Plg²).

El pavimento de concreto es un pavimento rígido, constituido de losas de concreto de cemento Pórtland simple o reforzado, soportadas en toda su superficie y que resisten la carga e intensidad del tránsito.

El concreto de cemento Pórtland para pavimento, debe llenar los requisitos ya establecidos y tener una resistencia a la compresión de 3000 psi o 210 kg/cm² . (AASHTO T22 mínima) y una resistencia a la flexión (AASHTO T97 mínima) de 650 lbs/plg² (46 kg/cm²), determinadas sobre espécimen preparada según AASHTO T26 y T23, ensayada a los 28 días. La mezcla de concreto debe ser trabajable y tener un asentamiento determinado entre 1 y 2 ½ plg, debiendo ser siempre vibrado.

Este trabajo consiste en la obtención, explotación, trituración cuando es requerida, clasificación, apilamiento, almacenamiento y suministro de los agregados fino y grueso, el suministro y almacenamiento del cemento Pórtland, el suministro de agua, la fabricación, suministro y colocación de concreto, el suministro y retiro de las formaletas, el suministro de materiales y la colaboración de las juntas; el afinamiento y acabado, la regulación del tránsito y el control de laboratorio durante todas las operaciones necesarias para construir el pavimento de concreto de cemento Pórtland, conforme a lo indicado en los planos, ajustándose razonablemente a los alineamientos horizontal y vertical y secciones típicas de pavimentación dentro de las tolerancias estipuladas, de conformidad con las especificaciones especiales formuladas.

Los materiales que se utilizaran en la construcción de este tipo de pavimento deben llenar fundamentalmente los requisitos y normas establecidos en las especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes de dirección general de caminos, tanto para el cemento pórtland y estructuras de concreto.

- Agregados finos deben consistir en arena natural o manufacturada compuesta de partículas duras y durables que llenen los requisitos estipulados sobre cantidad de finos y desgaste superficial. Debe ser almacenado separadamente del agregado grueso, debe controlarse sus características y condiciones por medio de ensayos de laboratorio para hacer ajustes en la dosificación, en el momento de la elaboración del concreto.
- Agregado grueso: debe consistir en grava o piedra triturada, procesada adecuadamente para formar un agregado clasificado conforme a los requisitos establecidos. Debe ser suministrado en dos tipos de graduación, y almacenarse en pilas separadas, correspondiendo a los tipos No. 3 de 2plg a 1Plg (50 a 25 mm.) y No. 57, de 1Plg a No. 4 (25 a 4.75mm.)
- Cemento Pórtland: El cemento Pórtland debe corresponder a los tipos I y II, que llenen los requisitos AASHTO M 85-63 para el tipo especificado.
- Agua: debe llenar los requisitos de ser potable, libre de contaminaciones orgánicas, sales minerales o azúcares u otras sustancias contaminantes de uso industrial.

2.7.2 procedimiento de construcción

Acondicionamiento de la superficie

Las losas de concreto deben ser construidas sobre la superficie de la base previamente preparada, debidamente compactada para evitar baches futuros o depresiones, adecuadamente nivelada según a la sección típica del pavimento.

Colocación de formaletas

Las formaletas deben colocarse en cantidad suficiente y por lo menos 100m. delante de las operaciones de colocación de concreto, deben ser asentadas sobre la superficie, sin dejar espacios vacíos y de acuerdo con los alineamientos y secciones típicas mostradas en los planos; fijándolas adecuadamente para que soporten sin deformación o movimiento; las operaciones de colocación y vibrado del concreto deben limpiarse y engrasarse previamente a la colocación de éste.

Colocación del concreto

El concreto debe depositarse sobre una superficie previamente preparada y humedecida, procurando dentro de lo posible no manipularlo. No se permite en ningún caso colocar el concreto directamente sobre el suelo de sub-rasante. El concreto debe colocarse preferentemente con máquina esparcidora que prevenga la segregación del mismo, si es necesario moverlo debe hacerse con palas, no debe permitirse que se traslade con la acción del vibrador. No se debe permitir caminar sobre el concreto fresco. Debe ser consolidado hasta alcanzar el nivel de las formaletas en la superficie completa de las losas de acuerdo a la sección típica, por medio de vibradores.

Construcción de juntas

Deben construirse juntas longitudinales y transversales, como se indica en los planos y disposiciones especiales, con caras perpendiculares a la superficie del pavimento. Las juntas tienen por objeto principal permitir la construcción del pavimento por losas separadas para evitar grietas de construcción, estableciendo al mismo tiempo una unión adecuada entre ellas que asegure la continuidad de la superficie de rodadura y la buena conservación del pavimento.

Acabado final

El acabado final debe efectuarse siguiendo los procedimientos estipulados; después de utilizar el equipo vibro-compactador; consolidado el concreto, debe procederse al alisado longitudinal por medio de una rastra o niveladora manual, flotador, etc., de uno a otro lado de la placa. La operación de acabado final debe efectuarse antes del endurecimiento, eliminándose las aristas de las juntas. Debe removerse el exceso de agua de la superficie.

Curado

El período de cura debe ser de por lo menos de 7 días, durante los cuales debe asegurarse el suministro de agua necesaria, pueden utilizarse los métodos de agua, usar compuestos líquidos para curado o de membrana.

Remoción de las formaletas

Las formaletas no pueden ser retiradas, hasta después de transcurridas 24 horas de haber colocado el concreto, la operación debe hacerse con cuidado para evitar dañar los bordes del concreto. Cuando se permite el uso de aditivos acelerantes del fraguado, las formaletas podrán ser retiradas a las 12 horas de la colocación del concreto.

Relleno y sellado de juntas

El material sellante debe colocarse en los surcos de las juntas previamente secos y limpios deben emplearse herramientas que penetren en la ranura de las juntas, hasta el fondo de las mismas. El material de relleno debe ser cuidadosamente colocado en el surco sin producir desbordamiento. Cualquier exceso debe removerse inmediatamente, limpiando la superficie. No se permite que queden rebordes o túmulos, especialmente en las juntas transversales.

Mantenimiento y control de tránsito

Se debe proteger el pavimento, para evitar el daño que puedan causarle el tránsito o las operaciones de construcción. Se debe organizar, dirigir y señalizar convenientemente el tránsito para evitar accidentes y daños al trabajo efectuado. El pavimento no debe ser abierto al tránsito hasta que hayan transcurrido por lo menos 14 días después de la colocación del concreto, En ningún caso se permitirá el libre tránsito, hasta que termine el período de curado que es de 7 días, por el uso de acelerantes de fraguado. Cuando ya se estime conveniente, se efectuará la limpieza adecuada de la superficie del pavimento y se procederá a autorizar la libre circulación.

Tabla XVI. 2.8 Presupuesto general del proyecto cuantificación de materiales.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P. UNITARIO	SUBTOTAL (Q)	SUBTOTAL (\$)
Capa base selecto más material granular 253.48 m3					
Material selecto para capa base	100	m3	Q 80.00	Q 8,000.00	\$ 980.39
Grava de 1/4" para capa base	64	m3	Q 200.00	Q 12,800.00	\$ 1,568.63
Pavimento Rígido 1689.88 m2					
Cemento 4000 PSI	2543	sacos	Q 40.00	Q 101,720.00	\$ 12,465.69
Piedrín de 3/4" para pavimento	142	m3	Q 200.00	Q 28,400.00	\$ 3,480.39
Arena de río	215	m3	Q 100.00	Q 21,500.00	\$ 2,634.80
Agua	13700	galon	Q 0.25	Q 3,425.00	\$ 419.73
Antisol para curado de concreto	200	galon	Q 75.00	Q 15,000.00	\$ 1,838.24
Material petrolástico para sello de juntas dilat.	6900	Libra	Q 4.60	Q 31,740.00	\$ 3,889.71
Madera para formaleta	2856	P.T	Q 4.50	Q 12,852.00	\$ 1,575.00
Clavo de 3"	25	Libra	Q 3.00	Q 75.00	\$ 9.19
Acera + Bordillos 578.5 m2					
Cemento 4000 PSI	852	sacos	Q 40.00	Q 34,080.00	\$ 4,176.47
Arena de río	48	m3	Q 100.00	Q 4,800.00	\$ 588.24
Piedrín de 3/4"	72	m3	Q 200.00	Q 14,400.00	\$ 1,764.71
Agua	4602	galon	Q 0.25	Q 1,150.50	\$ 140.99
Madera para formaleta	1000	P.T	Q 4.50	Q 4,500.00	\$ 551.47
COSTO TOTAL				Q 294,442.50	\$ 36,083.64

Sigue tabla XVI. **Cantidad de trabajo.**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P. UNITARIO	SUBTOTAL (Q)	SUBTOTAL (\$)
Limpieza general	2391.85	M2	Q 5.00	Q 11,959.25	\$ 1,465.59
Trazo y estaqueado	455	ML	Q 4.00	Q 1,820.00	\$ 223.04
Corte + movimiento de tierras	253.48	M3	Q 14.50	Q 3,675.46	\$ 450.42
conformación de Subrasante	2391.85	M2	Q 17.00	Q 40,661.45	\$ 4,983.02
conformación de capa base	2391.85	M2	Q 17.00	Q 40,661.45	\$ 4,983.02
actividad de colocar y quitar formaleta	2196	ML	Q 4.50	Q 9,882.00	\$ 1,211.03
Elaboración y colocación de concreto	338.63	M3	Q 45.00	Q 15,238.35	\$ 1,867.44
Actividad de aplicación de antisol para curado	2391.85	M2	Q 3.00	Q 7,175.55	\$ 879.36
actividad de sellado de juntas de dilatación	2196	ML	Q 2.50	Q 5,490.00	\$ 672.79
Actividad de elaboración de bordillo	910	ML	Q 14.00	Q 12,740.00	\$ 1,561.27
Actividad de elaboración de banqueteta	680	ML	Q 14.00	Q 9,520.00	\$ 1,166.67
Supervisión	1	Global	Q 6,000.00	Q 6,000.00	\$ 735.29
COSTO TOTAL				Q 164,823.51	\$ 20,198.96

Sigue tabla XVI. **Resumen de materiales y mano de obra del proyecto.**

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P. UNITARIO	TOTAL (Q)	TOTAL (\$)
1	Material Selecto	100	M3	Q 80.00	Q 8,000.00	\$ 980.39
2	Piedrín de 1/4"	64	M3	Q 200.00	Q 12,800.00	\$ 1,568.63
3	Cemento 4000 PSI	3395	Sacos	Q 40.00	Q 135,800.00	\$ 16,642.16
4	Arena de río	263	M3	Q 100.00	Q 26,300.00	\$ 3,223.04
5	Piedrín de 3/4"	214	M3	Q 200.00	Q 42,800.00	\$ 5,245.10
6	Agua	18302	Galon	Q 0.25	Q 4,575.50	\$ 560.72
7	Antisol para curado de concreto	200	Galon	Q 75.00	Q 15,000.00	\$ 1,838.24
8	Material petrolástico para sello de juntas dilat.	6900	Libra	Q 4.60	Q 31,740.00	\$ 3,889.71
9	Madera para formaleta	3856	P.T.	Q 4.50	Q 17,352.00	\$ 2,126.47
10	Clavo 3"	25	Libra	Q 3.00	Q 75.00	\$ 9.19
11	Maquinaria (Mezcladora, vibracompactador)		Global		Q 10,000	\$ 1,225.49
12	Materiales varios	1	Global	Q 5,000.00	Q 5,000.00	\$ 612.75
	Costo total materiales				Q 309,442.50	\$ 37,921.88
13	Mano de obra calificada		Global		Q 57,688.23	\$ 7,069.64
14	Mano de obra no calificada				Q 107,135.28	\$ 13,129.32
	Costo total mano de obra				Q 164,823.51	\$ 20,198.96
	Costo directo del proyecto				Q 474,266.01	\$ 58,120.83

3. CONSTRUCCIÓN MURO PERIMETRAL PARA LA ESCUELA RURAL MIXTA, ALDEA COJOL JUYÚ, SAN JUAN COMALAPA

3.1 Descripción del proyecto

El proyecto consiste en la construcción de un muro perimetral de 290 metros lineales de longitud, el cual delimitara el área de la Escuela Rural Mixta de la Aldea Cojol Juyú, del Municipio de San Juan Comalapa, Chimaltenango.

Se circulará un área de 3311.48 metros cuadrados con un muro perimetral, que beneficiará directamente a 90 familias e indirectamente a todos los habitantes de la Aldea de Cojol Juyú, que según el último censo asciende a 886 habitantes.

La escuela cuenta actualmente con 120 alumnos en su nivel primario, en un corto o mediano plazo esta cantidad se incrementará y se necesitará la construcción de otras aulas para cubrir el número de alumnos que asistan a dicho centro educativo.

El muro funcionará orientado a evitar robos por parte de personas que sin autorización puedan ingresar a este establecimiento; evitará que los alumnos salgan del mismo en horario de clases y por último, evitará distracciones de los alumnos por parte de acontecimientos que puedan suceder en los alrededores de la escuela.

El proyecto se coordinó con autoridades del establecimiento, vecinos del lugar y la Municipalidad de San Juan Comalapa.

La administración del capital y construcción de esta obra estará a cargo de la Municipalidad de este Municipio.

3.2 Ubicación geográfica

La Aldea de Cojol Juyú es uno de los lugares más cercanos al Municipio de San Juan Comalapa, es denominado por algunas instituciones como Parcelamiento Cojol Juyú o Colonia la primavera, que finalmente se cataloga como parte del área rural del Municipio de San Juan Comalapa.

El proyecto se encuentra ubicado a 3 kilómetros de la Cabecera Municipal de San Juan Comalapa, en el departamento de Chimaltenango. A un costado de la entrada al Municipio. (Ver croquis de ubicación figura IV).

3.3 Antecedentes

Actualmente este establecimiento no cuenta con un muro perimetral lo cual permite que tanto alumnos como personas ajenas a este lugar entren y salgan cuando quieran, esto es un problema ya que se extravían los artículos de este establecimiento

El problema se ha hecho notar por el interés que han mostrado los habitantes de la aldea, quienes han solicitado insistentemente a la municipalidad que le dé una solución aceptable.

Se sabe que en este lugar no se han realizado estudios para ningún proyecto orientado a la solución del problema.

3.4 Justificación del proyecto

Se justifica directamente ya que la educación es importante, pero si no se cuenta con las instalaciones y los implementos adecuados, no puede haber un buen aprendizaje por parte de los alumnos. Con la construcción de este muro se logrará que el establecimiento este en buenas condiciones, y que los alumnos tengan menos distracciones.

Con este muro los habitantes de la Aldea ya no se preocuparan por que sus hijos puedan sufrir algún tipo de percance dentro de los salones de esta escuela, ya que quedaran aislados de los acontecimientos que pasen fuera de ella.

El proyecto está orientado a elevar el nivel de vida de los habitantes del lugar, que es una obligación municipal y departamental.

La viabilidad del proyecto se evalúa positiva, por el interés que demuestra la comunidad para la solución de este problema.

3.5 Aspectos de mercado

El grupo que demanda esta obra, no está conformado solamente por las familias que tienen a sus hijos en el establecimiento, sino también por las familias que en un futuro no muy lejano estarán enviando a sus hijos a este lugar; y si no se hace algo para darle solución a este problema en unos años la escuela ya no contara con los implementos necesarios para su buen funcionamiento. Los beneficiarios directos serán 90 familias, y los beneficiarios indirectos serán todos los habitantes del lugar ya que un futuro ellos estarían enviando a sus hijos a este lugar.

Por medio de esta obra, se ofrecerá a estas personas 290 metros lineales de muro perimetral el cual delimitara el área del la Escuela Rural Mixta, Cojol Juyú.

3.6 Análisis de alternativas

Las alternativas existentes son la construcción de muro perimetral solo de block, la construcción de muro perimetral solo de malla y la construcción de muro perimetral de malla y block; de las cuales se eligió en coordinación con las autoridades educativas del lugar, los vecinos y la municipalidad, la construcción del muro perimetral de malla y block.

3.7 Operación, administración, mantenimiento y vida útil

La operación y la administración no tienen ningún costo, ya que no se necesitan personal para estas actividades.

El mantenimiento se debe de hacer sólo con la limpieza de las calles y de esta manera se podrá garantizar su periodo de vida útil.

3.8 Estudio legal y ambiental

Con respecto a los derechos de paso, no existe problema alguno, pues en la gran mayoría son parte de la Municipalidad; además los habitantes han cedido parte de sus terrenos, no mayores a 0.40 centímetros.

Los estudios de impacto ambiental se dejarán en segundo plano, pues los movimientos de tierra para el proyecto son mínimos y no afectarán en un porcentaje significativo a la comunidad.

3.9 Conceptos que intervienen en el proyecto

Trazo

Colocación de estacas, mojones, señales o marcas fijadas en el terreno que sirven para indicar niveles, ejes, elevaciones y referencias de la obra para su ejecución; de acuerdo con el proyecto, los cuales deben obedecer a un diseño previo y ser replanteados por topógrafos.

Nivelación

Actividad que se realiza para buscar la horizontal del terreno y dejarlo en condiciones óptimas de trabajo, de acuerdo al diseño de plataformas, ejes de calles, zanjas, etc.

Excavación

Es el conjunto de operaciones necesarias para la extracción y conformación del terreno, en áreas en las que el diseño del proyecto lo exige para lograr los niveles requeridos.

Cimentación

Obras que servirán de base y sustentación a la construcción de una edificación los cuales se encuentran bajo el nivel de piso terminado. Transmiten las cargas verticales de la edificación al suelo.

Columna

Columna vertical de concreto reforzado de dimensiones mayores que las de una mocheta. Sirven para reforzar estructuras muy grandes.

Costilla

Estructura vertical de concreto reforzado, con 2 hierros más eslabones y sirve para reforzar muros de mampostería.

Viga

Es un elemento estructural horizontal que trabaja a flexión y flexo compresión y es capaz de distribuir momentos a sus apoyos para que estos lleguen al suelo. Son las que normalmente soportan a las losas, cubiertas y entrepisos.

Soleras

Elemento estructural horizontal de concreto, que tiene como función conectar monólicamente los elementos estructurales verticales, para dar mayor estabilidad a las estructuras y refuerzo de muros de mampostería.

Acero de refuerzo

Elementos estructurales hechos de acero, que se usan asociados con el concreto para absorber cualquier clase de esfuerzo.

Concreto

Piedra artificial resultante de la combinación de cemento, agua y agregados pétreos dosificados adecuadamente.

Levantado de paredes

Construcción de parámetros verticales que, en conjunto con los elementos estructurales, conforman los distintos espacios del proyecto. Se podrán construir con distintos materiales colocados en hileras horizontales unidos entre sí con pegamento de mortero, fundiciones de concreto o levantados de madera especial.

Muro

Es el resultado que se obtiene en la construcción, al poner uno sobre otro, los elementos de mampostería unidos con mortero, hacer fundiciones de concreto, construcciones de madera o una combinación de estos, al fin de formar las paredes de una edificación. Estos son los elementos constructivos verticales, que sirven para dividir espacios o recibir cargas.

Relleno

La ejecución del conjunto de operaciones necesarias para llenar, hasta completar las secciones que fije el proyecto, los vacíos que existen entre las estructuras y las secciones de las excavaciones.

3.10 Cálculos de los elementos que intervienen en el muro de mampostería.

3.10.1 Diseño del cimiento corrido para 290 ML

Se calcula el área a utilizar para el cimiento corrido, tomando en cuenta los siguientes parámetros, expresados en los planos constructivos.

$$\Gamma_c = 2400 \text{ kg/m}^3$$

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

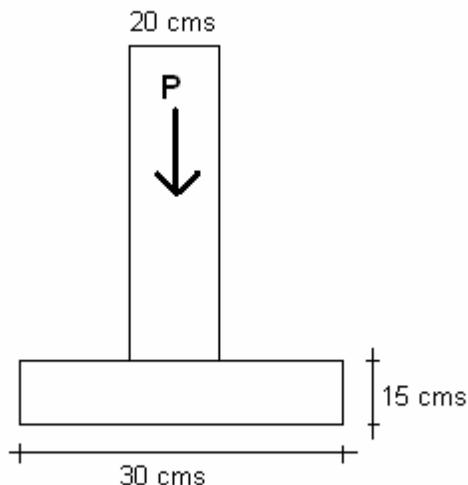
$$F_y = 2810 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F_{cu} = 1.49$$

$V_{sop.} = 16 \text{ Ton/m}^2$ (según tabla del anexo 8, por el tipo de suelo hallado en el lugar).

Como es un muro de mampostería que únicamente sirve para circular un área, en él intervienen solo cargas muertas, es decir el peso propio del muro, integrándose de la siguiente manera:

Integración de cargas muertas (utilizamos una base de 30 cms y un espesor de 15 cms, que son los mínimos según el código ACI)



$$P = PD + PL \quad \text{o} \quad P = CM + CV$$

Donde P = Soporte de cargas

PD = CM = Cargas muertas

PL = CV = Cargas vivas (para nuestro caso = 0)

Pesos de los elementos que intervienen

W concreto = 2400 kg/m³

W suelo = 2200 kg/m³

W mampostería (20 cms) = 140 kg/m²

W malla = 300 kg/m²

La integración de cargas es de la siguiente forma (las medidas se detallan en los planos)

Cimiento corrido = 2400(290 x 0.3 x 0.15) = 31320 kg

Suelo = 2200(290 x 0.1 x 1.04) = 66352 kg

Muro (block) = 140(2.29 x 283) = 90729.8 kg

Malla = 300(2.00 x 283) = 169800 kg

Ptotal = 358201.8 Kg = 358.20 Ton.

Se diseñará para una longitud de 1 m, por lo que 358.20 Ton/290 = 1.24 Ton.

Fórmula

$\sigma_a = P/A$; donde $\sigma_a = V_s$ = valor soporte del suelo

P = soporte de carga

A = área (B x L) tomamos L= 1

Al despejar: $B = P / (V_s \times L)$ $B = 1.24 / (16 \times 1) = 0.0775 = 7.75 \text{ cms.}$

Se tiene una base demasiado pequeña en comparación a lo mínimo que se recomienda por la sencilla razón de que el muro no soporta demasiada carga más que su propio peso. Por el tipo de suelo encontrado y por una mayor estabilidad del mismo ya que no se utilizan zapatas porque no son necesarias, se decidió trabajar con una base de 50 cms a lo largo de los 290 m de muro.

Se determina el es espesor del cimienta corrido $h = d + \emptyset + \text{rec.}$

$$\text{Fórmula} \quad d = \frac{100 \text{ Pd } \left(\frac{B - A}{2} - \frac{\text{Rec}}{100} \right)}{\text{Pd} + \emptyset \times 0.53 \times \sqrt{f_c} \times 100}$$

Donde: Pd = presión de diseño

B = base considerada

A = ancho del muro (block)

$\emptyset = 0.85$

Rec = recubrimiento (mínimo = 7.5 cms)

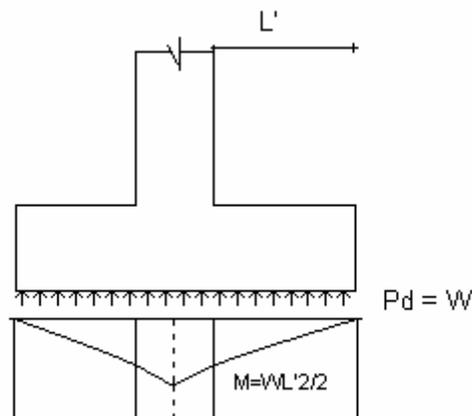
Pd = Pult/Area Pult = 1.4 CM + 1.7 CV

Pd = $\frac{1.4 (1.24) + 0}{0.5 \times 1}$; Pd = 3.472 Ton/m = 3472 kg/m

$$d = \frac{100 (3472) \left(\frac{(0.5 - 0.2)}{2} - \frac{7.5}{100} \right)}{3472 + 0.85 (0.53) (\sqrt{210}) (100)} \quad d = 6.31 \text{ cms.}$$

$$h = d + \emptyset + \text{rec.} \quad h = 6.31 + 0.71 (\#3) + 7.5 = 14.52 = 15 \text{ cms}$$

Se determina el área de acero



$$L' = (B - A) / 2 = (50 - 20) / 2 = 15$$

$$M = (WL'^2)/2 = \frac{(3472 \times 0.15^2)}{2} = 39.06 \text{ Kg - m}$$

$$M = 39.06 \text{ Kg-m}$$

$$B = 100 \text{ cms}$$

$$As \text{ max} = 11.657 \text{ cm}^2$$

$$d = 6.31 \text{ cms}$$

$$As \text{ cal} = 0.246 \text{ cm}^2$$

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

$$As \text{ min} = 3.166 \text{ cm}^2$$

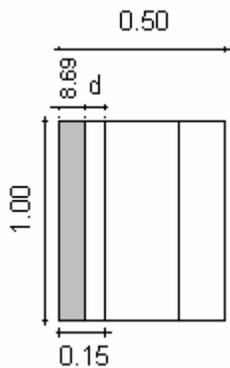
$$Fy = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

Se arma con 3No 3 + Esl No 2 @ 0.20 (ver planos constructivos)

Revisión de presión sobre el suelo y revisión por corte simple

$$Qdis. \text{ ult} = qdis \times fcu \quad Qdis \text{ ult} = (3.47 \times 1.49) = 5.17$$

$Qdis \text{ ult} < Vs$, No excede el valor soporte del suelo



$$Vact = \text{área ashurada} \times Qdisult$$

$$Vact = (8.69 \times 100)(6.17) = 4.49 \text{ Ton}$$

$$Vr = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{f'c} \times b \times d$$

$$Vr = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{210} \times 100 \times 7.02 = 4.58$$

$Vr > Vact$; el espesor asumido de 15 cms si chequea por corte simple

Para el caso de las zapatas no fue necesario un diseño explícito, ya que sólo se utilizan dos para la entrada principal de la circulación; sin embargo se tienen las dimensiones y especificaciones en los planos respectivos.

Para las columnas se fueron intercalando a lo largo de los 290 ML de circulación entre columna tipo 2 (C2) y columna tipo 3 (C3), a una distancia máxima de 2 metros, según las especificaciones y recomendaciones del código ACI. El armado y las especificaciones están en los planos respectivos.

3.11 Especificaciones generales y técnicas

Movimiento de tierra

La Municipalidad notificará al supervisor con suficiente anticipación, la fecha de iniciación de las excavaciones a fin de que tome las medidas que crea convenientes. El área de la construcción deberá de estar limpia y chapeada antes de iniciar la excavación. La remoción de cimientos de estructuras anteriores, roca suelta y cualquier otro obstáculo que se encuentre durante la excavación, se considera parte de ésta y no tendrá compensación adicional. Las excavaciones se harán de conformidad con las dimensiones que indican los planos, o hasta donde lo establezca el supervisor.

Relleno

El relleno posterior a la ejecución de los cimientos, y a los lados de los muros, se efectuara en capas no mayores de 15cm, con material aprobado por el supervisor. Cada capa se compactará cuidadosamente, con el material conteniendo la humedad óptima, apisonándolas manualmente o con maquina.

Cimientos

Los cimientos en ningún caso podrán construirse sobre tierra vegetal, suelos sueltos o superficies fangosas o materiales de desecho, estos deberán ser removidos en su totalidad. Todos los tocones que fueran necesarios serán removidos en su totalidad, compactando en capas no mayores de 15 centímetros, con material aprobado por el supervisor.

En el caso de un relleno suelto se hará una zanja de por lo menos 1 metro más, debajo de la distancia donde estarán los cimientos y de 20 centímetros a los lados, esto con el fin de compactar esta área y luego fundir los cimientos.

Profundidad mínima de cimentación

Los cimientos deberán ubicarse a una altura mínima de 90 centímetros. Bajo la superficie del terreno y en terreno apto para cimentar, se exceptúa de este requisito las construcciones cimentadas directamente sobre roca.

Desnivel entre cimientos

La superficie del suelo para cimentación deberá ser horizontal. Entre un cimiento y otro que deben estar a diferentes niveles no habrá una pendiente mayor a 1:3. Las zanjas de cimentación serán excavadas de acuerdo con las dimensiones en los planos.

Muros que trabajan como contención

En partes donde el muro se encuentre con carga de terreno por diferencia de nivel en ambas caras del mismo, deberá colocarse un sistema de drenaje, para evitar la humedad y acumulación de agua que haga peligrar la estructura del muro.

Juntas estructurales

Las juntas estructurales o juntas sísmicas deben practicarse a una distancia no mayor de 30 metros, en ellas el esfuerzo de cimiento es común no así el resto de soleras, que deben estar separadas un centímetro por formaleta de madera o duroport.

Las juntas de columnas en tramos de diferente nivel pueden practicarse sin espaciamento y con continuidad estructural en sus miembros horizontales, a criterio del contratista bajo la anuencia del supervisor deben calcularse los tramos de muro con diferencia de nivel y practicar las juntas en la distancia establecida no mayor de 30 metros.

Muros de bloques de cemento sisados

Los bloques de cemento deben cumplir con las normas indicadas en los planos respectivos; se construirán a “plomo y nivel” desde su cimiento con juntas de mortero de un centímetro de espesor, con el tipo de bloque especificado en los planos. Los muros serán de bloques expuestos sisados, tendrán sus juntas remetidas 0.5 centímetros, el mortero residual de las juntas se limpiará antes de que frague.

Manufactura de morteros o sabieta

Pueden prepararse a mano o en mezcladora si la importancia de la obra lo justifica. El mezclado a mano deberá hacerse en bateas o en superficies pavimentadas, para conservar limpios los materiales. No se preparará mayor cantidad de morteros de cal hidratada que el que se emplea en una jornada de trabajo, y tratándose de morteros de cemento, el que se utilice en un tiempo no mayor de sesenta minutos.

Espesor de los morteros

El espesor de los morteros en la construcción de muros de bloque de cemento, será el suficiente para garantizar una unión adecuada entre dos hiladas, este espesor no será mayor de un centímetro y medio.

Control

Para el mortero de cemento especificado con resistencia superior o igual a 80 Kg/cm², deberá tomarse una muestra cúbica de cinco centímetros de lado de mortero, por cada cien metros cuadrados de muro, las muestras se tomarán en grupos de seis. Después de curarse, deberán ensayarse en el laboratorio de Ingeniería de la Universidad de San Carlos. El promedio de la resistencia de las muestras de mortero debe ser igual o mayor que la del proyecto, a la edad especificada.

Clasificación del mortero

Para lograr un mortero con una resistencia a la compresión a los 28 días de 125 Kg/cm² la dosificación en proporciones de volúmenes aparente es de una parte de cemento tipo "Portlad, ¼ a ½ de cal hidratada (útese marca comercial reconocida), arena de río no menos de 2.25 ni más de 3 la suma de los volúmenes de cemento y cal combinados. En proporciones equivalentes a peso: 1 de cemento, 0.10 a 0.25 de cal, 2.25 a 2.66 de arena de río.

Cemento

El cemento Pórtlad cumplirá las especificaciones ASTM C-150 cemento 4,000 psi.

Agregado fino

Debe cumplir las especificaciones ASTM C-33. Es arena de río lavada, sus granos pasan el tamiz 3/8" y de 30% a 50% pasa el tamiz No. 4.

Agregado grueso

El agregado grueso será grava limpia, roca triturada, cumplirá con las especificaciones ASTM tendrá una dimensión mínima de 1-1/2" para cimientos y ¾ para otras piezas estructurales.

Agua

El agua para la mezcla de concreto estará limpia y libre de aceites, ácidos, álcalis, sales, materiales orgánicos, y otras sustancias perjudiciales.

Aditivos

Inclusores de aire:

Deben cumplir las especificaciones ASTM C-260.

Acelerantes, retardadores y reductores de agua.

Deben cumplir las especificaciones ASTM C-494.

Almacenamiento de los materiales

El cemento y los agregados se almacenarán en forma adecuada para evitar su deterioración o Introducción de sustancias extrañas. Cualquier material que se haya deteriorado o dañado, no se usará para la fabricación de concreto.

Mezcla del concreto

El contratista diseñará la mezcla del concreto para cumplir con la resistencia especificada en los planos.

Revenimiento (slump)

El máximo revenimiento (Slump), a emplear según el tipo de construcción, es el siguiente: cimientos muros de contención colocado a mano: (5") 12 cm colocado con vibrador (4") 10 cm. columnas y vigas: colocado a mano (5") 15 cm. colocado con vibrador (4") 10 cm.

Fundición

El concreto se colocará en su posición final evitando manipuleos repetidos que disgreguen los materiales. La fundición se hará a tal velocidad que el concreto se conserve todo el tiempo en estado plástico y fluya fácilmente en los espacios comprendidos entre las varillas. No se depositará concreto que haya endurecido parcialmente o que esté contaminado por sustancias extrañas. Ni se mezclara nuevamente a menos que el ingeniero o supervisor de su aprobación. Todo el concreto debe penetrar en las esquinas de formaletas y cubrir el acero de refuerzo con una vibración efectiva. No debe fundirse en formaletas angostas a mas de 1.5 metros de altura o profundidad para evitar la disgregación de los materiales al caer.

Equipo y lugar de depósito

Antes de colocar el concreto, todo el equipo para el mezclado y el transporte debe estar limpio, no deberá haber residuos de materiales en los espacios que vayan a ser ocupados por él. Las formaletas se humedecen adecuadamente, así como las unidades de mampostería que vayan a quedar en contacto con el concreto, y el refuerzo estará completamente limpio de materias perjudiciales. Debe quitarse, previamente el agua existente en el lugar donde se colocará el concreto. La superficie del concreto endurecido donde se coloca el concreto fresco estará libre de capas de finos o de material segregado.

Curado

El concreto normal se mantiene por arriba de 10 °C. y en condición húmeda por lo menos durante los primeros 7 días después de colocado.

Acero de refuerzo

Las varillas de refuerzo cumplirán las “Especificaciones para varillas de acero de lingote para refuerzo en concreto” (ASTM A-15), “Especificaciones para varillas de acero riel para refuerzo en concreto” (ASTM A-16) o (ASTM A-61) y/o (ASTM A-160, ASTM A-431, ASTM A-432). “Con una resistencia mínima a la fluencia de 4,200 Kg/cm²”. “Las corrugaciones cumplirán con las “especificaciones para corrugaciones de varillas corrugadas de acero refuerzo en concreto”, (ASTM A-305).

Ganchos y dobleces

Los ganchos deben ser del tipo “*Gancho Standard*” según lo establecido en el código ACI con sus especificaciones.

Alambre para refuerzo

El alambre para refuerzo en concreto cumplirá las “especificaciones para alambre de acero estirado en frío” (ASTM A-82). Los amarres deberán de hacerse en doble vuelta y en cruz.

Limpieza del refuerzo

El refuerzo metálico no debe de tener oxido suelto, lodo, aceite, o cualquier capa que destruya o reduzca la adherencia.

Recubrimientos

El refuerzo de zapatas y otros miembros estructurales en los que el concreto debe depositarse sobre el suelo, tendrá no menos de 7 centímetros de concreto entre él y la superficie.

Malla y tubo

La malla a utilizar será de un calibre mas grueso o igual al calibre No. 10, galvanizada y el amarre se hará con alambre galvanizado del mismo calibre, sujeto a postes de tubo galvanizado embebidos en columnas por lo menos 50 centímetros en los diámetros especificados en los planos.

Herrería

Los detalles de construcción se muestran en los planos. Las uniones de las piezas de hierro serán soldadas y esmeriladas. El material en lo posible como tubos, láminas, chapas, mallas deberá de ser de un material resistente a la corrosión, de material galvanizado. Las partes móviles deberán funcionar perfectamente. Los elementos se recibirán en buenas condiciones sin golpes o abolladuras ocasionados por el transporte o durante la construcción. Los marcos deben de colocarse a plomo o nivel. Los elementos tendrán las dimensiones adecuadas para que entren con facilidad en los vanos terminados.

Todos los elementos tendrán una capa de pintura anti corrosiva, y pintura de acabado final. Los colores serán los que a las autoridades locales les parezca convenientes previo consenso. Deben estar lo suficientemente reforzados para un trabajo interno y fuerte.

Tabla XIX. 3.12 Presupuesto de materiales y mano de obra.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO U.	TOTAL (Q)	TOTAL \$
TRABAJOS PRELIMINARES					
MANO DE OBRA					
trazar y nivelar	m2	290	Q 4.00	Q 1,160.00	\$ 142.16
limpieza y chapeo	m2	193.33	Q 5.00	Q 966.65	\$ 118.46
total de trabajos preliminares				Q 2,126.65	\$ 260.62
CIMENTACIÓN					
MATERIALES					
cemento 4000 PSI	bolsa	230	Q 40.00	Q 9,200.00	\$ 1,127.45
arena de río	m3	13	Q 100.00	Q 1,300.00	\$ 159.31
pedrin	m3	13	Q 200.00	Q 2,600.00	\$ 318.63
hierro de 3/8	varilla	165	Q 20.00	Q 3,300.00	\$ 404.41
hierro de 1/4	varilla	220	Q 9.00	Q 1,980.00	\$ 242.65
alambre de amarre	libra	160	Q 4.00	Q 640.00	\$ 78.43
				Q 19,020.00	\$ 2,330.88
MANO DE OBRA					
excavación	ml	290	Q 17.00	Q 4,930.00	\$ 604.17
relleno y compactación	ml	290	Q 15.00	Q 4,350.00	\$ 533.09
fudicion de cimiento	ml	290	Q 30.00	Q 8,700.00	\$ 1,066.18
				Q 17,980.00	\$ 2,203.43
cemento 4000 PSI	bolsa	8	Q 40.00	Q 320.00	\$ 39.22
arena de río	m3	0.5	Q 100.00	Q 50.00	\$ 6.13
pedrin	m3	0.5	Q 200.00	Q 100.00	\$ 12.25
hierro de 1/2	varilla	5	Q 40.00	Q 200.00	\$ 24.51
alambre de amarre	libra	2	Q 4.00	Q 8.00	\$ 0.98
				Q 678.00	\$ 83.09

Sigue tabla XIX.

MANO DE OBRA						
excavación	ml	4	Q	17.00	Q	68.00 \$ 8.33
relleno y compactación	ml	4	Q	15.00	Q	60.00 \$ 7.35
fudicion de zapata	unidad	2	Q	82.50	Q	165.00 \$ 20.22
					Q	293.00 \$ 35.91
LEVANTADO DE MURO (desde cimiento)						
Columna tipo 1						
cemento 4000 PSI	bolsa	7	Q	40.00	Q	280.00 \$ 34.31
arena de río	m3	0.5	Q	100.00	Q	50.00 \$ 6.13
piedrin	m3	0.5	Q	200.00	Q	100.00 \$ 12.25
hierro de 1/2	varilla	10	Q	40.00	Q	400.00 \$ 49.02
hierro de 3/8	varilla	10	Q	20.00	Q	200.00 \$ 24.51
hierro de 1/4	varilla	10	Q	9.00	Q	90.00 \$ 11.03
alambre de amarre	libra	5	Q	4.00	Q	20.00 \$ 2.45
clavo de 3"	libra	3	Q	3.50	Q	10.50 \$ 1.29
clavo de 4"	libra	3	Q	3.50	Q	10.50 \$ 1.29
Tabla de 1" x 10" x 10"	docena	1	Q	400.00	Q	400.00 \$ 49.02
Parales	docena	1	Q	200.00	Q	200.00 \$ 24.51
					Q	1,761.00 \$ 215.81
Columna tipo 2						
cemento 4000 PSI	bolsa	250	Q	40.00	Q	10,000.00 \$ 1,225.49
arena de río	m3	15	Q	100.00	Q	1,500.00 \$ 183.82
piedrín	m3	15	Q	200.00	Q	3,000.00 \$ 367.65
hierro de 3/8	varilla	435	Q	20.00	Q	8,700.00 \$ 1,066.18
alambre de amarre	libra	340	Q	4.00	Q	1,360.00 \$ 166.67
hierro de 1/4	varilla	385	Q	9.00	Q	3,465.00 \$ 424.63
clavo de 3"	libra	15	Q	3.50	Q	52.50 \$ 6.43
clavo de 4"	libra	15	Q	3.50	Q	52.50 \$ 6.43
Tabla de 1" x 10" x 10"	docena	2	Q	400.00	Q	800.00 \$ 98.04
Parales	docena	2	Q	200.00	Q	400.00 \$ 49.02
					Q	29,330.00 \$ 3,594.36

Sigue tabla XIX.

Columna tipo 3						
cemento 4000 PSI	bolsa	130	Q	40.00	Q	5,200.00 \$ 637.25
arena de río	m3	7	Q	100.00	Q	700.00 \$ 85.78
pedrín	m3	7	Q	200.00	Q	1,400.00 \$ 171.57
hierro de 3/8	varilla	220	Q	20.00	Q	4,400.00 \$ 539.22
hierro de 1/4	varilla	240	Q	9.00	Q	2,160.00 \$ 264.71
alambre de amarre	libra	190	Q	4.00	Q	760.00 \$ 93.14
clavo de 3"	libra	15	Q	3.50	Q	52.50 \$ 6.43
clavo de 4"	libra	15	Q	3.50	Q	52.50 \$ 6.43
Tabla de 1" x 10" x 10"	docena	2	Q	400.00	Q	800.00 \$ 98.04
Parales	docena	2	Q	200.00	Q	400.00 \$ 49.02
					Q	15,925.00 \$ 1,951.59
muro						
cemento 4000 PSI	bolsa	120	Q	40.00	Q	4,800.00 \$ 588.24
arena de río	m3	18	Q	100.00	Q	1,800.00 \$ 220.59
cal	bolsa	30	Q	30.00	Q	900.00 \$ 110.29
Block	unidad	13000	Q	3.50	Q	45,500.00 \$ 5,575.98
					Q	53,000.00 \$ 6,495.10
solera de humedad y de corona						
cemento 4000 PSI	bolsa	350	Q	40.00	Q	14,000.00 \$ 1,715.69
arena de río	m3	15	Q	100.00	Q	1,500.00 \$ 183.82
pedrín	m3	15	Q	200.00	Q	3,000.00 \$ 367.65
hierro de 3/8	varilla	425	Q	20.00	Q	8,500.00 \$ 1,041.67
hierro de 1/4	varilla	490	Q	9.00	Q	4,410.00 \$ 540.44
alambre de amarre	libra	320	Q	4.00	Q	1,280.00 \$ 156.86
clavo de 3"	libra	15	Q	3.50	Q	52.50 \$ 6.43
clavo de 4"	libra	15	Q	3.50	Q	52.50 \$ 6.43
Tabla de 1" x 10" x 10"	docena	2	Q	400.00	Q	800.00 \$ 98.04
Parales	docena	2	Q	200.00	Q	400.00 \$ 49.02
					Q	33,995.00 \$ 4,166.05

Sigue tabla XIX.

malla	ml	290	Q	75.00	Q	21,750.00	\$	2,665.44
tubo galvanizado de 1" y de 6 metros de long.	unidad	350	Q	210.00	Q	73,500.00	\$	9,007.35
alambre galvanizao	libra	60	Q	32.50	Q	1,950.00	\$	238.97
alambre de puas	metro	600	Q	2.75	Q	1,650.00	\$	202.21
					Q	98,850.00	\$	12,113.97
MANO DE OBRA								
levantado de muro desde cimientos								
(con colocacion de malla)	m2	1400	Q	75.00	Q	105,000.00	\$	12,867.65
sizado de dos caras de block	m2	600	Q	13.50	Q	8,100.00	\$	992.65
					Q	113,100.00	\$	13,860.29
PUERTAS DE METAL								
puerta de metal para entrada de tubo								
galvanizado de 1 1/2 y lamina 3/64	unidad	1	Q	6,500.00	Q	6,500.00	\$	796.57
puerta de metal para atras de tubo								
galvanizado de 1 1/2 y lamina 3/64	unidad	1	Q	5,000.00	Q	5,000.00	\$	612.75
ESTRUCTURA ENTRADA								
con costanera y teja ya terminada,								
con mano de obra	unidad	1	Q	6,000.00	Q	6,000.00	\$	735.29
TOTAL DE MATERIALES Y MANO DE OBRA					Q	403,558.65	\$	49,455.72

Sigue tabla XIX. **Resumen de materiales y mano de obra.**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO		TOTAL (Q)	TOTAL \$
MATERIALES						
cemento 4000 PSI	bolsa	1095	Q	40.00	Q 43,800.00	\$ 5,367.65
arena de río	m3	69	Q	100.00	Q 6,900.00	\$ 845.59
piedrín	m3	51	Q	200.00	Q 10,200.00	\$ 1,250.00
hierro de 1/2	varilla	15	Q	40.00	Q 600.00	\$ 73.53
hierro de 3/8	varilla	1255	Q	20.00	Q 25,100.00	\$ 3,075.98
hierro de 1/4	varilla	1345	Q	9.00	Q 12,105.00	\$ 1,483.46
alambre de amarre	libra	1017	Q	4.00	Q 4,068.00	\$ 498.53
clavo de 3"	libra	48	Q	3.50	Q 168.00	\$ 20.59
Tabla de 1" x 10" x 10"	docena	7	Q	400.00	Q 2,800.00	\$ 343.14
Parales	docena	7	Q	200.00	Q 1,400.00	\$ 171.57
cal	bolsa	30	Q	30.00	Q 900.00	\$ 110.29
Block	unidad	13000	Q	3.50	Q 45,500.00	\$ 5,575.98
malla	ml	290	Q	75.00	Q 21,750.00	\$ 2,665.44
tubo galvanizado de 1" y de 6 m de long.	unidad	350	Q	210.00	Q 73,500.00	\$ 9,007.35
alambre galvanizao	libra	60	Q	32.50	Q 1,950.00	\$ 238.97
alambre de puas	metro	600	Q	2.75	Q 1,650.00	\$ 202.21
puertas estructura de entrada	conjuno	1	Q	17,500.00	Q 17,500.00	\$ 2,144.61
TOTAL DE MATERIALES					Q270,059.00	\$ 33,095.47

Sigue tabla XIX.

MANO DE OBRA						
trazar y nivelar	m2	290	Q	4.00	Q	1,160.00 \$ 142.16
limpieza y chapeo	m2	193.33	Q	5.00	Q	966.65 \$ 118.46
excavación	ml	290	Q	17.00	Q	4,930.00 \$ 604.17
relleno y compactación	ml	290	Q	15.00	Q	4,350.00 \$ 533.09
fudicion de cimiento	ml	290	Q	30.00	Q	8,700.00 \$ 1,066.18
excavacion zapatas	ml	4	Q	17.00	Q	68.00 \$ 8.33
relleno y compactacion zapatas	ml	4	Q	15.00	Q	60.00 \$ 7.35
fudicion de zapata	unidad	2	Q	82.50	Q	165.00 \$ 20.22
levantado de muro desde cimientos						
(con colocacion de malla)	m2	1400	Q	75.00	Q	105,000.00 \$ 12,867.65
sizado de dos caras de block	m2	600	Q	13.50	Q	8,100.00 \$ 992.65
TOTAL DE MANO DE OBRA					Q133,499.65	\$ 16,360.25
COSTO DIRECTO DEL PROYECTO					Q403,558.65	\$ 49,455.72

4. RIESGOS Y VULNERABILIDAD DE LA PAVIMENTACIÓN

El tema de la vulnerabilidad (cómo afecta el ambiente a la obra) deberá desarrollarse en paralelo con la evaluación del impacto ambiental de los proyectos (cómo afecta la obra al ambiente), para destacar la íntima relación que existe en el cuidadoso manejo de ambos componentes en las decisiones de inversión, sea para reducir los riesgos o para mitigar sus posibles efectos negativos.

Para el proyecto pavimentación final 2da. Av. Zona 3, San Juan Comalapa, es necesario definir la situación en la que se encuentra la región, desde los puntos de vista de riesgo y vulnerabilidad.

Por riesgo se entiende a aquella condición de peligro, y por vulnerabilidad, a la posibilidad de que pueda ocurrir algún desastre, dadas ciertas condiciones. Para ello se identifican tres sistemas básicos que intervienen en la ocurrencia de desastres, el sistema perturbador, el sistema afectable y el sistema regulador.

El primero consiste en definir los agentes naturales o artificiales que intervienen en la región y que pueden inducir un desastre. Se consideran cinco grupos según su origen. Geológico, hidrometeorológico, químico, sanitario y antropogénico. El segundo, el sistema afectable, se refiere al conjunto de elementos que pueden ser afectados por el sistema perturbador, como infraestructura, equipamiento urbano, vivienda, el medio y la vida de los hombres. Y, finalmente, el sistema regulador corresponde a las normas, reglamentos, elementos constructivos y las medidas que se adoptan para mitigar, disminuir o eliminar dicha vulnerabilidad.

4.1 La gestión de riesgos ambientales

La vulnerabilidad de los habitantes de cualquier proyecto de ingeniería civil, está relacionada directamente a factores de riesgos ambientales. Un proyecto debe entonces enfocarse en intervenciones dirigidas al mejoramiento de las condiciones ambientales, con los elementos que constituyen el ambiente en su totalidad.

- Agua potable; mejoramiento del abastecimiento en términos de cantidad y calidad. Mejoramiento de la gestión del agua a domicilio.
- Infraestructura física; sistemas de drenajes de aguas pluviales, pavimentación, muros de protección para evitar la filtración de agua en los subsuelos y para controlar el rumbo y la energía del agua corriendo en la superficie.
- Reforestación; siembra de vegetación adecuada en laderas para consolidar los suelos con las raíces y para eliminar el agua por la evapotranspiración.
- Basura; control para evitar obstrucción de sistemas de drenajes, proliferación de vectores de enfermedades y, evitar el debilitamiento de la cohesión de suelos.
- Salud; apoyo a actividades curativas, preventivas y de vigilancia epidemiológica
- Preparación para emergencia; elaboración de un plan de emergencia por comunidad

4.2 Riesgos y vulnerabilidad del pavimento

Se recomienda una compactación del material base de buena calidad según las normas, ya que una mala compactación produce asentamientos y deformación del pavimento durante los primeros años de uso.

Por una mala construcción del pavimento se producen también los famosos baches, que dan origen a empozamientos de agua durante el tiempo de invierno, con lo que se corre el riesgo de surgimiento de enfermedades.

La no existencia de drenaje pluvial para este pavimento, debido a que en un tramo tampoco existe, hace que la corriente durante el tiempo de invierno se desplace superficialmente, lo que puede ocasionar infiltración, y arriesga el trabajo a sentamientos futuros.

Todo pavimento se ha diseñado para un período de vida útil de 20 años, por lo que siguiendo las normas adecuadas de construcción; a diferencia del pavimento flexible, el pavimento rígido requiere de menos mantenimiento, y se evita el deterioro del mismo.

Por efectos de la naturaleza, como sismos, el pavimento y toda obra civil corre un gran riesgo de destrucción parcial o completa, según el tipo de desastre.

La vulnerabilidad ante los riesgos mencionados, conduce por un lado a darle lugar a distintas enfermedades, y por otro lado a distintos accidentes tanto para los transeúntes como accidentes de tránsito, además del deterioro parcial o completo del pavimento.

4.3 Plan de contingencia comunitario

El plan no debe concentrarse solamente sobre la respuesta frente a una situación de emergencia, sino también sobre acciones preventivas y de mitigación que disminuirán la magnitud del impacto de un desastre mejorarán la capacidad de atención de emergencias. Asimismo contempla actividades para realizar antes, durante y después de una emergencia.

Todos los interesados para el funcionamiento de un proyecto deben colaborar en todo el proceso de construcción y mantenimiento del mismo, para acrecentar la vida útil de todo proyecto.

4.4 Medidas de prevención y de mitigación

Existen dos niveles para la toma de medidas, el primer nivel concierne a actividades enfocadas a la comunidad en general y el segundo enfocadas al hogar y realizadas por cada familia.

Para todo proyecto comunitario existe siempre un grupo de personas encargadas de su manejo y funcionamiento. La organización para el mantenimiento del proyecto comunitario es de suma importancia, y la misma conciencia familiar y personal hace darle un mantenimiento adecuado a la pavimentación.

4.5 Abordaje y estrategia

Factibilidad técnica

Como los proyectos se desarrollan en zonas determinadas de exclusión por las dificultades que representan para la infraestructura, es importante tener objetivos realistas, nunca pretender eliminar totalmente los factores de riesgo sino reducirlos.

Coordinación interinstitucional

Determinar las políticas y las voluntades de los diferentes departamentos de la municipalidad (agua, limpieza etc.), del Ministerio de la Salud y de las ONG que trabajan localmente para colaborar en asistencia técnica, prestación de servicios, organización y educación. Cada entidad debe participar en la

elaboración de un convenio en el cual se estipulen las responsabilidades y las tareas de cada uno.

Transferencia de conocimiento

El proyecto está diseñado para favorecer la transferencia de conocimiento, a través de la capacitación de los trabajadores comunitarios sobre técnicas de construcción, operación y mantenimiento. Contempla aumentar el nivel de la conciencia colectiva respecto a cuestiones ambientales.

CONCLUSIONES

1. El diseño del pavimento rígido para el final de la 2da. Av. Zona 2, San Juan Comalapa, representa la solución más aceptable, por ser un área urbana y por las mismas condiciones de costo en relación a un pavimento flexible.
2. El pavimento rígido desde el punto de vista técnico tiene un mantenimiento mínimo a lo largo del período para el cual fue diseñado, en comparación con un pavimento flexible, que requiere de un mantenimiento constante para evitar el deterioro del mismo.
3. Las bases de diseño especificadas en los planos y el debido control de las especificaciones técnicas, tanto para la calidad de los materiales, como el diseño de mezclas son pasos determinantes en toda construcción de proyecto de carreteras.
4. El método simplificado que propone la PCA para el diseño de pavimentos rígidos, utilizado en este caso, es bastante simple y práctico, especialmente en las áreas del interior de la República de Guatemala, se basa en buena parte en tablas, que son resultados de ensayos y experimentos de laboratorio y de campo.

5. La supervisión del proyecto de pavimentación como del muro perimetral, de parte de un ingeniero, es de vital importancia, para el seguimiento de todas las especificaciones de construcción, para asegurar un buen proyecto de ingeniería civil.

6. En el muro perimetral de mampostería influye únicamente su peso propio, es decir solo cargas muertas, por lo que fueron los parámetros a utilizar para el diseño del cimiento corrido.

RECOMENDACIONES

1. Para la construcción de los proyectos debe haber coordinación entre el departamento técnico de la Municipalidad y los beneficiados, para evitar atrasos en todo el proceso.
2. Antes de iniciar la construcción del pavimento es necesario hacer todas las reparaciones de drenaje y agua potable, posibles o necesarios, para que en un futuro no causen problemas al pavimento y se tenga que romper el mismo.
3. Para garantizar el período de diseño de los proyectos, es necesario que los que trabajen en su construcción, sigan las indicaciones de los planos y especificaciones. Que el supervisor indique cambios, si los hay, y que los trabajadores directos de campo, sigan las indicaciones del supervisor.
4. El mantenimiento y la limpieza de las calles pavimentadas por parte de los vecinos del lugar cumplirá con los objetivos específicos propuestos para dicho proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

American Concrete Institute. **Reglamento de las construcciones de Concreto reforzado (ACI 318-83) y comentarios.** Traducido por el instituto mexicano del cemento y del concreto. Segunda edición. México editorial Noriega Limusa. 1988. 597pp.

Anckerman Álvarez, Enrique. Manual de laboratoristas de suelos en construcción de carreteras. Tesis Ing. civil, facultad de ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala 1965. 948pp.

Dates Barrientos, Luis Rodolfo. Estudio de las cargas dimensiones a tomarse en cuenta en el diseño de pavimentos en la República de Guatemala. Tesis Ing. civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, facultad de ingeniería. Guatemala 1974

Dirección General De Caminos, Ministerio De Comunicaciones Y Obras Públicas. **Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes.** República de Guatemala, impresos industriales, 1975.

García Nájera, Cesar Abigail. Diseño del pavimento colonia Saravia Zona 5 y análisis de tránsito en vías urbanas. Tesis ingeniería civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. Guatemala, 1989.

Gómez Lepe, Fredy Benjamín. Planificación y diseño del pavimento para la vía principal del Municipio de San Juan Ostuncalco, Departamento de Quetzaltenango. Tesis ingeniería civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, facultad de Ingeniería. Guatemala 1997.

Jadeon, Vinicio Cabrera. Guía teórica y práctica del curso de cimentaciones 1 Tesis ingeniería civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, facultad de Ingeniería. Guatemala 1994.

Manual Centroamericano de Normas Ambientales para el Diseño, Construcción Y Mantenimiento de Carreteras. Secretaría de integración económica centroamericana –SIECA-USAID. Guatemala, noviembre de 2002.

Mejía Gómez, Hugo Abad. Diseño del pavimento rígido para dos vías de acceso principal al Municipio de El Progreso, Departamento de Jutiapa. Tesis ingeniería civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería. Guatemala 1996.

Anexo 1

Tabla XX. **Hoja de control para tránsito clasificado.**

Volúmenes horarios de tránsito clasificado

Estación: ___ Día: ___ Mes: ___ Año: ___ Ciclo: _____ Ruta: _____ Km: _____

TIPO DE VEHÍCULO

HORA	1	2	3	4	5	6	7	8	T.D.V	T.V.P
0-1										
1-2										
2-3										
3-4										
4-5										
5-6										
6-7										
7-8										
8-9										
9-10										
10-11										
11-12										
12-13										
13-14										
14-15										
15-16										
16-17										
17-18										
18-19										
19-20										
20-21										
21-22										
22-23										
23-24										
TOTAL										

CLAVE: 1. Automóviles, páneces y Jeeps; 2. Pick-ups; 3. Camiones medianos (dos ejes); 4. Camiones de tres ejes o más; 5. TS; 6. Microbuses; 7. Buses; 8. Otros.
 Nomenclatura: T.D.V. TOTAL DE VEHÍCULOS; T.V.P. TOTAL DE VEHÍCULOS PESADOS

Anexo 2

Tabla XXI. **TPDC permisible, carga por eje categoría 2 pavimentos con juntas de trabe por agregados.**

	_____concreto sin hombros o bordillo_____					_____concreto con hombros o bordillo_____				
	Espesor de losa Soporte subrasante-subbase					Espesor de losa Soporte subrasante-subbase				
	Pig	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO	Pig	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
MR 650 PSI	5.5				5	5	9	42	9	42
	6		4	12	59	6	96	380	120	450
	6.5	9	43	120	400	6.5	650	1000	700	970
	7	80	320	840	1200	7	1100	1900	1400	2100
	7.5	490	1200	1500						
8	1300	1900								
MR 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									
MR 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									

Nota: el análisis de erosión controla el diseño; de otro modo el análisis de fatiga lo controla.

Fuente anexo 2 a 7 Instituto Americano de Concreto.

Anexo 3

Tabla XXII. **TPDC permisible, carga por eje categoría 2 pavimentos con juntas doveladas.**

_____concreto sin hombros o bordillo_____					_____concreto con hombros o bordillo_____					
Espesor de losa Soporte subrasante-subbase					Espesor de losa Soporte subrasante-subbase					
	Plg	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO	Plg	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
MR 650 PSI	5.5				5	5		3	9	42
	6		4	12	59	5.5	9	42	120	450
	6.5	9	43	120	400	6	96	380	970	3400
	7	80	320	840	3100	6.5	710	2600		
	7.5	490	19000			7	4200			
8	25000									
MR 600 PSI	6				11	5		1	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		6.5	160	620	1500	5200
	8	590	2300			7	1000	3600		
8.5	2700									
MR 550 PSI	6.5			4	19	5.5		14	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	4000		
9	2400									

Nota: el análisis de fatiga controla el diseño.

Anexo 4

Tabla XXIII. **TPDC permisible, carga por eje categoría 3 pavimentos con juntas de trabe por agregados.**

_____concreto sin hombros o bordillo_____					_____concreto con hombros o bordillo_____					
	Espesor de losa Soporte subrasante-subbase				Espesor de losa Soporte subrasante-subbase					
	Plg	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO	Plg	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
MR 650 PSI	7.5			60	250	7	220	510	750	
	8		130	350	830	7.5	320	640	890	1400
	8.5	160	640	900	1300	8	610	1100	1500	2500
	9	680	1000	1300	2000	8.5	950	1800	2700	4700
	9.5	960	1500	2000	2900	9	1500	2900	4600	8700
	10	1300	2100	2800	4300	9.5	2300	4700	8000	
	10.5	1800	2900	4000	6300	10	3500	7700		
	11	2500	4000	5700	9200	10.5	5300			
	11.5	3300	5500	7900		11	8100			
	12	4400	7500							
MR 600 PSI	8			73	310	7			120	440
	8.5		140	380	1300	7.5	67	270	680	1400
	9	160	640	1300	2000	8	370	1100	1500	2500
	9.5	630	1500	2000	2900	8.5	950	1800	2700	4700
	10	1300	2100	2800	4300	9	1500	2900	4600	8700
	10.5	1800	2900	4000	6300	9.5	2300	4700	8000	
	11	2500	4000	5700	9200	10	3500	7700		
	11.5	3300	5500	7900		10.5	5300			
	12	4400	7500			11	8100			
MR 550 PSI	8				56	7				82
	8.5			70	300	7.5			130	480
	9		120	340	1300	8	67	270	670	2300
	9.5	120	520	1300	2900	8.5	330	1200	2700	4700
	10	460	1900	2800	4300	9	1400	2900	4600	8700
	10.5	1600	2900	4000	6300	9.5	2300	4700	8000	
	12	4400	7500			11	8100			

Nota: el análisis de erosión controla el diseño; de otro modo el análisis de fatiga lo controla.

Anexo 5

Tabla XXIV. **TPDC permisible, carga por eje categoría 3 pavimentos con juntas doveladas.**

		_____concreto sin hombros o bordillo_____				_____concreto con hombros o bordillo_____				
		Espesor de losa				Soporte subrasante-subbase				
	Plg	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO	Plg	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
MR 650 PSI	7.5				250	6.5			83	320
	8		130	350	1300	7	52	220	550	1900
	8.5	160	640	1600	6200	7.5	320	1200	2900	9300
	9	700	2700	7000	11500	8	1600	5700	13800	
	9.5	2700	10800			8.5	6900	23700		
	10 10.5	9900								
MR 600 PSI	8			73	310	6.5				67
	8.5		140	380	1500	7			120	440
	9	160	640	1700	2100	7.5		270	680	2300
	9.5	630	2500	6500	6200	8	370	1300	3200	10800
	10	2300	9300			8.5	1600	5800	14100	
	10.5	7700				9	6600			
MR 550 PSI	8.5			70	300	7				82
	9		120	340	1300	7.5			130	480
	9.5	120	520	1300	5100	8	67	270	670	2300
	10	460	1900	4900	19100	8.5	330	1200	2900	9700
	10.5	1600	6500	17400		9	1400	4900	11700	
	12	4900				9.5	5100	18600		

Nota: el análisis de erosión controla el diseño; de otro modo el análisis de fatiga lo controla.

Anexo 6

Tabla XXV. **TPDC permisible, carga por eje categoría 4 pavimentos con juntas de trabe por agregados.**

_____concreto sin hombros o bordillo_____					_____concreto con hombros o bordillo_____					
Espesor de losa Soporte subrasante-subbase					Espesor de losa Soporte subrasante-subbase					
	Plg	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO	Plg	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
MR 650 PSI	8				270	7			100	400
	8.5		120	340	990	7.5		240	620	910
	9	140	580	1100	1500	8	330	770	1100	1700
	9.5	570	1200	1600	2300	8.5	720	1300	1900	3100
	10	1100	1700	2200	3400	9	1100	2100	3200	5700
	10.5	1500	2300	3200	4900	9.5	1700	3400	5500	10200
	11	2000	3300	4500	7200	10	3600	5500	9200	17900
	11.5	2700	4500	6300	10400	11	5900	13600	24200	
	12	3600	6100	8800	14900	12	12800			
	13	6300	11100	16800						
14	10800									
MR 600 PSI	8.5				300	7.5			130	490
	9		120	340	1300	8	270	690	1700	
	9.5	120	530	1400	2300	8.5	340	1300	1900	3100
	10	480	1700	2200	3400	9	1100	2100	3200	5700
	10.5	1500	2300	3200	4900	9.5	1700	3400	5500	10200
	11	2000	3300	4500	7200	10	2600	5500	9200	17900
	11.5	2700	4500	6300	10400	11	12800			
	12	3600	6100	8800	14900	12	12800			
	13	6300	11100	16800						
	14	10800								
MR 550 PSI	9				250	8			130	480
	9.5				1100	8.5		250	620	2100
	10		390	1100	3400	9	280	1000	2500	5700
	10.5	320	1400	3200	4900	9.5	1100	3400	5500	10200
	12	3600	6100	8800	14900	12	12800			
	13	6300	11100	10800						
	14	10800								

Nota: el análisis de erosión controla el diseño; de otro modo el análisis de fatiga lo controla.

Anexo 7

Tabla XXVI. **TPDC permisible, carga por eje categoría 4 pavimentos con juntas doveladas.**

_____concreto sin hombros o bordillo_____					_____concreto con hombros o bordillo_____					
Espesor de losa		Soporte subrasante-subbase			Espesor de losa		Soporte subrasante-subbase			
	Plg	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO	Plg	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
MR 650 PSI	8				270	7				400
	8.5		120	340	1300	7.5		240	620	2100
	9	140	580	1500	5600	8	330	1200	3000	9800
	9.5	570	2300	5900	14700	8.5	1500	5300	12700	41100
	10	2000	8200	18700	25900	9	5900	21400	44900	
	10.5	6700	24100	31800	45800	9.5	22500	52000		
	11	21600	39600			10	45200			
	11.5	39700								
MR 600 PSI	8.5				300	7.5			130	490
	9		120	340	1300	8		270	690	2300
	9.5	120	530	1400	5200	8.5	340	1300	3000	9900
	10	480	1900	5100	19300	9	1400	5000	12000	40200
	10.5	1600	6500	17500	45900	9.5	5200	18800	45900	
	11	4900	21400	53800		10	18400			
	11.5	14500	6500							
	12	44000								
MR 550 PSI	9				260	8			130	480
	9.5			280	1100	8.5		250	620	2100
	10		390	1100	4000	9	280	1000	2500	8200
	10.5	320	1400	3600	13800	9.5	1100	3900	9300	30700
	11	1000	4300	11600	46600	10	3800	13600	32900	
	11.5	3000	13100	37200		10.5	12400	46200		
	12	8200	4000			11	40400			

Nota: el análisis de erosión controla el diseño; de otro modo el análisis de fatiga lo controla.

Anexo 8

Tabla XXVII. Valor soporte permisible según tipo de suelo.

Material del suelo	Ton/m²	Observaciones
Roca sana no intemperizada	645	No hay estructura de grietas
Roca regular	430	
Roca intermedia	215	
Roca agrietada o porosa	22-86	
Suelos gravillosos	107	Compactados, buena granulometría
Suelos gravillosos	86	Compactados con mas del 10% de grava
Suelos gravillosos	64	Flojos, mala granulometría
Suelos gravillosos	43	Flojos, con mucha arena
Suelos arenosos	32-64	Densos
Arena fina	22-43	Densa
Suelos arcillosos	53	Duros
Suelos arcillosos	22	Solidez mediana
Suelos limosos	32	Densos
Suelos limosos	16	Densidad mediana

