

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



TRABAJO DE GRADO:
AUSCULTACION VISUAL DE PAVIMENTOS RIGIDOS
EN SAN MIGUEL, EL SALVADOR.

PRESENTADO POR:
FRANCISCO ARISTIDES GRANADOS CAÑAS
ALVARO JOSE RODRIGUEZ RUBIO

PARA OPTAR AL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL

DOCENTE DIRECTOR:
ING. RIGOBERTO LOPEZ

CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL, AGOSTO DE 2016

SAN MIGUEL

EL SALVADOR

CENTROAMERICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

AUTORIDADES

LICENCIADO JOSE LUIS ARGUETA ANTILLÓN

RECTOR INTERINO

INGENIERO CARLOS ARMANDO VILLALTA

VICE-RECTOR ACADEMICO INTERINO

DRA. ANA LETICIA ZA VALETA DE AMAYA

SECRETARIA GENERAL

LICENCIADA NORA BEATRIZ MELÉNDES

FISCAL GENERAL INTERINA

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL

AUTORIDADES

ING. JOAQUIN ORLANDO MACHUCA

DECANO

LIC. CARLOS ALEXANDER DIAZ

VICE-DECANO

LIC. JORGE ALBERTO ORTEZ HERNANDEZ

SECRETARIO

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADO:

AUSCULTACION VISUAL DE PAVIMENTOS RIGIDOS
EN SAN MIGUEL, EL SALVADOR.

PRESENTADO POR:

FRANCISCO ARISTIDES GRANADOS CAÑAS

ALVARO JOSE RODRIGUEZ RUBIO

PARA OPTAR AL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR:

COORDINADOR DE PROYECTOS DE GRADUACIÓN:

ING. MILAGRO DE MARÍA ROMERO DE GARCIA

DOCENTE DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN:

ING. RIGOBERTO LOPEZ

CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL, AGOSTO DE 2016

SAN MIGUEL

EL SALVADOR

CENTROAMERICA

TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR:

DOCENTE DIRECTOR:

ING. RIGOBERTO LOPEZ

COORDINADOR DE PROYECTOS DE GRADUACIÓN:

ING. MILAGRO DE MARÍA ROMERO DE GARCIA

AGRADECIMIENTO

A **Dios**, mi sustento y fortaleza, por ser el principal autor de mis victorias, quien en medio de cada etapa y proceso de mi vida siempre ha mostrado su fidelidad y poder, a Él sea la honra y la gloria por los siglos de los siglos.

A **mis padres Estela Cañas y Francisco Granados**, por su incondicional apoyo, por ser mis principales pilares, quienes han dedicado sus vidas a mi formación profesional, a mi formación como persona, quienes han dado siempre todo lo que han tenido y mucho más para crecer cada día en todas las áreas de mi vida. De ello, es el fruto de sus sacrificios y esfuerzos la culminación de mi carrera profesional.

A **mi hermano Rolin**, quien todo el tiempo, y ahora, durante esta etapa de mi vida ha estado siempre pendiente, brindándome el apoyo, toda la ayuda que siempre necesite y mucho más, por ser mi gran ejemplo, miles de gracias, bro.

A **mi hermano Rudy**, por siempre darme su atención, su apoyo, su enorme colaboración, su motivación y aliento cuando hubo alegrías, así cuando hubo obstáculos y dificultades, miles de gracias hermanito.

A **toda mi familia**, en especial a mis abuelas, por siempre darme toda su atención, por motivarme y estar siempre a mi cuidado, por no dejarme solo durante esta etapa de mi vida, por ser parte de esta victoria. A toda mi familia,

A **Erick**, por darnos su apoyo y colaboración para la realización del presente trabajo de grado.

A mi tía **Marta Portillo**, por ser un brazo fuerte, una persona que siempre me ha brindado su apoyo incondicional durante todo el desarrollo de mi carrera universitaria, por su enorme colaboración, esfuerzo y motivación, quien ha sido parte importante para la realización y conclusión del presente trabajo de grado, miles de gracias.

A **compañeros**, que de alguna forma colaboraron y brindaron su ayuda cuando lo necesitamos.

A **mis amigos**, quienes estuvieron siempre cerca de mí, compartiendo cada momento, alegrías y tristezas, por siempre brindar su aliento y motivación. A todas aquellas personas, que, de una u otra forma, fueron bendición en mi proceso de formación profesional y culminación de trabajos de grado.

FRANCISCO ARISTIDES GRANADOS CAÑAS

AGRADECIMIENTO

A **Dios**, todopoderoso quien me ha bendecido, mi amigo, fortaleza y refugio, siempre ha sido fiel en toda mi vida con su amor y misericordia nunca me ha dejado solo, todo se lo debo a Él, la Gloria y la Honra sean dadas por siempre.

A la **Virgen María**, mi auxiliadora e intercesora mi madre del cielo, cuando me faltó la fe y no sabía cómo seguir pedí sus ruegos ante su Hijo **Jesús** y pude ver la mano de Dios moverse gracias a su intercesión.

A mi **Mamá Joaquina Rubio**, una mujer que con su amor y esfuerzo supo inspirarme, quien tuvo las palabras adecuadas en los momentos justos, sus abrazos y oraciones nunca me faltaron.

A mi **Papá Oscar Dionicio Rodríguez**, quien con su apoyo en todo momento me ha ayudado, sus consejos y ejemplo me ha dado fuerza, valor para salir adelante.

A mis hermanos **Iris, Johanna, Jennifer, Oscar, Noé**, siempre estuvieron para apoyarme cuando los necesite a lo largo de toda la carrera.

A mis sobrinos **Alejandra, Fátima, Johanna, William, Celeste**, por todo su cariño y la alegría con la que han llenado mi vida.

A **Erick y Rudy** por su apoyo en el desarrollo del trabajo de grado.

A **Don Tito, Niña Marleny, Alejandro López**, siempre me acogieron en su familia como uno más de ella, sus consejos y muestras de afecto gracias.

A **Tía Martita** quien siempre estuvo atenta en cada uno de nuestros procesos en la Universidad y en la defensa de la tesis su arduo empeño por ayudarnos fue muy especial, así como su apoyo moral, motivándonos siempre a salir adelante gracias.

A todos **Mis Amigos** y personas que de una u otra manera me brindaron apoyo, en especial a mis amigos de la iglesia y del Cenáculo MDJ que siempre me dieron ánimo y sus oraciones a todos ellos Gracias.

ALVARO JOSE RODRIGUEZ RUBIO

INDICE

INTRODUCCIÓN	xx
CAPITULO I GENERALIDADES	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2 JUSTIFICACION.....	4
1.3 OBJETIVOS.....	6
✓ 1.3.1 OBJETIVO GENERAL:	6
✓ 1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	6
1.4 ALCANCES	7
1.5 LIMITACIONES.....	8
CAPITULO II.....	9
MARCO REFERENCIA	9
2.1 MARCO CONCEPTUAL.....	10
2.2 MARCO TEORICO	16
✓ 2.2.1 REHABILITACIÓN	16
✓ 2.2.2 MANTENIMIENTO	18
✓ 2.2.3 ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO.....	19
✓ 2.2.4 TIPOS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS.....	20
2.4 DRENAJE	21
2.5 ANÁLISIS DE TRÁNSITO.....	23
2.6 SERVICIABILIDAD	24
2.7 ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI).....	26
2.8 ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)	27

2.9 LA DEFLÉCTOMETRIA DE IMPACTO (FWD)	29
2.10 VOLUMEN DE TRÁNSITO	30
✓ 2.10.1 VOLÚMENES DE TRÁNSITO ABSOLUTOS O TOTALES	30
✓ 2.10.2 VOLÚMENES DE TRÁNSITO PROMEDIO DIARIOS	31
✓ 2.10.3 VOLÚMENES DE TRANSITO PROMEDIO DIARIOS	32
2.11 GESTIÓN DE RIESGOS EN CARRETERAS.....	41
CAPITULO III.....	45
METODOLOGIA	45
3.1 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO	46
3.2 POBLACIÓN OBJETIVO	47
3.3 PROCEDIMIENTO PARA OBTENER INFORMACIÓN	47
3.4 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN	48
3.5 ANÁLISIS DE DATOS	48
CAPITULO IV	49
EVALUACION DEL PAVIMENTO RIGIDO.....	49
4.1 ANTECEDENTES	51
4.1.2 ANÁLISIS DEL DISEÑO DE PAVIMENTO.....	53
4.2 EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI).....	67
4.3 EVALUACIÓN DE VOLUMEN DE TRÁNSITO.....	72
✓ 4.3.1 CARGA VEHICULAR	82
✓ 4.3.2 VIDA REMANENTE.....	90
4.4 SEGURIDAD VIAL	92
✓ 4.4.1 Evaluación del sistema de drenaje.....	92
✓ 4.4.2 La seguridad vial en el diseño geométrico de carreteras	105

4.5 PROPUESTA DE SEÑALIZACION VIAL	107
CAPITULO V	110
ANALISIS DE RESULTADOS	110
5.1 ANALISIS DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI).....	111
5.2 ANALISIS DE TRANSITO.....	114
5.3 ANALISIS DE RIESGOS.....	116
5.4 SEÑALIZACION VIAL PROPUESTA PARA LA ZONA EN ESTUDIO.....	120
CAPITULO VI.....	124
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	124
5.1 CONCLUSIONES.....	125
5.2 RECOMENDACIONES	129
BIBLIOGRAFIA	131
ANEXO 1.....	133
Croquis de ubicación: Avenida Coronel Miguel Ángel Benett.....	133
ANEXO 2.....	134
Fotos del estado actual de la Avenida Coronel Miguel Ángel Bennett.....	134
ANEXO 3.....	138
Registro fotográfico del levantamiento topográfico.....	138
ANEXO 4.....	139
Inspección del drenaje superficial.	139
ANEXO 5.....	141
Inspección de señalización ubicada en la zona de estudio.	141
ANEXO 6.....	142

Formulario de la exploración de la condición superficial por unidades de muestreo (ASTM D6433-11).....	142
ANEXO 7.....	144
Manual de daños y severidades en pavimentos rígidos.....	144
ANEXO 8.....	151
Memoria de cálculo completa de “factor camión” para cada tipo de vehículo.....	151
ANEXO 9.....	170
Curvas de valores deducidos para pavimentos de concreto hidráulico.....	170
ANEXO 10.....	173
Valor deducido corregido para pavimentos de concreto hidráulico.....	173
ANEXO 11.....	174
PLANOS.....	174
✓ Plano del Índice De Condición Del Pavimento (PCI) 1/5.....	174
✓ Plano del Índice De Condición Del Pavimento (PCI) 2/5.....	174
✓ Plano del Índice De Condición Del Pavimento (PCI) 3/5.....	174
✓ Plano del Índice De Condición Del Pavimento (PCI) 4/5.....	174
✓ Plano del Índice De Condición Del Pavimento (PCI) 5/5.....	174
✓ Plano de Señales Viales 1/5.....	174
✓ Plano de Señales Viales 2/5.....	174
✓ Plano de Señales Viales 3/5.....	174
✓ Plano de Señales Viales 4/5.....	174
✓ Plano de Señales Viales 5/5.....	174
✓ Plano de Drenaje 1/2.....	174
✓ Plano de Drenaje 2/2.....	174

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Deterioros presentes en el estado actual de la avenida Coronel Miguel Ángel Benett.	3
Figura 2: Av. Coronel Miguel Ángel Benett en época de invierno.....	3
Figura 3: Estado del drenaje superficial de la carretera.	42
Figura 4: Carpeta técnica de la carretera en estudio.....	51
Figura 5: Condición superficial del pavimento.	67
Figura 6: Ubicación de aforo.....	72
Figura 7: Cargas vehiculares.....	82
Figura 8: Cargas vehiculares para una Serviciabilidad final de 1.5.	91
Figura 9: Acumulación de aguas lluvias.	92
Figura 10: Escorrentía superficial sobre la carretera.....	94
Figura 11: Mapa hidrogeológico de El Salvador.	97
Figura 12: Obstrucción de tragantes por desechos sólidos.	100
Figura 13: Estado actual de tragantes.....	101
Figura 14: Propagandas y anuncios sobre la carretera.	105
Figura 15: Señalización ubicada en la carretera en estudio.	107
Figura 16: Señalización decolorada.	108
Figura 17: Señalización obstruida por vegetación.	109
Figura 18: Daños sobre la superficie del pavimento.	111
Figura 19: Estado de tragantes del sistema de drenaje de la carretera.	116
Figura 20: Tragante obstaculizado por residuos sólidos.	116
Figura 21: Propaganda de negocios y empresas ubicados sobre la carretera.....	118
Figura 22: Publicidad sobre la carretera.....	118

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Rangos de calificación del PCI.	28
Tabla 2: Volúmenes de transito totales y absolutos en lapsos de tiempos determinados.	31
Tabla 3: Prueba de campo: ASTM D-1586 Prueba de penetración estándar SPT.	52
Tabla 4: Resultados del estudio de tránsito.	56
Tabla 5: Valores de serviciabilidad.	58
Tabla 6: Niveles de confiabilidad.	58
Tabla 7: Desviación estándar.	59
Tabla 8: Espesores de la estructura del pavimento.	66
Tabla 9: Levantamiento de daños y severidades en el pavimento.	68
Tabla 10: Reordenamiento de daños y severidades en base al Número Máximo Admisible de Valores Deducidos (m).	70
Tabla 11: Iteración para el cálculo del Máximo Valor Deducido Corregido.	71
Tabla 12: Volumen de transito total (Metrocentro).	74
Tabla 13: Intensidad de tránsito (Metrocentro).	75
Tabla 14: Volumen de transito total (Centro de Gobierno).	80
Tabla 15: Factor camión para cada tipo de vehículo.	84
Tabla 16: Datos para el cálculo de ESAL's actuales.	86
Tabla 17: Factor de distribución por dirección (ESAL's actuales).	86
Tabla 18: Factor de distribución por carril (ESAL's actuales).	87
Tabla 19: Datos para el cálculo de ESAL's esperados para el final de vida útil.	88
Tabla 20: Factor de distribución por dirección (ESAL's esperados para el final de vida útil). ...	89

Tabla 21: Factor de distribución por carril (ESAL's esperados para el final de vida útil).	89
Tabla 22: Evaluación de drenaje para cada 100 metros.	103
Tabla 23: Descripción de daños, causas y soluciones para la carretera en estudio.	112
Tabla 24: Señalización propuesta para la vía.	122

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 (Índice de Serviciabilidad)	26
Ecuación 2 (vehículos que pasan por unidad de tiempo)	30
Ecuación 3 (Tránsito promedio diario anual).....	32
Ecuación 4 (Tránsito promedio diario mensual)	32
Ecuación 5 (Tránsito promedio diario semanal)	32
Ecuación 6 (factor de la hora de máxima demanda)	38
Ecuación 7 (Densidad)	69
Ecuación 8 (Número Máximo Admisible de Valores Deducidos).....	69
Ecuación 9 (Valor del Índice de Condición del Pavimento)	71
Ecuación 10 (Intensidad).....	75
Ecuación 11 (factor de crecimiento)	85
Ecuación 12 (Vida remanente).....	91

INDICE DE GRAFICOS

Grafico 1: Variación del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda.	39
Grafico 2: Flujo Vehicular (Metrocentro).	79
Grafico 3: Flujo Vehicular (Centro de Gobierno).	81
Grafico 4: ESAL´s de diseño vs ESAL´s esperados (transito actual).	115

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

A.LL	Aguas Lluvias
A.N	Aguas Negra
PCI	Índice De Condición Del Pavimento
L	Severidad Baja (LOW)
M	Severidad Media (MEDIUM)
H	Severidad Alta (HIGH)
ASTM	American Society for Testing Materials (Sociedad Americana de Prueba de Materiales)
ESAL´S	Carga por eje equivalente
SPT	Prueba de penetración estándar
ML	Limo inorgánicos de baja plasticidad
AASHTO	Association of State Highway and Transportation Officials (La Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes)
TPDA	Transito Promedio Diario Anual

PSI	Serviciabilidad
Pi	Índice De Serviabilidad Inicial
Pt	Índice De Serviabilidad Final
ΔP	Perdida De Serviabilidad Final
R	Confiability Considerada
S	Desviación Estándar
MR	Módulo De Resiliencia Efectivo Del Suelo De La Subrasante
CBR	California Bearing Ratio (Ensayo De Relación De Soporte De California)
J	Factor De Tranferencia De Carga
E_c	Módulo De Elasticidad Del Concreto
\varnothing	Diámetro
FG	Factor De Crecimiento
FC	Factor Camión
M	Número Máximo Admisible De Valores Deducidos
CDV	El Máximo Valor Deducido Corregido
Q	Intensidad de tránsito
RL	Vida remanente, en porcentaje
N_p	Tráfico total a la fecha del diseño, en ESAL's.
N1.5	Tráfico total hasta la falla, en ESAL's.

INTRODUCCIÓN

Las carreteras son de vital importancia para el desarrollo de la economía y la conectividad de las ciudades, en especial cuando estas vías sirven para el tránsito de una gran cantidad de vehículos livianos, pesados y de carga, es por eso que existe la importancia de contar con una infraestructura adecuada de las carreteras. Todas estas actividades a las que está sujeta una red vial generan una gran demanda de la misma y esto acarrea su deterioro total o parcial con el paso del tiempo, a veces a ritmos acelerados.

En materia de Gestión de Infraestructura Vial es importante realizar evaluación que recopile información acerca del estado actual de la vía, así como también datos históricos que después de ser evaluados puedan servir para la toma de decisiones en base a criterios que reflejen la realidad y con esto realizar intervenciones que al momento de ejecutarlas traerán mayor durabilidad a la vía y se llevarán a cabo con la menor cantidad de recursos económicos.

El Índice de Condición del Pavimento (PCI), por sus siglas en inglés, es una herramienta muy útil para catalogar el estado de una vía de acuerdo a los daños que presente, clasificándolos acorde a diversas patologías tipo para pavimentos con superficie de rodadura de asfalto o concreto hidráulico, y cuantificándolos en tres niveles de severidad, tal como se documenta en la designación ASTM D6433-11. Las diferentes patologías de pavimentos de acuerdo a las normativas y manuales adoptados por El Salvador para la Gestión de Pavimentos, el Índice de Condición del Pavimento PCI.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las carreteras son de vital importancia para el desarrollo de la economía y la conectividad de las ciudades, en especial cuando estas vías sirven para el tránsito de una gran cantidad de vehículos livianos, pesados y de carga, es por eso que existe la importancia de contar con una infraestructura adecuada de las carreteras. El Salvador cuenta con una extensión de aproximadamente 3200 kilómetros de vías pavimentadas que necesitan mantenimiento, por medio de un control eficaz para determinar los daños a futuro que puede sufrir el desempeño de ésta a lo largo de su vida útil. Por lo que evaluar la infraestructura de los pavimentos se vuelve importante.

Anteriormente la avenida Roosevelt era una de las principales vías de comunicación a la que se accedía para facilitar y acortar el tiempo de viaje de los automovilistas que circulaban de la zona céntrica de la ciudad de San Miguel hacia el departamento de La Unión, Usulután y San Salvador (vía Carretera Litoral) sin embargo, con el pasar de los años esta arteria fue congestionándose cada vez más debido al aumento en la población residente y el incremento de visitantes a la ciudad, no fue sino hasta el año 2002 en el que la Alcaldía Municipal decide iniciar la pavimentación de la avenida Coronel Miguel Ángel Benett, cabe mencionar que la tasa de crecimiento anual promedio entre los años 1997 a 2002 rondaba el 6.5%.

Es de suma importancia recalcar que, desde su construcción, no se han realizado labores de mantenimiento a la estructura de pavimento, notándose un deterioro actual considerable en la carpeta de rodamiento y que esto conllevará a la posible pérdida total de las propiedades estructurales y funcionales de la carretera, esto sin tomar en cuenta el constante incremento de automotores que circulan diariamente por esta avenida.



Figura 1: Deterioros presentes en el estado actual de la avenida Coronel Miguel Ángel Benett.

Fuente: Propia



Figura 2: Av. Coronel Miguel Ángel Benett en época de invierno.

Fuente: Propia

1.2 JUSTIFICACION

Las carreteras se diseñan con una vida útil determinada en cuanto a su importancia dentro de una red vial, durante la cual sin efectuar labores de mantenimiento se tendrá como resultado una reducción significativa en la duración del pavimento rígido, apreciándose un rápido decrecimiento en su serviciabilidad.

Los pavimentos rígidos sufren una degradación del sello de las juntas, grietas en las diferentes losas que conforman la carpeta de rodadura, sin olvidar los daños experimentados en la base de la misma. En otras palabras, con el correr de su vida útil, las carreteras se dañan pasando por una fase de deterioro lento con fallas poco perceptibles llegando a un estado donde el deterioro se acelera presentando un colapso de la vía.

En los últimos años se han detectado en la Av. Coronel Miguel Ángel Benett deterioros notorios que son perceptibles por los usuarios, los que requieren de un estudio para determinar con objetividad la condición actual del pavimento, definiendo por secciones regulares la vía para el posterior levantamiento de los daños en las losas.

El requerimiento de una evaluación funcional de la vía con los estudios necesarios tales como:

1.El análisis de tránsito, del cual se partirá de la investigación del conocimiento de las cargas de diseño para luego realizar el estudio de tránsito actual y determinar las cargas a las cuales está siendo sometida la carretera, para establecer una comparación entre estos datos y determinar con base a esto la vida útil restante de la carretera.

2. El análisis del drenaje, procediendo a inspeccionar el sistema del drenaje actual de la Avenida Coronel Miguel Ángel Benett y tomando con especial atención las zonas que en época de lluvia presentan deficiencia en su funcionamiento.

3. Evaluación de la Condición del Pavimento, consistiendo en el levantamiento de datos sobre los daños superficiales de la capa de rodadura, para definir en un valor cuantitativo la condición actual de la carretera de pavimento rígido.

1.3 OBJETIVOS

✓ 1.3.1 OBJETIVO GENERAL:

Auscultar y evaluar funcionalmente la carretera “Avenida Coronel Miguel Ángel Benett” como modelo para pavimentos rígidos en la ciudad de San Miguel, El Salvador.

✓ 1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Definir el índice de condición del pavimento (PCI) de la Avenida Coronel Miguel Ángel Benett.
- Plantear la condición general del sistema de drenaje existente.
- Determinar las cargas de tránsito (ESAL's) actuales y futuras de la Avenida Coronel Miguel Ángel Benett.
- Aplicar evaluación de gestión de riesgos.
- Evaluar condiciones y hacer una propuesta de señalización.

1.4 ALCANCES

- La investigación se hará realizando la evaluación funcional de la carretera con pavimento rígido donde se detallarán los daños que presenta la avenida Coronel Miguel Ángel Benett.
- La investigación se hará evaluando todas las losas en la avenida Coronel Miguel Ángel Benett.
- En la evaluación se considerará la longitud total de 1.725 kilómetros de la carretera.
- Generar un precedente o punto de partida para futuras investigaciones referentes a la elaboración de planes de mantenimiento de carreteras construidas con concreto hidráulico.
- La obtención de la vida remanente para la Avenida Coronel Miguel Ángel Benett.

1.5 LIMITACIONES

- Los estudios de campo necesarios para la investigación se realizarán en horas determinadas según el flujo vehicular, esto debido a que no se puede interrumpir el tránsito al ser una arteria principal de la ciudad de San Miguel.
- La evaluación estructural de la carretera no se realizará dada la falta de equipo (Deflector de Impacto FWD)
- Antecedentes de estudios anteriores realizados sobre estas condiciones de carreteras de pavimentos rígidos en la ciudad de San Miguel no se encuentran ninguna información.
- La carpeta de diseño de la Av. Coronel Miguel Ángel Benett carece de información necesaria para el análisis tales como:
 - Tránsito
 - Levantamiento topográfico
 - Diseño del pavimento
 - Drenaje

CAPITULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1 MARCO CONCEPTUAL

AUSCULTAR:

Conjunto de operaciones (medidas, tratamiento de las lecturas, análisis e interpretación) cuyo objeto es medir, con la mayor precisión, los diversos deterioros superficiales de pavimentos de manera que se pueda evaluar su comportamiento.

EL PAVIMENTO RÍGIDO:

Es aquel que se compone de losas de concreto hidráulico que en algunas ocasiones presenta un armado de acero, su periodo de vida varía entre 20 años; el mantenimiento que requiere es mínimo y solo se efectúa (comúnmente) en las juntas de las losas.

CONCRETO HIDRÁULICO SIMPLE:

No contiene armadura en la losa y el espaciamiento entre juntas es pequeño (entre 2.50 a 4.50 metros ó 8 a 15 pies). Las juntas pueden o no tener dispositivos de transferencia de cargas (dovelas).

CONCRETO HIDRÁULICO REFORZADO:

Tienen espaciamientos mayores entre juntas (entre 6.10 y 36.60 metros ó 20 a 120 pies) y llevan armadura distribuida en la losa a efecto de controlar y mantener cerradas las fisuras de contracción.

CONCRETO HIDRÁULICO REFORZADO CONTINUO:

Tiene armadura continua longitudinal y no tiene juntas transversales, excepto juntas de construcción. La armadura transversal es opcional en este caso. Estos pavimentos tienen más armadura que las juntas armadas y el objetivo de esta armadura es mantener un espaciamiento adecuado entre fisuras y que éstas permanezcan cerradas.

EL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD DE UN PAVIMENTO:

Es el valor que indica el grado de confort que tiene la superficie para el desplazamiento natural y normal de un vehículo; en otras palabras, un pavimento en perfecto estado se le asigna un valor de serviciabilidad inicial que depende del diseño del pavimento y de la calidad de la construcción, de 5 (Perfecto); y un pavimento en franco deterioro o con un índice de serviciabilidad final que depende de la categoría del camino y se adopta en base a esto y al criterio del proyectista, con un valor de 0 (Pésimas condiciones).

IRI:

Es un indicador de la irregularidad superficial de un pavimento, representa la diferencia entre el perfil longitudinal teórico (recta o parábola continua perfecta, $IRI = 0$) y el perfil longitudinal real existente cuando se efectúa la medición.

MACROTEXTURA:

Su rol es facilitar el rápido drenaje del agua existente en la superficie del pavimento se divide en: profunda, media y lisa.

MICROTEXTRURA:

En los pavimentos rígidos está definida básicamente por las características superficiales del mortero y en los flexibles principalmente por las características del agregado de granulometría fina.

CAPACIDAD DE CARGA DEL TERRENO:

Es la resistencia admisible del suelo sobre el cual se desplantará la obra, considerando factores de seguridad apropiados al análisis que se efectúa.

CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA DEL TERRENO:

Es la presión requerida para producir la falla del terreno, sin considerar factores de seguridad.

CARRETERA:

Camino para el tránsito de vehículos motorizados, de por lo menos dos ejes, con características geométricas definidas de acuerdo a las normas técnicas vigentes en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

CARRETERA NO PAVIMENTADA:

Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por gravas o afirmado, suelos estabilizados o terreno natural.

CARRETERA PAVIMENTADA:

Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por mezcla bituminosa (flexible) o de concreto Portland (rígida).

CARRIL:

Parte de la calzada destinada a la circulación de una fila de vehículos en un mismo sentido de tránsito.

CEMENTO PORTLAND:

Es un producto obtenido por la pulverización del clínker con la adición eventual de yeso natural.

CERTIFICADO DE CONTROL DE CALIDAD:

Documento que permite conocer los resultados de ensayos de laboratorio o de campo, durante el proceso constructivo de una carretera.

CUNETAS:

Canales abiertos construidos lateralmente a lo largo de la carretera, con el propósito de conducir los escurrimientos superficiales y sub-superficiales procedentes de la plataforma vial, taludes y áreas adyacentes a fin de proteger la estructura del pavimento.

CURVA HORIZONTAL:

Curva circular que une los tramos rectos de una carretera en el plano horizontal.

DESINTEGRACIÓN:

Separación progresiva de partículas de agregado en el pavimento, desde la superficie hacia abajo o desde los bordes hacia el interior. La desintegración puede ser causada por falta de compactación, construcción de una capa muy delgada en periodos fríos, agregado sucio o desintegrable, muy poco asfalto en la mezcla, o sobrecalentamiento de la mezcla asfáltica.

INFRAESTRUCTURA VIAL PÚBLICA:

Todo camino, arteria, calle o vía férrea, incluidas sus obras complementarias, de carácter rural o urbano de dominio y uso público.

MANTENIMIENTO PERIÓDICO:

Conjunto de actividades programables cada cierto periodo, que se realizan en las vías para conservar sus niveles de servicio. Estas actividades pueden ser manuales o mecánicas y están referidas principalmente a: i) reposición de capas de rodadura, colocación de capas nivelantes y sello, ii) reparación o reconstrucción puntual de capas inferiores del pavimento, iii) reparación o reconstrucción puntual de túneles, muros, obras de drenaje, elementos de seguridad vial y señalización, iv) reparación o reconstrucción puntual de la plataforma de carretera y v) reparación o reconstrucción puntual de los componentes de los puentes tanto de la superestructura como de la subestructura.

MANTENIMIENTO RUTINARIO:

Conjunto de actividades que se realizan en las vías con carácter permanente para conservar sus niveles de servicio. Estas actividades pueden ser manuales o mecánicas y están referidas principalmente a labores de limpieza, bacheo, perfilado, roce, eliminación de derrumbes de pequeña magnitud; así como, limpieza o reparación de juntas de dilatación, elementos de apoyo, pintura y drenaje en la superestructura y subestructura de los puentes.

MANTENIMIENTO VIAL:

Conjunto de actividades técnicas destinadas a preservar en forma continua y sostenida el buen estado de la infraestructura vial, de modo que se garantice un servicio óptimo al usuario, puede ser de naturaleza rutinaria o periódica.

2.2 MARCO TEORICO

✓ 2.2.1 REHABILITACIÓN

Respecto a las consideraciones estructurales que se utilizan para el diseño de sobre capas o recarpeteos de pavimentos en uso, cada país mostró un distinto procedimiento.

¹En Costa Rica consideran los siguientes parámetros: Evaluación Defléctometría, Composición de la estructura de pavimento, CBR de la Subrasante, Características de las capas existentes y Capacidad Residual del Pavimento.

En El Salvador las consideraciones planteadas, son el producto de los trabajos efectuados por la sección de geotécnica y de pruebas no destructivas (viga Benkelman, prueba de impacto, etc.), con la intención de definir la capacidad portante de cada una de las capas.

En Guatemala se realizan los diseños para el recateo de tramos carreteros, por medio del Sistema de Administración de Mantenimiento Integral (SAMI), que recomienda las políticas respecto a las labores de mantenimiento rutinario y periódico.

¹Pág. 7. Cap. 1. Condiciones actuales de los pavimento en Centroamérica, Manual Centroamericano para Diseño de Pavimento, Noviembre 2,002, Guatemala.

En Honduras utilizan el método de las deflexiones. Este método consiste básicamente en determinar el espesor del refuerzo requerido, para reducir la deflexión representativa o evaluada, a niveles admisibles o tolerables para el tráfico esperado en el período de diseño.

Nicaragua por su parte, no ha realizado trabajos de este tipo, únicamente sellos de 3 centímetros de espesor. Básicamente lo utilizan para evitar filtraciones de agua a la estructura de pavimento existente.

En caso de pavimentos reconstruidos o rehabilitados, todos los países coinciden en que utilizan los mismos criterios para los trabajos de recarpeteado mencionados en párrafos anteriores.

El método de la prueba de deflexión por peso (Fillingo Wright Deflectometer, FWD) es utilizado en Centroamérica, aunque su uso tiene distintas fechas de inicio. En Costa Rica y El Salvador, se ha iniciado recientemente la utilización de este método para su diseño de pavimentos.

En el caso de Costa Rica todavía prevalece el uso de la viga Benkelman. En Guatemala, se utiliza dicho método para el diseño de pavimentos. Honduras no lo utiliza, solo usan la viga Benkelman y un camión cargado con 8,200 kg para evaluar las deflexiones en el pavimento. Nicaragua utiliza únicamente la viga Benkelman para conocer la capacidad estructural necesaria para soportar sellos asfálticos sin que se reflejen daños a la estructura.

Con relación a que, si el método FWD se lleva para tener registros del comportamiento de los pavimentos, se pudo observar que la mayoría de estos controles lo ejercen empresas privadas, aunque los países que están implementando sistemas de administración de pavimentos, esperan que estos contratos lleven estos registros y poder tener mayor información en el futuro.

✓ 2.2.2 MANTENIMIENTO

En lo que coinciden todos los países, es que el mantenimiento rutinario y periódico prolonga sustancialmente la vida útil de los pavimentos, sin importar el tipo de rodadura que posea; sin embargo, se comenta que, en algunos casos, las actividades de mantenimiento no son sostenibles y muchas veces se realizan únicamente de manera reactiva, al haber fallas que ocasionan daño a los usuarios.

En general, en muchas carreteras, el mantenimiento rutinario sirve únicamente para mantener habilitada la ruta sin baches, aunque con un alto grado de incomodidad en la conducción, dado lo avanzado del deterioro que algunas vías presentan.

✓ 2.2.3 ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

Elementos que integran el pavimento rígido

a) Subrasante

Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño.

El espesor de pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la subrasante, por lo que ésta debe cumplir con los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad, por consiguiente, el diseño de un pavimento es esencialmente el ajuste de la carga de diseño por rueda a la capacidad de la subrasante.

b) Sub-base

Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, de tal manera que la capa de subrasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la sub-base. La sub-base debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento.

c) Superficie de rodadura

Es la capa superior de la estructura de pavimento, construida con concreto hidráulico, por lo que, debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, basan su capacidad portante en la losa, más que en la capacidad de la subrasante, dado que no usan capa de base. En general, se puede indicar que el concreto hidráulico distribuye mejor las cargas hacia la estructura de pavimento.

✓ 2.2.4 TIPOS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS

▪ Concreto hidráulico simple

No contiene armadura en la losa y el espaciamiento entre juntas es pequeño (entre 2.50 a 4.50 metros o 8 a 15 pies). Las juntas pueden o no tener dispositivos de transferencia de cargas (dovelas).

▪ Concreto hidráulico reforzado

Tienen espaciamientos mayores entre juntas (entre 6.10 y 36.60 metros o 20 a 120 pies) y llevan armadura distribuida en la losa a efecto de controlar y mantener cerradas las fisuras de contracción.

▪ Concreto hidráulico reforzado continuo

Tiene armadura continua longitudinal y no tiene juntas transversales, excepto juntas de construcción. La armadura transversal es opcional en este caso. Estos pavimentos tienen

más armadura que las juntas armadas y el objetivo de esta armadura es mantener un espaciamiento adecuado entre fisuras y que éstas permanezcan cerradas.

2.4 DRENAJE

La humedad es una característica muy especial de los pavimentos, ya que ésta reviste gran importancia sobre las propiedades de los materiales que forman la estructura de un pavimento y sobre el comportamiento de los mismos.

El drenaje de agua en los pavimentos, debe ser considerado como parte importante en el diseño de carreteras. El exceso de agua combinado con el incremento de volúmenes de tránsito y cargas, se anticipan con el tiempo para ocasionar daño a las estructuras de pavimento.

Definición de drenaje en pavimentos

El agua penetra dentro de la estructura del pavimento por muchos medios, tales como grietas, juntas o infiltraciones del pavimento o como corriente subterránea de un acuífero interrumpido, elevando el nivel freático o como fuente localizada (sin drene, atrapada, etc.).

Efectos del agua sobre el pavimento:

Los efectos de esta agua (cuando está atrapada dentro de la estructura) sobre el pavimento son los siguientes:

- ✓ Obligadamente reduce la resistencia de los materiales granulares.

- ✓ Reduce la resistencia de los suelos de la subrasante cuando ésta se satura y permanece en similares condiciones durante largos períodos.
- ✓ Succiona los suelos de apoyo de los pavimentos de concreto con las consiguientes fallas, grietas y el deterioro de hombros.
- ✓ Succiona los finos de los agregados de las bases que están bajo los pavimentos flexibles, haciendo que las partículas de suelo se desplacen con los resultados de pérdida de soporte por la erosión provocada.
- ✓ Con menor frecuencia, se suceden problemas de agua incluida y atrapada, pero no se limitan a ello, tales como:
 - ✓ Degradación de la calidad del material del pavimento por efecto de la humedad, creando desvestimiento de las partículas del mismo.
 - ✓ Los diferenciales que se producen con el desplazamiento dado por el hinchamiento de los suelos.
 - ✓ Por la expansión y contracción debida al congelamiento de los suelos.

2.5 ANÁLISIS DE TRÁNSITO

El método o técnica más utilizada en Centroamérica para el diseño de estructuras de pavimento con capas finales de rodadura tanto asfálticas como de concreto hidráulico, siempre se refiere a la AASHTO; en este método la información requerida en las ecuaciones de diseño incluye: la carga por eje, la configuración del mismo, así como el número de aplicaciones o paso de este eje sobre la superficie de pavimento.

Los pavimentos se diseñan en función del efecto del daño que produce el paso de un eje con una carga y para que resistan un determinado número de cargas aplicadas durante su vida útil. Un tránsito mixto está compuesto de vehículos de diferente peso y número de ejes y que para efectos de cálculo se les transforma en un número de ejes equivalentes de 80 kN o 18 kips, por lo que se les denominará “Equivalente simple axial load” o ESAL (ejes equivalentes).

Volúmenes de tránsito

Para el diseño de estructuras de pavimento es necesario conocer el número de vehículos que pasan por un punto dado. Para el efecto se realizan estudios de volúmenes de tránsito, los cuales pueden variar desde los más amplios en un sistema de caminos, hasta el recuento en lugares específicos tales como: puentes, túneles o intersecciones de carreteras.

Estos aforos se realizan con el objeto de: determinar la composición y volumen de tránsito en un sistema de carreteras, determinar el número de vehículos que transitan en cierta zona o que circulan dentro de ella.

- Evaluar índices de accidentes.
- Servir de base para la clasificación de caminos.
- Datos útiles para la planeación de rutas y determinación de proyectos geométricos.
- Proyectar sistemas de control de tránsito.
- Elaborar sistemas de mantenimiento.
- Establecer prioridades y técnicas de construcción.
- Determinar el tránsito futuro, etc.

En todo estudio de volúmenes de tránsito es necesario obtener dos datos básicos: el tránsito medio diario general y el tránsito medio diario de camiones. Estos se pueden obtener al efectuar censos o aforos de tránsito en el lugar de la construcción o si es nueva, mediante censos o aforos de tránsito en lugares próximos.

2.6 SERVICIABILIDAD

El índice de serviciabilidad de un pavimento, es el valor que indica el grado de confort que tiene la superficie para el desplazamiento natural y normal de un vehículo; en otra palabras, un pavimento en perfecto estado se le asigna un valor de serviciabilidad inicial que depende del diseño del pavimento y de la calidad de la construcción, de 5

(Perfecto); y un pavimento en franco deterioro o con un índice de serviciabilidad final que depende de la categoría del camino y se adopta en base a esto y al criterio del proyectista, con un valor de 0 (Pésimas condiciones).

A la diferencia entre estos dos valores se le conoce como la pérdida de serviciabilidad (Δ PSI) o sea el índice de serviciabilidad presente (Presenta Serviciability Index), Los valores que se recomiendan dependiendo del tipo de pavimento son los siguientes:

Índice de serviciabilidad inicial:

$P_o = 4.5$ para pavimentos rígidos

$P_o = 4.2$ para pavimentos flexibles

Índice de serviciabilidad final:

$P_t = 2.5$ o más para caminos muy importantes

$P_t = 2.0$ para caminos de tránsito menor

El índice de serviciabilidad de un pavimento, es un valor de apreciación con el cual se valúan las condiciones de deterioro o confort de la superficie de rodadura de un pavimento; actualmente para medir este deterioro se utiliza el IRI, Índice Internacional de Rugosidad (International Roughness Index).

Para lo cual se utiliza un equipo sofisticado montado en un vehículo, el que, al pasar sobre la superficie de una carretera, va midiendo los altibajos y los suma, por lo que al final se

obtiene un valor acumulado en metros por kilómetro (m/km) o pulgada por milla (plg/milla).

Para correlacionar el Índice de Serviciabilidad y el IRI, se utiliza la siguiente fórmula

$$PSI = 5 * e^{-0.0041 * IRI}$$

Ecuación 1 (Índice de Serviciabilidad)

En donde:

PSI = Índice de Serviciabilidad

IRI = Índice de Regularidad Internacional

e = 2.71828183 (base de los logaritmos neperianos)

Se debe tomar en cuenta, que en esta fórmula y con estos valores, las unidades que se obtienen son pulgadas por millas (plg/milla).

2.7 ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI)

Es un parámetro que se utiliza en firmas, para determinar su regularidad y la comodidad en la conducción. Aunque la transcripción exacta del término *roughness* es "rugosidad", se ha adoptado "regularidad" como un calificativo más adecuado a la hora de definir el IRI.

Para su determinación, los agentes especializados del Banco Mundial, desarrollaron un tipo de mecanismo denominado "Quarter Car" que simula la cuarta parte de un vehículo para

poder de esta manera conocer el IRI de las carreteras, este dispositivo incluía los siguientes componentes:

El concepto de IRI se materializa con la representación de un modelo matemático que simula el movimiento de la suspensión acumulada por un vehículo circulando a una velocidad determinada de 80 km/h sobre una longitud del perfil de la superficie de una carretera. Expresando los resultados en m/km ó dm/hm.

Cuando se efectúa el recorrido por una carretera a una velocidad constante de 80 km/h las irregularidades en el perfil longitudinal son perceptibles, las masas se mueven verticalmente, y para una combinación estándar de valores de las constantes de los muelles, masas y amortiguador, el movimiento vertical relativo acumulado de la masa superior (que simula el asiento del conductor), al recorrer el modelo una longitud determinada de carretera, es lo que se conoce como IRI.

2.8 ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

El Índice de Condición del Pavimento (PCI, por su sigla en inglés, Pavement Condition Index) se constituye en la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, flexibles y rígidos, dentro de los modelos de Gestión Vial disponibles en la actualidad. La metodología es de fácil implementación y no requiere

de herramientas especializadas. El deterioro de la estructura de pavimento es una función de la clase de daño, su severidad y cantidad o densidad del mismo.

²**Tabla 1: Rangos de calificación del PCI.**

Rango	Clasificación
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy malo
10 – 0	Fallado

El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. En el siguiente cuadro se presentan los rangos de PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecen **CLASE, SEVERIDAD y CANTIDAD** de cada

² Pag2, Universidad de Colombia, (2002). Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras, Colombia:

daño presenta. El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie. La información de los daños obtenida como parte del inventario ofrece una percepción clara de las causas de los daños y su relación con las cargas o con el clima.

2.9 LA DEFLÉCTOMETRIA DE IMPACTO (FWD)

Es una técnica que se está aplicando, desde hace aproximadamente algunos años, se ha usado principalmente en la prospección de pavimentos existentes con capas de rodadura tanto asfáltica como de hormigón. Esta técnica permite estimar, mediante retro análisis, tanto la capacidad de soporte del suelo de fundación como la capacidad estructural del pavimento. En particular, para los pavimentos flexibles, es posible estimar el módulo resiliente del suelo de fundación, el módulo de la base granular y el módulo de la mezcla asfáltica

La principal aportación del Defléctometro de impacto frente a los equipos clásicos de Defléctometria es el análisis de la capacidad de soporte mediante el cálculo inverso de los módulos de rigidez de las capas de un pavimento a partir de los cuencos de deflexión registrados. También se utiliza el Defléctometro de impacto para aplicaciones específicas de pavimentos rígidos, tales como el análisis de la transferencia de carga en juntas o la detección de huecos bajo las losas.

2.10 VOLUMEN DE TRÁNSITO

Se define volumen de tránsito, como el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados, de un carril o de una calzada, durante un periodo determinado.

En un volumen de tránsito se necesita evaluar: tránsito anual, tránsito mensual, tránsito semanal, tránsito diario, tránsito horario, tasa de flujo.

El flujo se define como el número total de vehículos que pasan durante un periodo inferior a una hora. $T < 1$ hora.

Se expresa como:

$$Q = \frac{N}{T}$$

Ecuación 2 (vehículos que pasan por unidad de tiempo)

Donde;

Q = vehículos que pasan por unidad de tiempo (vehículos/periodo)

N = número total de vehículos que pasan (vehículos)

T = periodo determinado (unidades de tiempo)

✓ **2.10.1 VOLÚMENES DE TRÁNSITO ABSOLUTOS O TOTALES**

Es el número total de vehículos que pasan durante el lapso de tiempo determinado.

Dependiendo de la duración del lapso de tiempo determinado, se tienen los siguientes volúmenes de tránsito absolutos o totales:

Tabla 2: Volúmenes de tránsito totales y absolutos en lapsos de tiempos determinados.

Volúmenes De Tránsito Totales O Absolutos	Simbología	Lapso De Tiempo (T)
Tránsito anual	TA	1 año
Tránsito mensual	TM	1 mes
Tránsito semanal	TS	1 semana
Tránsito diario	TD	1 día
Tránsito horario	TH	1 hora
Tasa de flujo o flujo	Q	< 1 hora

En todos los casos anteriores, los periodos especificados, un año, un mes, una semana, un día, una hora y menos de una hora, no necesariamente son de orden cronológico.

Por lo tanto, pueden ser 365 días seguidos, 30 días seguidos, 7 días seguidos, 24 horas seguidas, 60 minutos seguidos y periodos en minutos seguidos inferiores a una hora.

✓ 2.10.2 VOLÚMENES DE TRÁNSITO PROMEDIO DIARIOS

Se define el volumen de tránsito promedio diario (TPD), como el número total de vehículos que pasan durante un periodo dado (en días completos) igual o menor a un año y mayor que un día, dividido entre el número de días del periodo. De acuerdo al número de días de este periodo, se presentan los siguientes volúmenes de tránsito promedio diario, dados en vehículos por día:

Tránsito promedio diario anual (TPDA)

$$TPDA = \frac{TA}{365}$$

Ecuación 3 (Tránsito promedio diario anual)

Tránsito promedio diario mensual (TPDM)

$$TPDM = \frac{TM}{30}$$

Ecuación 4 (Tránsito promedio diario mensual)

Tránsito promedio diario semanal (TPDS)

$$TPDS = \frac{TS}{7}$$

Ecuación 5 (Tránsito promedio diario semanal)

✓ 2.10.3 VOLÚMENES DE TRANSITO PROMEDIO DIARIOS

Con base en la hora seleccionada, se definen los siguientes volúmenes de tránsito horarios, dados en vehículos por hora:

Volumen horario máximo anual (VHMA)

Es el máximo volumen horario que ocurre en un punto o sección de un carril o de una calzada durante un año determinado. En otras palabras, es la hora de mayor volumen de las 8-760 horas del año.

Volumen horario de máxima demanda (VHMD)

Es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección de un carril o de una calzada durante 60 minutos consecutivos. Es el representativo de los periodos de máxima demanda que se pueden presentar durante un día en particular.

Volumen horario-décimo, vigésimo, trigésimo-anual (10VH, 20VH, 30VH)

Es el volumen horario que ocurre en un punto o sección de un carril o de una calzada durante un año determinado, que es excedido por 9, 19 y 29 volúmenes horarios, respectivamente. También se le denomina volumen horario de la 10ma, 20ava y 30ava hora de máximo volumen.

Volumen horario de proyecto (VHP)

Es el volumen de tránsito horario que servirá para determinar las características geométricas de la vialidad. Fundamentalmente se proyecta con un volumen horario pronosticado. No se trata de considerar el máximo número de vehículos por hora que se puede presentar dentro de un año, ya que exigiría inversiones demasiado cuantiosas, sino un volumen horario que se pueda dar un número máximo de veces en el año, previa convención al respecto.

Uso De Los Volúmenes De Transito

De una manera general, los datos sobre volúmenes de tránsito se utilizan ampliamente en los siguientes campos:

➤ **Planeación**

- Clasificación sistemática de redes de carreteras.
- Estimación de los cambios anuales en los volúmenes de tránsito.
- Modelos de asignación y distribución de tránsito.
- Desarrollo de programas de mantenimiento, mejoras y prioridades.
- Análisis económicos.
- Estimaciones de la calidad del aire.
- Estimaciones del consumo de combustibles.

➤ **Proyecto**

- Aplicación a normas de proyecto geométrico.
- Requerimientos de nuevas carreteras.
- Análisis estructural de superficies de rodamiento.

➤ **Ingeniería de tránsito**

- Análisis de capacidad y niveles de servicio en todo tipo de vialidades.
- Caracterización de flujos vehiculares.
- Zonificación de velocidades.
- Necesidad de dispositivos para el control del tránsito.
- Estudio de estacionamientos.

➤ **Seguridad**

- Cálculo de índices de accidentes y mortalidad. O Evaluación de mejoras por seguridad.

➤ **Investigación**

- Nuevas metodologías sobre capacidad.
- Análisis e investigación en el campo de los accidentes y la seguridad.
- Estudio sobre ayudas, programas o dispositivos para el cumplimiento de las normas de tránsito.
- Estudios de antes y después.
- Estudios sobre el medio ambiente y la energía.

➤ **Usos comerciales**

- Hoteles y restaurantes.
- Urbanismo.
- Autoservicios.
- Actividades recreacionales y deportivas.

Específicamente, dependiendo de la unidad de tiempo en que se expresen los volúmenes de tránsito, éstos se utilizan para:

1. Los volúmenes de tránsito anual (TA)

Determinar los patrones de viaje sobre áreas geográficas.

Estimar los gastos esperados de los usuarios de las carreteras.

Calcular índices de accidentes.

Indicar las variaciones y tendencias de los volúmenes de tránsito, especialmente en carreteras de cuota.

2. Los volúmenes de tránsito promedio diario (TPD)

Medir la demanda actual en calles y carreteras.

Evaluar los flujos de tránsito actuales con respecto al sistema vial.

Definir el sistema arterial de calles.

Localizar áreas donde se necesite construir nuevas vialidades o mejorar las existentes.

Programar mejoras capitales.

3. Los volúmenes de tránsito horario (TH)

Determinar la longitud y magnitud de los periodos de máxima demanda.

Evaluar deficiencias de capacidad.

Establecer controles en el tránsito, como: colocación de señales, semáforos y marcas viales; jerarquización de calles, sentidos de circulación y rutas de tránsito; y prohibición de estacionamiento, paradas y maniobras de vueltas.

Proyectar y rediseñar geométricamente calles e intersecciones.

4. Las tasas de flujo (q)

Analizar flujos máximos.

Analizar variaciones del flujo dentro de las horas de máxima demanda.

Analizar limitaciones de capacidad en el flujo de tránsito.

Analizar las características de los volúmenes máximos.

Características De Los Volúmenes De Tránsito

Los volúmenes de tránsito siempre deben ser considerados como dinámicos, por lo que solamente son precisos para el periodo de duración de los aforos. Sin embargo, debido a que sus variaciones son generalmente rítmicas y repetitivas, es importante tener un conocimiento de sus características, para así programar aforos, relacionar volúmenes en un tiempo, y lugar con volúmenes de otro tiempo y lugar, y prever con la debida anticipación la actuación de las fuerzas dedicadas al control del tránsito y labor preventiva, así como las de conservación.

Variación del volumen de tránsito en la hora máxima determinada

En zonas urbanas, la variación de los volúmenes de tránsito dentro de una misma hora de máxima demanda, para una calle o intersección específica, puede llegar a ser repetitiva y consistente durante varios días de la semana. Sin embargo, puede ser bastante diferente de un tipo de calle o intersección a otro, para el mismo periodo máximo.

En cualquiera de estos casos, es importante conocer la variación del volumen dentro de las horas de máxima demanda y cuantificar la duración de los flujos máximos, para así realizar la planeación de los controles del tránsito para estos periodos durante el día, tales como prohibición de estacionamientos, prohibición de ciertos movimientos de vuelta y disposición de los tiempos de los semáforos.

Un volumen horario de máxima demanda, a menos que tenga una distribución uniforme, no necesariamente significa que el flujo sea constante durante toda la hora. Esto significa que existen periodos cortos dentro de la hora con tasas de flujo muchos mayores a las de la hora misma.

Para la hora de máxima demanda, se llama factor de la hora de máxima demanda, FHMD, a la relación entre el volumen horario de máxima demanda, VHMD, y el flujo máximo, $q_{m\acute{a}x}$, que se presenta durante un periodo dado dentro de dicha hora. Matemáticamente se expresa como:

$$FHMD = \frac{VHMD}{N(q_{m\acute{a}x})}$$

Ecuación 6 (factor de la hora de máxima demanda)

Donde:

N = número de periodos durante la hora de máxima demanda

Los periodos dentro de la hora de máxima demanda pueden ser de 5, 10 ó 15 minutos, utilizándose éste último con mayor frecuencia, en cuyo caso el factor de la hora de máxima demanda es:

$$FHMD = \frac{VHMD}{4(q_{m\acute{a}x})}$$

Para periodos de 5 minutos, el factor de la hora de máxima demanda es:

$$FHMD = \frac{VHMD}{12(q_{m\acute{a}x})}$$

El factor de la hora de máxima demanda es un indicador de las características del flujo de tránsito en periodos máximos. Indica la forma como están distribuidos los flujos máximos dentro de la hora. Su mayor valor es la unidad, lo que significa que existe una distribución uniforme de flujos máximos durante toda la hora. Valores bastante menores que la unidad indican concentraciones de flujos máximos en periodos cortos dentro de la hora.

Variación horaria del tiempo

Las variaciones de los volúmenes de tránsito a lo largo de las horas del día, dependen del tipo de ruta, según las actividades que prevalezcan en ella, puesto que hay rutas de tipo turístico, agrícola, comercial, etc.

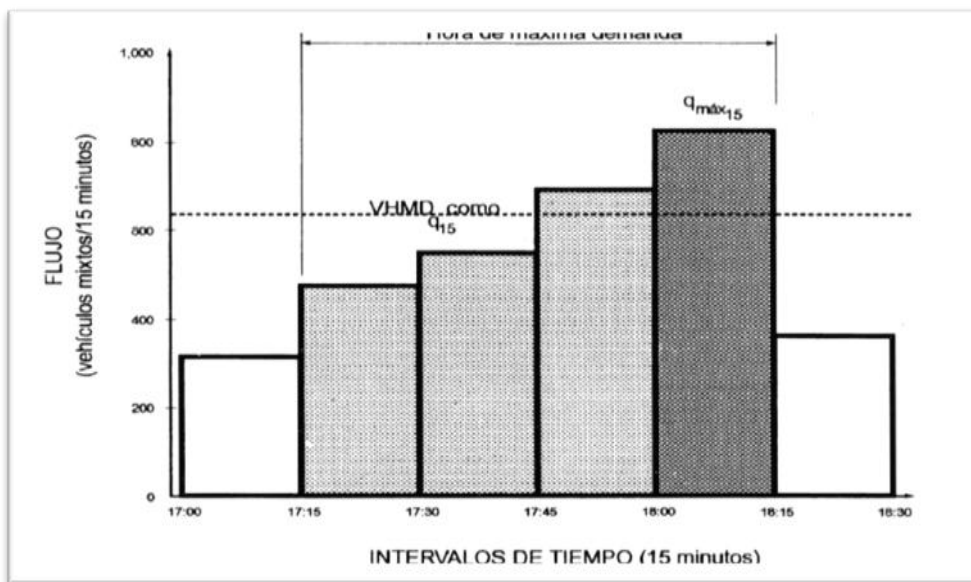


Gráfico 1: Variación del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda.

En zonas agrícolas las variaciones horarias dentro de la época de cosecha son extraordinarias; puede ser que en ciertas horas de la noche no haya absolutamente ningún vehículo y, sin embargo, a determinadas horas del día hay tal cantidad de vehículos que pueden llegar a saturar, por ejemplo, una carretera de dos carriles.

En el caso de una carretera de tipo turístico, durante los días entre semana existe un tránsito más o menos normal a lo largo de todas las horas, pero los sábados y domingos puede llegar a volúmenes sumamente altos, encontrándose varias horas del día con demandas máximas. El día sábado, de las 8 de la mañana a las 11 o 12 el volumen horario es muy grande, en la tarde baja y ya en la noche es bastante pequeño. El domingo, en la mañana presenta volúmenes horarios medianos, y en la tarde máximos en las horas del regreso a la ciudad, ocurriendo largas filas de automóviles.

2.11 GESTIÓN DE RIESGOS EN CARRETERAS

Contribuir a la disminución de pérdidas de la infraestructura, y de accidentes de tránsito a lo largo de la red vial de Centroamérica con la introducción de los temas de Gestión de Riesgos y Seguridad Vial con un enfoque preventivo.

Proyectar y construir obras con el menor costo posible que cumplan con los objetivos para los cuales se concibieron. “La elección de la ruta es la responsabilidad más importante del diseñador pues los errores que se cometen en las etapas subsecuentes se corrigen de una manera más fácil y económica que una falla en el proceso de elección de ruta que en general consiste en varios ciclos de reuniones, reconocimientos, informes y estudios. En la elección de la ruta los trabajos son interdisciplinarios ya que intervienen profesionales de diferentes ramas de la ingeniería y especialistas.” (Ing. Fernando Olivera)

El diseño se puede referir a los requerimientos para la ampliación, reconstrucción y rediseño de una ruta existente o una nueva; pero dependiendo de la magnitud e importancia del proyecto así será el requerimiento de apoyarse en los estudios que deben realizar los otros especialistas que le permitan adquirir una visión amplia y criterios para un mejor diseño.

Las áreas más importantes pueden resumirse en:

- Medio Ambiente (clima, accidentes geográficos, sismos y otros)
- Vehículos (de diseño o no)

- Personas (peatones y conductores)
- Líneas Vitales (agua, drenajes, electricidad, comunicaciones y otros)

La Gestión De Riesgo En El Diseño Geométrico De Carreteras

A continuación, se presentarán descripciones generales para definir y reducir el riesgo en carreteras.

➤ Riesgo en el Diseño del Drenaje Superficial



Figura 3: Estado del drenaje superficial de la carretera.

Fuente: Propia.

Uno de los elementos que causa mayores problemas a las carreteras y caminos es el agua, pues en general disminuye la resistencia de los suelos, presentándose fallas en terraplenes, cortes y superficies de rodamiento. Debido a lo anterior es obligado construir drenajes eficientes que alejen el agua en el menor tiempo del proyecto. El buen drenaje es el alma de las carreteras.

Los drenajes son obras artificiales que captan, conducen y alejan el agua de la carretera que le pueda causar problemas al conductor.

Las carreteras o caminos que no cuentan con revestimiento superficial impermeable y en los cuales los materiales están expuestos al ataque del agua requieren estudios cuidadosos del drenaje con la finalidad de que las obras cumplan con sus objetivos.

El agua al caer sobre la superficie del suelo tiene varios destinos, a) se infiltra en el suelo, b) se evapora, c) se une y forma pequeña corrientes formando arroyos.

Se debe tomar en cuenta que con la construcción de una carretera se altera una cuenca y las condiciones del escurrimiento que la ruta atravesará lo cual puede causar problemas como erosiones o inundaciones.

³El drenaje artificial se clasifica en artificial y subterráneo, dependiendo de si el agua escurre o no por las capas de la corteza terrestre. El drenaje superficial se considera longitudinal o transversal según su posición con respecto al eje de la carretera.

Los técnicos también utilizan el término de Drenaje Longitudinal el cual tiene por objeto captar los escurrimientos para evitar que lleguen a la carretera o que permanezcan en él.

Dentro de este tipo de drenaje se tienen:

- Cunetas

³ Instituto Nacional de Vías, (2002) Anexo D de la "Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras", Bogotá, Colombia

- Contra cunetas
- Bordillos
- Canales de encauzamiento
- Tragantes y cajas receptoras
- Subdrenajes

El drenaje transversal da paso de un lado a otro de la carretera o retira el agua de la corona, dentro de estos se tienen:

- Tubos
- Bóvedas
- Vados sifones
- Bombeo de la corona
- Puentes
- Cajones
- Losas

CAPITULO III
METODOLOGIA

3.1 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

La finalidad de la metodología para recolectar la información directamente del lugar de estudio y definir los componentes del problema desde este sitio se considera una investigación de tipo exploratorio; además, investigar y obtener una idea clara y definida de la magnitud del problema que servirán para la estructuración de medidas y estrategias operativas, aplicado a pavimentos rígidos en la ciudad de San Miguel tomando como modelo la avenida Coronel Miguel Ángel Bennett, consideramos una investigación de tipo descriptiva.

Dentro de los tipos de investigación definidas para este tema de investigación cabe recalcar el punto importante referido a que el tema debe de ser de relevancia, poco estudiado o no abordado. Como ya se mencionó antes, el tema es de suma importancia, poco estudiado y aplicado a otras zonas del país, no en lo referente para la zona de la ciudad de San Miguel, el cual es propósito de la presente investigación.

En resumen, el procedimiento de la investigación consiste en la identificación de los elementos a considerar para el análisis de las condiciones de una carretera de pavimento rígido pretendiendo, además, que el tema sirva como base para la realización de nuevas investigaciones.

3.2 POBLACIÓN OBJETIVO

El proyecto atraviesa zonas urbanas de la ciudad de San Miguel tales como la colonia Palo Blanco, Colonia Sevilla, Colonia Divina Asunción, Colonia 14 de Julio, Colonia Buenos Aire, Colonia Presita, Urbanización España, Urbanización Escocia, Colonia Quesada, Aldea Infantil SOS.

3.3 PROCEDIMIENTO PARA OBTENER INFORMACIÓN

Tipos de instrumentos: Para la recolección de la información se habrá de hacer uso de un instrumento, el cual es el formulario de la “exploración de la condición superficial por unidades de muestreo”; datos requeridos para la obtención del Índice de Condición del Pavimento según la norma ASTM D6433-11. Para las evaluaciones complementarias tales como drenaje y gestión de riesgos, de igual manera, se hará mediante la inspección directa de la vía en estudio.

Dimensiones de la sección a evaluar longitud total: **1.725 km**

3.4 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN

La recolección de datos para el análisis de este tema consiste en la observación directa y visitas de campo al objeto de estudio (la avenida Coronel Miguel Ángel Bennett), para la inspección de las condiciones del pavimento obteniendo datos, a nivel funcional, de la superficie del mismo verificando los diferentes tipos de daños existentes sobre la capa de rodadura clasificándolos y registrándolos en el formulario correspondiente con sus severidades y densidades para su posterior análisis. Para las evaluaciones complementarias tales como drenaje y gestión de riesgos, la recolección de datos será de manera directa presencial en la zona de estudio.

3.5 ANÁLISIS DE DATOS

Dada la inspección de las condiciones del pavimento en el procedimiento anterior, a nivel funcional de la superficie del mismo, se utiliza una serie de formularios que se basan en las caracterizaciones de los pavimentos identificando el tipo de daño que se presente (Norma ASTM D6433-11.), para posteriormente aplicar el procedimiento descrito en el Manual del PCI, el cual concluye con un resultado cuantitativo que indica el estado funcional de la carretera.

CAPITULO IV

EVALUACION DEL PAVIMENTO RIGIDO

AUSCULTACION VISUAL CONSISTE EN:

FACTORES EVALUADOS	
<p>➤ Antecedentes de la carretera</p>	<p>-Partiendo de la carpeta técnica evaluamos el diseño de la carretera, los diferentes parámetros en tránsito, drenaje y los estudios realizados de suelos.</p>
<p>➤ Índice de Condición del Pavimento (PCI)</p>	<p>-La evaluación de los daños presentes en la carretera a partir de la norma ASTM D6433-11, la cual comprende de la clasificando la severidad de los daños en las losas.</p>
<p>➤ Estudio de Tránsito</p>	<p>-El conteo de vehicular se realizó en dos puntos, el primero en la 30av Sur salida de Metrocentro y el segundo en Ciudad Mujer, partiendo de estos datos se calculó la carga vehicular que está pasando actualmente.</p>
<p>➤ Seguridad Vial</p>	<p>-Comprende la evaluación del drenaje, verificando sus condiciones bajo parámetros como el drenaje superficial, subsuperficial, ambiente hidrogeológico del pavimento,</p>
<p>➤ La Seguridad Vial En El Diseño Geométrico De Carreteras</p>	<p>-Riesgo por Distractores de Propagando y Anuncios en Carretera</p> <p>-Las condiciones de señalización vial en la zona se encuentran en estado insuficiente, por un lado la poca señalización tanto vertical como horizontal y por otro el estado de la señalización existente deteriorada y mal ubicada.</p>

4.1 ANTECEDENTES

➤ ESTUDIO DE SUELOS



Figura 4: Carpeta técnica de la carretera en estudio.

Fuente: Alcaldía Municipal de San Miguel.

Descripción Del Lugar: La antigua a la unión comprende un tramo de próximamente 1820 más de longitud, la cual comienza desde la Estación Fenadesal y termina por la gasolinera Shell palo blanco, San Miguel (ubicación brindada por carpeta técnica). Para el año de construcción (2002) estaba conformada por balasto, producto de reparaciones pasadas, en espesores variables en toda su longitud.

Según esta detallado en la carpeta técnica, se proyectó la realización de 6 sondeos con una profundidad de 2 mts lineales cada uno, con un equipo de penetración estándar para determinar la capacidad de carga del suelo y obtener muestras representativas de los diferentes estratos que componen el subsuelo y de esta manera clasificarlo y determinar su contenido de humedad.

A continuación, los resultados de los sondeos propuestos por el laboratorio de suelos y materiales según los estudios realizados:

Tabla 3: Prueba de campo: ASTM D-1586 Prueba de penetración estándar SPT.

SONDEO	HUMEDAD MAX %	HUMEDAD MIN %	HUMEDAD PROM %
1	7.8	7.27	7.53
2	18	7.75	12.87
3	7.1	5.3	6.2
4	17.82	12.52	15.17
5	7.97	14.12	16.04
6	8.11	7.21	7.66

ENSAYOS DE LABORATORIO

ASTM D-2487-83 Clasificación de suelos para propósitos de ingeniería.

ASTM D-2488-84 Descripción e identificación de suelos (procedimiento visual-manual)

ASTM D-2216-80 Determinación del contenido de humedad en el laboratorio.

RESULTADOS OBTENIDOS

Estratigrafía: Se identificó un solo tipo de estrato durante la exploración, el cual se detalla a continuación: **Estrato "ML"** Limo inorgánicos de baja plasticidad color café con gravas y arenas.

CONCLUSIONES

No se detectó material orgánico durante la exploración.

No se detectó condiciones de suelo suelto en el lugar.

Todo el tramo estaba conformado con balasto de baja.

El material pudo utilizarse para las conformaciones de las terracerías.

El contenido de humedad del subsuelo estaba en un rango en donde se le puede considerar como ligeramente bajos considerando el tipo de suelo encontrado.

RECOMENDACIONES

Los valores de capacidad de carga admisible del suelo detectado en los sondeos fueron lo suficientemente adecuada para soportar las cargas de tránsito, sin embargo, se propuso garantizar un espesor de base y sub base de al menos 15 cm para la primera y de 10 cm para la segunda.

Como una alternativa, se podría haber realizado una base de 20 cms de espesor estabilizada con cemento con una relación máxima del 5%

Se debió sanear la calle eliminando algunas zonas no detectadas de suelo orgánico o suelo saturado (bolsas).

4.1.2 ANÁLISIS DEL DISEÑO DE PAVIMENTO

Considerando las condiciones existentes para el diseño del tramo de calle donde se desarrolla vía, en la cual se generan cantidades de aguas superficiales en época de invierno y las condiciones topográficas, se consideró el diseñar una estructura que responda

eficientemente a las condiciones adversas existentes. En tal sentido se realizó el estudio del diseño de pavimento con dos alternativas pavimento asfáltico y pavimento hidráulico.

Al hacer el análisis comparativo de ventajas de desempeño de dichas estructuras, durante el periodo de vida de diseño, se determinó que la condición más favorable era la aplicación del diseño del concreto hidráulico. Al realizar el análisis de costo beneficio, del mantenimiento de la vía durante los veinte años se determinó una rentabilidad favorable para el diseño hidráulico. Tomando como base los aspectos descritos con anterioridad, se determinó que la opción más aceptable desde el punto de vista técnico y económico era la aplicación de un pavimento hidráulico.

Con dicho diseño, se estaba optimizando los materiales existentes en la vía, así como garantizando el no deterioro por la influencia de la escorrentía superficial, proporcionándose además un sistema de drenaje optimizado. Se estimó un menor periodo constructivo durante su etapa de ejecución, se garantizaría una transitabilidad segura sin ningún tipo de riesgos.

Diseño Del Pavimento

Tomando en consideración las variables anteriores se realizó el diseño teniendo como base la metodología emplea por la AASHTO, GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES, DEL AÑO 1993, El cual utiliza como soporte el software WinPAS, y por consiguiente, dentro de las especificaciones y recomendaciones de la AMERICAN CONCRETE PAVEMENT ASSOCIATION.

Aunque existen otro método para el cálculo de estructuras de pavimento, basados siempre en antecedentes empíricos, y que hasta la fecha no se ha determinado una ecuación científica para la determinación de los mismos, ya que existen muchas variables involucradas, que dependen de cada proyecto en particular.

Tal como se ha mencionado en el presente caso, se utilizó la metodología propuesta para el diseño del pavimento, en la GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES, DEL AÑO 1993, de la AASHTO, en el cual se hace uso de una serie de variables detalladas a continuación:

Variables Consideradas Para El Cálculo Del Diseño

- Trafico y determinación de las cantidades de ejes equivalentes por año ESAL'S.
- Periodo para el cual se diseña.
- Periodo para el cual se diseña.
- Serviciabilidad
- Confiabilidad
- Desviación estándar de diseño
- Transferencias de carga
- Módulo de ruptura y elasticidad del concreto
- Condiciones de drenaje

Determinación Del Tráfico

La determinación de tráfico, se utilizó el método de conteo directo de los diferentes tipos de vehículos procedentes de la zona de Metrocentro y el otro punto de control en la salida del proyecto a la altura del paso de la línea de Ferrocarril. Del estudio que se realizó se determinó una menor cantidad de tráfico de livianos, de los cuales se retomó los datos identificados por estudios realizados con anterioridad. No así para los vehículos pesados de los cuales se tomó los determinados en los conteos realizados, que son los que tienen mayor incidencia en el diseño de pavimento.

Se estimó una de crecimiento del 3.5%

Los resultados obtenidos se reflejan a continuación:

Tabla 4: Resultados del estudio de tránsito.

Vehículos livianos de pasajeros	1,100
Vehículos livianos de cargas	1,160
Pesados de pasajeros	142
Pesados de carga Tándem	180
Total de trafico promedio diario anual(TPDA)	2,582

Se consideró un factor de distribución direccional de tráfico, expresada como una relación entre las distribuciones de ESAL'S en ambos sentidos de circulación, con los datos anteriores se obtuvo un valor de **ESAL de 4, 585,805.00**

Tomando en consideración el tráfico propio de la vía más el tráfico inducido generado por la mejora, conforme a la sección 2.1.2 parte II de la guía de la AASHTO, se hizo uso de factor de carril de 1 y de factor de sentido igual 0.50, considerando carril por sentido.

Periodo para el cual se diseña

El periodo de diseño es el periodo de tiempo transcurrido, en el cual la estructura nueva se deteriora desde su serviciabilidad inicial hasta su serviciabilidad final, momento en el cual requiere una rehabilitación. La selección de los límites del periodo de diseño está influenciada por factores tales como: la clasificación funcional del pavimento, la percepción del público en cuanto al tiempo que debe durar una obra nueva, los fondos disponibles para la inversión inicial, el ciclo de costos en el periodo de análisis y otras consideraciones de ingeniería.

El periodo de análisis en la mayoría de los casos es el mismo periodo de diseño, el cual se define como el periodo de tiempo definido para fines de evaluación económica para comparación de alternativas.

Por muchos años se ha diseñado se ha diseñado y analizado para periodos de veinte años, aunque la tendencia va hacia considerar periodos de diseño mayores, en este caso se usó un periodo de diseño de veinte años, teniendo en cuenta todas y cada una de las consideraciones mencionadas con anterioridad.

Serviciabilidad (PSI)

Uno de los parámetros utilizados por la guía AASHTO, es la pérdida de serviciabilidad que se producirá con el tiempo de uso de la carretera, para lo cual se estimó que al final esta tenga un índice de Serviciabilidad aceptable.

Los valores recomendados para este tipo de diseño son los que se detallan a continuación:

Tabla 5: Valores de serviciabilidad.

Índice de serviciabilidad Inicial (P_i)	4.5
Índice de serviciabilidad final (P_T)	2.0
Perdida de serviciabilidad Final (ΔP)	2.50

Confiabilidad

Bajo este concepto se analiza la posibilidad de que la estructura de pavimento diseñada dure el tiempo para el cual ha sido realizada, dentro de la cual se toma en consideración las posibles variaciones de tráfico, las posibles readecuaciones para mantener la vía en condiciones de niveles de aceptación de los usuarios.

Los niveles de confiabilidad recomendados por la AASHTO, son los que se detallan a continuación.

Tabla 6: Niveles de confiabilidad.

CLASIFICACION FUNCIONAL	NIVEL DE CONFIABILIDAD RECOMENDADO	
	URBANO (%)	RURAL (%)
Interestatal	85-99.9	80-99.9
Arteria Principal	80-99	75-95

Colectora	80-95	75-95
Local	50-80	50-80
CONFIABILIDAD CONSIDERADA, R 90%		

La confiabilidad considerada es del 90%, correspondiente al tipo de vía colectora urbana.

Desviación estándar de diseño

Para un nivel de confiabilidad (R), el factor de confiabilidad es una función de la desviación estándar total (S), el cual se consideran las posibilidades de variaciones en el tráfico previsto y la variación normal en el comportamiento previsto del pavimento para un tráfico definido.

Los valores mostrados en la tabla siguiente son los recomendados para uso general, más sin embargo se realizan evaluaciones para aplicaciones específicas.

Tabla 7: Desviación estándar.

CONDICION DEL DISEÑO	DESVIACION ESTANDAR TOTAL(S)	
	FLEXIBLE	RIGIDO
Variaciones en la predicción del comportamiento del pavimento, sin errores en el tráfico.	0.35	0.25
Variación total en la predicción del comportamiento del	0.45	0.35

pavimento y estimaciones de trafico		
Desviación estándar considerada, S= 0.35		

Capacidad portante de estructuras subyacentes al pavimento

➤ **Módulo de resiliencia efectivo del suelo de la subrasante (MR)**

Los estudios realizados y observaciones realizadas en el campo se determinaron que el tipo de suelo predominante era una composición de gravas de diferentes tamaños, mezclados con materiales finos compuestos por limos inorgánicos de muy baja o cero plasticidad, con una alta resistencia a la penetración en los estratos subyacentes. Se determinó que los suelos predominantes eran los denominados ML-SW, según el sistema unificado de clasificación de suelos SUCS, compuesto por limos y arenas, de buena graduación, polvo de roca y limos arenosos.

De conformidad a la clasificación de la AASHTO, el tipo de suelos se ubica en el subgrupo A1-b, el cual representa condiciones de buena calidad, dentro de los cuales se determinan valores de CBR, superiores a 20, más sin embargo en el análisis se consideró un valor de CBR, de 10, tomando en consideración que los resultados obtenidos de los sondeos y correlaciones con los mismos arrojan dichos valores.

Se estableció un valor de K, módulo de reacción de la subrasante igual a 1,360.50 psi/in, correlacionado con el tipo de suelo encontrado el cual fue utilizado y mejorado para la subrasante, con el objeto de uniformizar dicha área de asiento del pavimento.

➤ **Módulo de resiliencia**

Se determinó el valor del módulo de resiliencia de 15,000 psi, determinado por medio del uso de las correlaciones desarrolladas en la fórmula de Shell (Heukelom y Klomp) M_R (psi) = 1,500*CBR. Las fórmulas de los autores anteriores, toman como base el daño relativo, durante el año y sacan la media aritmética, determinándose el valor promedio.

➤ **Tranferencia de carga J**

Otro de los factores utilizados en el diseño de pavimentos rígidos es el factor de transferencia de carga, con el cual se pretende tomar en consideración el comportamiento de la estructura para distribuir las cargas en todas las zonas donde obligatoriamente existían discontinuidades, (juntas o grietas), dicho valor depende del tipo de pavimento (en masa, armado con juntas, con armaduras continua, etc.), tipo de acera, etc. Los valores recomendados para pavimento hidráulico en masa con juntas oscilan entre 2.5 y 3.1, el valor adoptado en este estudio fue de 2.70.

➤ **Módulo de elasticidad E_c del concreto**

Los datos característicos para la determinación de la elasticidad y el módulo de ruptura, se obtiene del valor medio, resultado de los ensayos a 28 días de ruptura de Viga simple, cargada en las partes tercias de la misma, cumpliendo con la AASHTO T97 o ASTM C78.

Para este caso el módulo de ruptura recomendado fue de 569 psi, obteniendo un módulo de elasticidad conforme las recomendaciones de la AASTHO, DE 3840,750 psi, valores acordes a las propiedades del concreto recomendado de $F'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$, $F_y = 40 \text{ kg/cm}^2$

➤ **Drenaje existente**

Descripción del proyecto: El proyecto atraviesa zonas urbanas de la ciudad de San Miguel tales como la colonia Palo Blanco, Colonia Sevilla, Colonia Divina Asunción, Colonia 14 de Julio, Colonia Buenos Aire, Urbanización España, Urbanización Escocia, Colonia Quesada, Aldea Infantil SOS. Existían tramos de colectores de Agua lluvias, Aguas Negras, Pozos de Visita, Cajas tragantes a lo largo de la calle los cuales fueron localizados y levantados, drenajes superficiales de las calles adyacentes.

Punto Crítico: se identificó una descarga importante de una quebrada que escurría superficialmente hacia la calle en la Estación 1+665.00 contiguo al pasaje ROSA DE MARIA.

Colector de aguas lluvias Ø 48" Existente

Se comprobó que existe un Colector de Aguas Lluvias de Ø 48" en la Estación 0+576.99 en la intersección con la calle Divina Asunción, y que cruzaba sobre dicha calle hacia el Oriente.

De acuerdo a un estudio realizado en 1993 de lo que se denomina la Diagonal El Jute este colector estaría comenzando en la Estación 0+888.00 en la intersección con las calles San Cristóbal, Avenida Jalisco y Avenida las Piñas.

En este lugar se puso especial interés en buscar el pozo de aguas lluvias existente, pero no se encontró, todos los pozos de la zona son de aguas Negras.

Situación de los drenajes

De acuerdo al recorrido efectuado a lo largo de la vía todo el escurrimiento principal del costado poniente de la vía. En los primeros 400 mts se tenían aportes de la carretera Panamericana y a medida que se avanzaba hacia el Norte, todas las calles y pasajes tiene su escorrentía con pendientes hacia la Calle Antigua. La longitud de esta escorrentía era variable estando en el de los 150 a 200 mts.

Existían escurrimientos superficiales que se daban en forma natural por la pendiente existente hacia el oriente en los accesos existente tales como la entrada a la Colonia Palo Blanco, pasaje Torres, Pasaje Las Nubes, Pasaje principal Colonia la Presita.

En resumen, pudo afirmarse que en la época de lluvias la calle funcionaba como un gran canal con un flujo superficial importante que buscaba desalojarse buscando los puntos más bajos, produciéndose grandes encharcamientos y lodazales con la consiguiente incomodidad para los vecinos, automovilista, y usuarios de la vía.

Asimismo, además se comprobó que existía un tráfico importante de vehículos en ambos sentidos de la vía.

Diseño de sistema propuesto

- ✓ Componentes del sistema Propuesto:

- ✓ Colector a descargar a la Calle Araucaria
- ✓ Colectores existentes que descargan a canal revestido en la estación 0+425.00
- ✓ Colector principal a empalmar a colector existente de $\varnothing 48''$ Est. 0+888.76
- ✓ Colector que recoge descarga punto crítico y que empalma a colectores existente $\varnothing 60''$ 5 calle Oriente.
- ✓ Cajas tragante a conectar a colector $\varnothing 18''$ s/ pasaje Cañas, Est. 1+100.00
- ✓ Drenaje superficial con cuneta.

Para cada colector de Aguas Lluvias su diámetro se determinó tomando en cuenta las áreas de influencia en base a la topografía realizada, la inspección efectuada y fotografía aérea de la zona. Este colector lo comprendían de pozos de visita en las intersecciones, cambios de pendiente, etc, además se tendrían cajas tragantes con sus respectivas parrillas de hierro fundido por lo menos cada 100 mts.

Intensidad de la precipitación

Para calcular los caudales de aporte en cada punto donde existía pozo de visita es necesario tener registro de las intensidades de lluvia de la Estación pluviografica más cercana. En este caso se hizo uso de la Estación EL PAPALON localizada a unos 2.5 km al sur-oriente del proyecto.

Drenaje superficial

El concepto hidráulico del funcionamiento del Cordón-Cuneta es que se permite cierto ancho de anegamiento es decir que el agua puede ocupar parte de la calzada este valor es

variable. En zonas como la sujeta a análisis era conveniente proporcionarle una mayor capacidad hidráulica a la sección o en todo caso usar una sección ligeramente modificada nada más con un poco mayor de capacidad.

Normas técnicas: Reglamento de la OPAMSS: V.62 Obras de Urbanización para AGUAS LLUVIAS.

Aspectos del drenaje

La drenabilidad del material o calidad del drenaje es función de varios aspectos incluyendo la permeabilidad del material, su distribución granulométrica el porcentaje de material fino, y las condiciones geométricas de la superficie y la subrasante del pavimento. El tiempo que una capa granular posee un contenido de humedad próximo a la saturación influye en sobremanera en el comportamiento del pavimento.

Si una capa granular drena rápidamente mantiene por un espacio reducido agua cerca de la condición de saturación. En tal sentido uno de los aspectos fundamentales para reducir los deterioros en las capas subyacentes en la elaboración de un sistema de drenajes laterales en forma eficiente.

En este sentido se consideró que las condiciones imperantes consideraban un sistema drenabilidad de la base granular como regular, por consiguiente, se estimó un coeficiente de drenaje de 1.0.

Tomando en consideración todos los parámetros descritos y los factores determinados se auxilió del programa informático WinPAS, para la determinación de los espesores de capa de la estructura de pavimento. Como resultado de la aplicación del programa se obtuvo los espesores de capa descritos a continuación.

ESPESORES DE CAPAS DE PAVIMENTO.

Tabla 8: Espesores de la estructura del pavimento.

Espeores de pavimento 5.85"	15 cm
Base de suelo cemento 7.8"	20 cm
Subrasante mejorada 12"	30 cm

4.2 EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)



Figura 5: Condición superficial del pavimento.

Fuente: Propia.

La primera etapa para el cálculo del Índice de Condición del Pavimento (PCI) corresponde al trabajo de campo en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los mismos, siguiendo estrictamente la definición y clasificación del Manual de Daños de la ASTM D 6433-11 contenido en el anexo 7, para obtener un valor del PCI confiable.

Primeramente, se procede a contabilizar el número de losas en las cuales se presenta cada combinación de tipo de daño y su respectivo nivel de severidad: bajo (L), medio (M), y alto (H). Las losas evaluadas corresponden a toda la carretera por completo, visualizadas en el plano del Índice de Condición del Pavimento del plano 1 al plano 5, iniciando en la abscisa 0+000 finalizando en 1+725.

Posterior a la visita y recolección de los datos anteriormente mencionados, se muestra a continuación la tabla resumen de los daños que contiene la carretera con su respectivo grado de severidad (L, M o H):

Tabla 9: Levantamiento de daños y severidades en el pavimento.

Daño	Nivel de severidad	Total (unidades)	Densidad (%)	Valor deducido
22	L	47	4.1	3.9
22	M	19	1.66	2.0
22	H	4	0.35	1.6
23	L	236	20.57	20.0
23	M	55	4.79	10.5
23	H	15	1.31	4.7
28	L	343	29.90	13.9
28	M	107	9.33	8.8
28	H	15	1.31	2.5
29	L	3	0.26	0.1
29	M	4	0.35	0.5
29	H	1	0.09	0.1
30	L	1	0.09	0.1
30	H	1	0.09	0.1
32	-	1	0.09	0.1
37	-	91	7.93	0
38	L	125	10.9	1.9
38	M	18	1.57	0.1
38	H	1	0.09	0.1
39	L	103	8.98	1.0
39	M	13	1.13	0.1

Cabe mencionar que el cálculo de la DENSIDAD esta expresado en porcentaje, y consiste en dividir el número total de losas por cada tipo de daño, con su grado de severidad, entre el número de losas totales de la unidad de muestreo, que para el presente caso se refiere a la carretera en su totalidad (1147 losas); por ejemplo, para la primera fila de la tabla anterior:

✓ Daño 22, severidad L:

$$Densidad = \frac{Total (unidades)}{Numero total de losas}$$

Ecuación 7 (Densidad)

$$Densidad = \frac{47}{1147}$$

$$Densidad = 0.04097 * 100 = 4.1 \%$$

Se procedió de manera similar con las filas restantes.

El Valor Deducido se obtiene empleando la curva "Valor Deducido de Daño" apropiada entre las que se adjuntan a este documento.

Posteriormente, calculando Número Máximo Admisible de Valores Deducidos (m):

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$$

Ecuación 8 (Número Máximo Admisible de Valores Deducidos)

$$m = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - 20.0)$$

$$m = 8.35$$

Reduciendo el número de valores individuales deducidos a m , y ordenando valores individuales deducidos de mayor a menor:

Tabla 10: Reordenamiento de daños y severidades en base al Número Máximo Admisible de Valores Deducidos (m).

Daño	Nivel de severidad	Total (unidades)	Densidad (%)	Valor deducido
23	L	236	20.57	20.0
28	L	343	29.90	13.9
23	M	55	4.79	10.5
28	M	107	9.33	8.8
23	H	15	1.31	4.7
22	L	47	4.1	3.9
28	H	15	1.31	2.5
22	M	19	1.66	2.0
38	L	125	10.9	0.66

Calculando el Máximo Valor Deducido Corregido (CDV):

El procedimiento consiste en la determinación de valores deducidos q mayor que 2.0, para determinar el “Valor Deducido Total” sumando todos los valores deducidos individuales.

El valor de CDV se obtiene usando la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento, con los datos de q y el “Valor Deducido Total”. Posteriormente se reduce a 2.0 el menor de los valores deducidos individuales que sea mayor que 2.0, y se repite este procedimiento hasta que q sea igual a 1.

A continuación, se muestra la tabla correspondiente al procedimiento anteriormente descrito:

Tabla 11: Iteración para el cálculo del Máximo Valor Deducido Corregido.

Iteración	Valores deducidos							Total	Q	CDV
1	20.0	13.9	10.5	8.8	4.7	3.9	2.5	64.3	7	30
2	20.0	13.9	10.5	8.8	4.7	3.9	2.0	63.8	6	31
3	20.0	13.9	10.5	8.8	4.7	2.0	2.0	61.9	5	33
4	20.0	13.9	10.5	8.8	2.0	2.0	2.0	59.2	4	34
5	20.0	13.9	10.5	2.0	2.0	2.0	2.0	52.4	3	33
6	20.0	13.9	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	43.9	2	34
7	20.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	32	1	32

El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en la tabla anterior.

CDV = Maximo Valor Deducido Corregido

CDV = 34

Determinando Valor del Índice de Condición del Pavimento (PCI):

PCI = 100 – Maximo Valor Deducido Corregido (CDV)

Ecuación 9 (Valor del Índice de Condición del Pavimento)

PCI = 100 – 34

PCI = 66

El rango es (70 – 55) en la Tabla 1, lo que da un índice de condición de pavimento BUENO.

4.3 EVALUACIÓN DE VOLUMEN DE TRÁNSITO.

La práctica para determinar los volúmenes de tránsito se realizó en calle antigua a La Unión, donde se ubicaron de forma estratégica cada uno de los aforadores que iban a realizar el conteo. Previamente definidos los elementos a considerar durante el conteo se dispuso a realizar de manera continua de las 6:00am a 6:00pm durante un periodo de 12 horas el conteo vehicular, dividiéndose en grupos con periodos de 3 horas y luego se reunió una base de datos conjunta.

También se distribuyeron los puntos de control de la manera representada en el esquema siguiente:

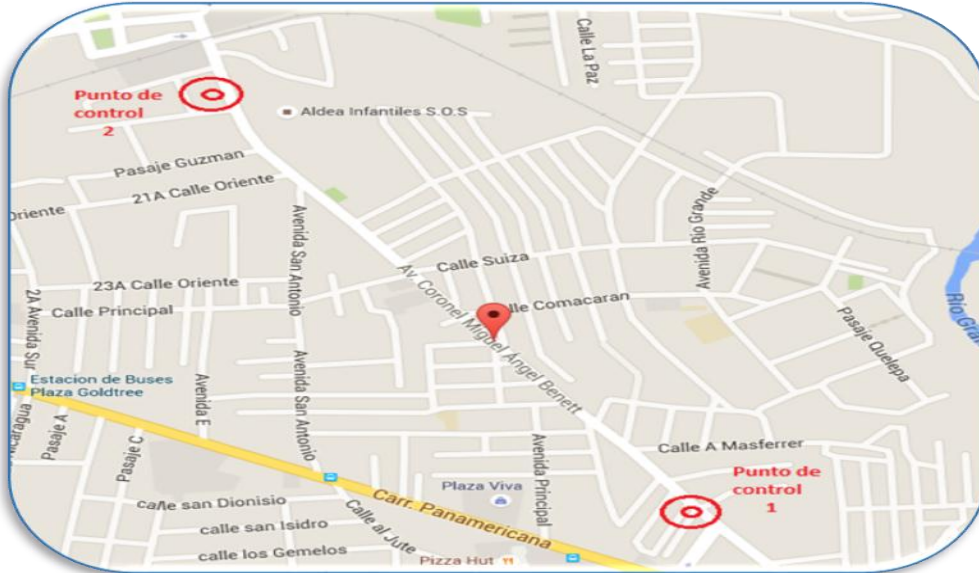


Figura 6: Ubicación de aforo.

Fuente: <https://www.google.es/maps>

Los vehículos deben ser clasificados de acuerdo a los requerimientos del estudio. La classification fue:

AUTO, PICK UP, MICROBUS, BUS, C2, C3, C4, T2S1, T2S2, T3S3

A continuación, se muestran los comportamientos de tránsito ilustrados en gráficos y tablas de tránsito, intensidad y vehículos totales para los diferentes puntos de control:

➤ **PUNTO DE CONTROL METROCENTRO**

➤ **PUNTO DE CONTROL CENTRO DE GOBIERNO**

PUNTO DE CONTROL METROCENTRO

Tabla 12: Volumen de transito total (Metrocentro).

Hora del día	Total de Vehículos (ambos sentidos)											
	AUTO	PICK UP	MICROBUS	BUS	C2	C3	C4	T2S1	T2S2	T3S2	T3S3	TOTAL (veh/hora)
6:00-7:00	620	243	93	6	89	5	1	0	0	0	0	1057
7:00-8:00	746	357	55	3	84	8	0	0	0	1	0	1254
8:00-9:00	577	373	57	5	80	7	1	0	1	1	0	1102
9:00-10:00	582	331	57	7	105	7	0	0	0	1	3	1093
10:00-11:00	552	330	46	3	102	6	0	0	0	1	0	1040
11:00-12:00	642	326	54	7	83	9	0	0	0	2	0	1123
12:00-13:00	1019	675	102	2	96	5	2	0	0	0	1	1902
13:00-14:00	900	573	101	3	128	9	0	2	0	0	0	1716
14:00-15:00	857	667	103	0	135	6	0	0	0	2	1	1771
15:00-16:00	639	511	63	7	91	9	0	0	0	0	1	1321
16:00-17:00	617	462	84	7	87	4	0	0	0	0	0	1261
17:00-18:00	749	491	78	10	80	3	0	0	0	0	0	1411

INTENSIDAD VEHICULAR

Calculo de intensidad

$$q = \frac{V_{N-S} + V_{S-N}}{1/4}$$

Ecuación 10 (Intensidad)**Tabla 13: Intensidad de tránsito (Metrocentro).**

INTENSIDAD DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO												
CALLE ANTIGUA A LA UNIÓN												
PUNTO DE CONTROL: METROCENTRO -MARZO DEL 2016												
Hora del día	Vehículos en ambos sentidos											
	AUTO	PICK UP	MICROBUS	BUS	C2	C3	C4	T2S1	T2S2	T3S2	T3S3	TOTAL (veh/hora)
6:00-6:15	372	188	120	8	80	0	0	0	0	0	0	768
6:15-6:30	504	220	112	8	120	0	0	0	0	0	0	964
6:30-6:45	780	276	76	8	92	8	0	0	0	0	0	1240
6:45-7:00	824	288	64	0	64	12	4	0	0	0	0	1256
7:00-7:15	872	336	56	0	112	4	0	0	0	0	0	1380
7:15-7:30	744	352	68	4	80	4	0	0	0	0	0	1252

7:30-7:45	656	352	52	4	104	16	0	0	0	0	0	1184
7:45-8:00	712	388	44	4	40	8	0	0	0	4	0	1200
8:00-8:15	656	364	80	4	64	0	4	0	4	4	0	1180
8:15-8:30	552	372	44	4	96	12	0	0	0	0	0	1080
8:30-8:45	600	372	56	8	100	12	0	0	0	0	0	1148
8:45-9:00	500	384	48	4	60	4	0	0	0	0	0	1000
9:00-9:15	624	336	80	8	96	12	0	0	0	0	0	1156
9:15-9:30	648	280	40	12	96	8	0	0	0	4	8	1096
9:30-9:45	476	352	52	8	120	4	0	0	0	0	4	1016
9:45-10:00	580	356	56	0	108	4	0	0	0	0	0	1104
10:00-10:15	476	312	24	0	92	0	0	0	0	0	0	904
10:15-10:30	532	304	52	4	112	8	0	0	0	4	0	1016
10:30-10:45	476	316	48	4	96	8	0	0	0	0	0	948
10:45-11:00	724	388	60	4	108	8	0	0	0	0	0	1292
11:00-11:15	612	372	64	8	112	4	0	0	0	0	0	1172

11:15-11:30	684	296	48	12	80	4	0	0	0	0	0	1124
11:30-11:45	664	332	40	8	64	12	0	0	0	0	0	1120
11:45-12:00	608	304	64	0	76	16	0	0	0	8	0	1076
12:00-12:15	1232	688	76	4	124	0	0	0	0	0	0	2124
12:15-12:30	968	660	72	0	76	16	0	0	0	0	0	1792
12:30-12:45	924	616	128	4	104	0	8	0	0	0	4	1788
12:45-1:00	952	736	132	0	80	4	0	0	0	0	0	1904
1:00-1:15	852	552	96	0	132	4	0	0	0	0	0	1636
1:15-1:30	956	572	128	0	120	12	0	0	0	0	0	1788
1:30-1:45	868	544	100	8	120	4	0	0	0	0	0	1644
1:45-2:00	924	624	80	4	140	16	0	8	0	0	0	1796
2:00-2:15	920	652	60	0	176	8	0	0	0	0	0	1816
2:15-2:30	944	620	112	0	144	16	0	0	0	8	4	1848
2:30-2:45	740	828	116	0	100	0	0	0	0	0	0	1784
2:45-3:00	824	568	124	0	120	0	0	0	0	0	0	1636

3:00-3:15	660	512	68	8	56	12	0	0	0	0	0	1316
3:15-3:30	644	588	76	4	108	12	0	0	0	0	4	1436
3:30-3:45	684	460	48	4	88	4	0	0	0	0	0	1288
3:45-4:00	568	484	60	12	112	8	0	0	0	0	0	1244
4:00-4:15	624	456	68	0	92	4	0	0	0	0	0	1244
4:15-4:30	624	412	80	8	112	12	0	0	0	0	0	1248
4:30-4:45	600	492	100	0	84	0	0	0	0	0	0	1276
4:45-5:00	620	488	88	20	60	0	0	0	0	0	0	1276
5:00-5:15	808	520	84	16	72	8	0	0	0	0	0	1508
5:15-5:30	720	544	56	4	84	0	0	0	0	0	0	1408
5:30-5:45	796	484	92	8	88	0	0	0	0	0	0	1468
5:45-6:00	672	416	80	12	76	4	0	0	0	0	0	1260
Total	34000	21356	3572	240	4640	312	16	8	4	32	24	64,204

DIAGRAMA FLUJO VEHICULAR VS TIEMPO

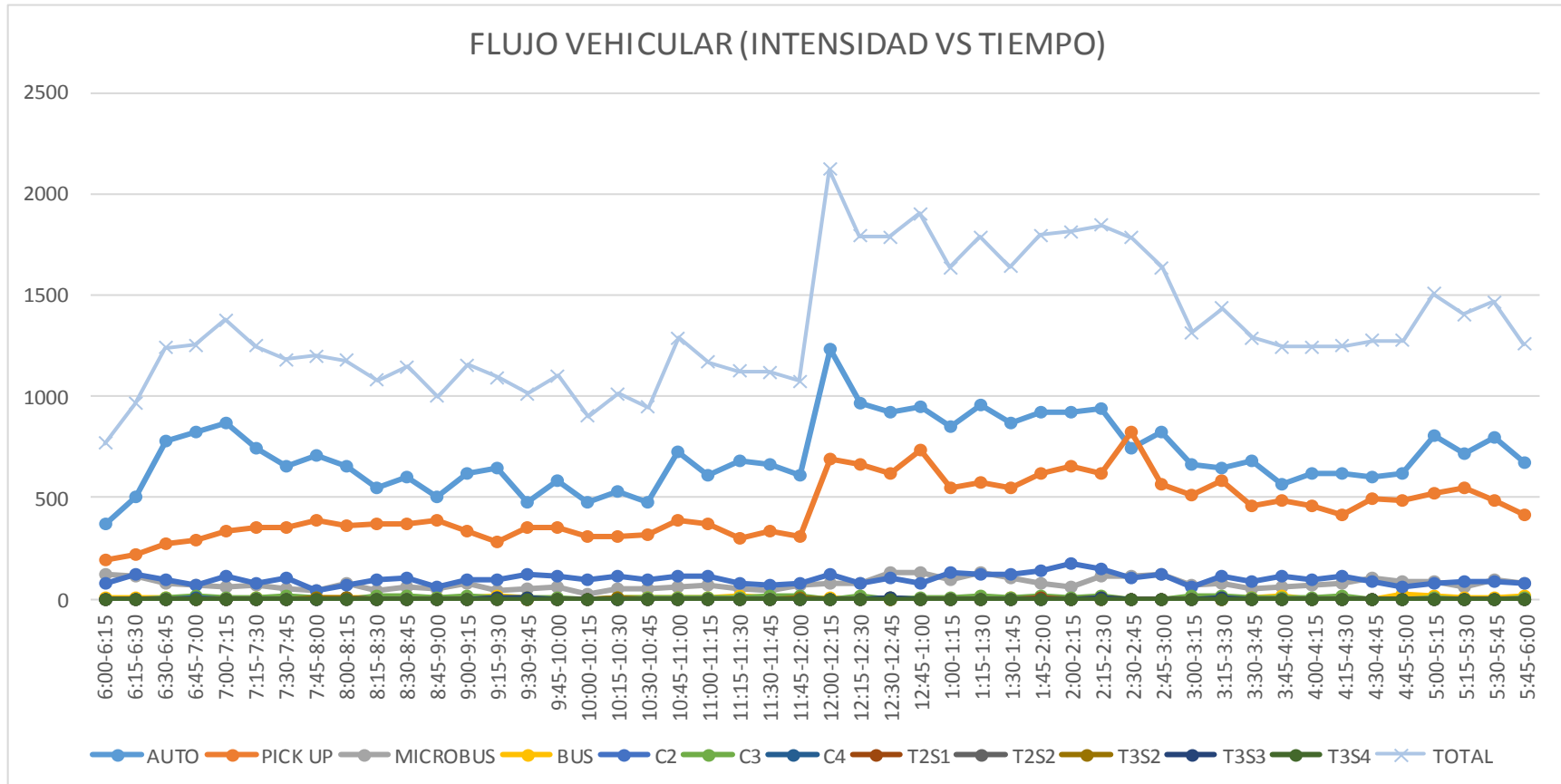


Grafico 2: Flujo Vehicular (Metrocentro).

PUNTO DE CONTROL CENTRO DE GOBIERNO

Tabla 14: Volumen de transito total (Centro de Gobierno).

Hora del día	Vehículos en ambos sentidos											
	AUTO	PICK UP	MICROBUS	BUS	C2	C3	C4	T2S1	T2S2	T3S2	T3S3	TOTAL (veh/hora)
6:00-7:00	735	292	79	24	84	4	0	0	0	0	0	1218
7:00-8:00	905	389	51	24	84	8	0	0	0	0	0	1461
8:00-9:00	692	408	50	27	73	5	0	0	0	0	0	1255
9:00-10:00	591	348	59	29	88	5	0	0	0	0	0	1120
10:00-11:00	586	368	68	23	81	4	0	0	0	1	0	1131
11:00-12:00	756	355	76	23	76	8	0	0	0	1	0	1295
12:00-13:00	748	408	68	25	78	7	1	0	0	0	0	1335
13:00-14:00	683	334	63	25	98	0	0	1	0	2	0	1206
14:00-15:00	759	365	78	17	128	0	0	0	0	1	1	1350
15:00-16:00	801	414	55	26	75	7	0	0	0	0	0	1378
16:00-17:00	826	407	60	25	61	4	1	0	0	0	0	1384
17:00-18:00	1139	382	72	28	57	2	0	0	0	0	0	1680

Procediendo de similar manera al punto de control anterior, se tiene el comportamiento del flujo vehicular para el presente caso:

DIAGRAMA DE INTENSIDAD VEHICULAR

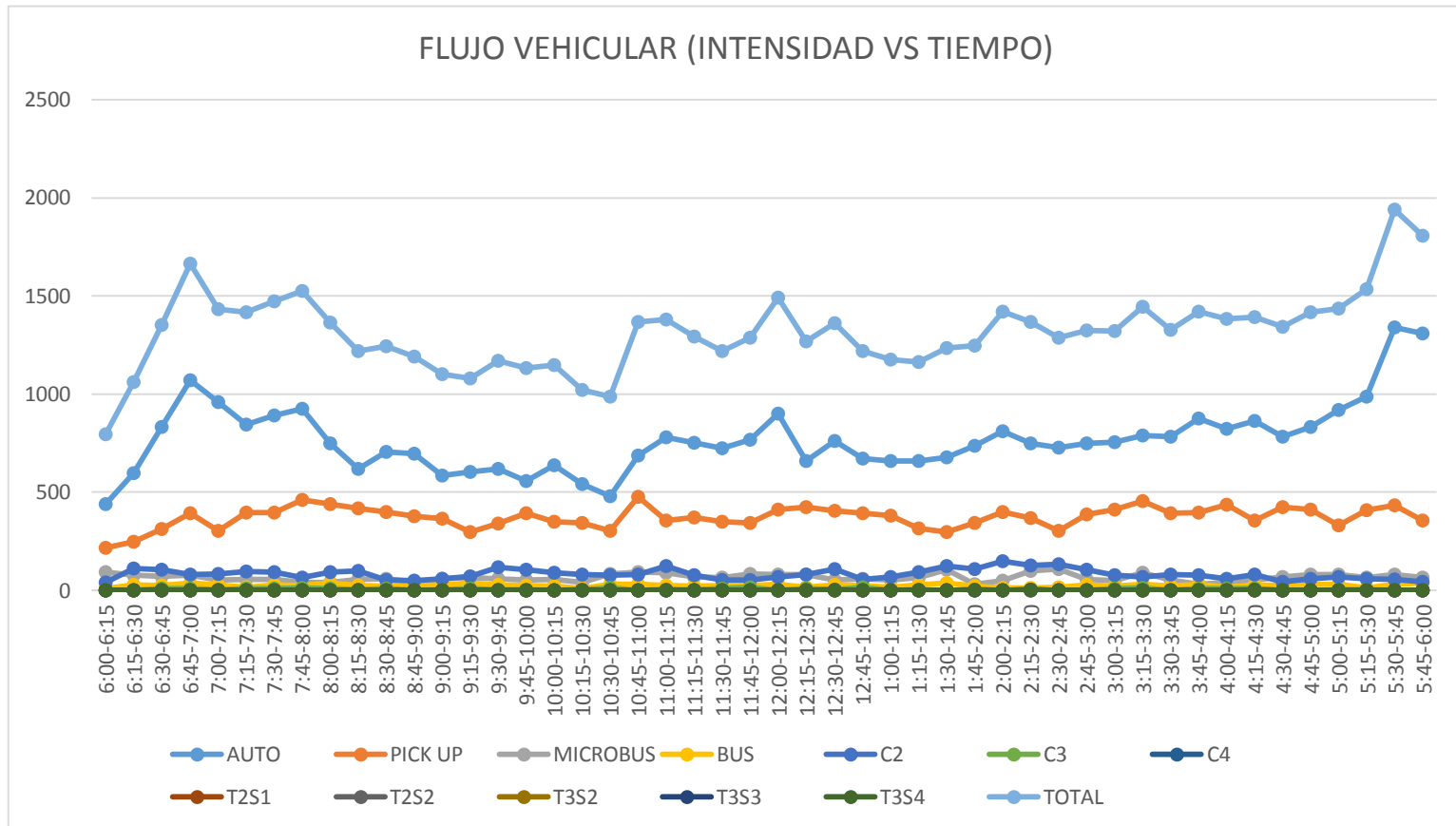


Grafico 3: Flujo Vehicular (Centro de Gobierno).

✓ 4.3.1 CARGA VEHICULAR



Figura 7: Cargas vehiculares.

Fuente: Propia.

Calculando ESAL'S:

Parámetros para poder calcular el ESAL's:

Espesor estimado del pavimento: El espesor D de las losas del pavimento es de 6 pulgadas (15 cm), esto determinado en la carpeta técnica de la carretera Av. Coronel Miguel Ángel Benett.

Índice de Serviciabilidad Final (Pt): Definiendo el valor del índice de Serviciabilidad fina, de acuerdo a lo descrito en la carpeta técnica del diseño de la carretera en estudio presenta un valor de 2.0.

Pt = 2.0

Vehículo: Automóvil

Eje de dirección:

$$Peso = 1 \text{ Ton} \times \frac{2.2 \text{ Kip}}{1 \text{ Ton}} = 2.2 \text{ Kips}$$

Utilizando la Tabla 3-10 SIECA se tiene:

$$2 \text{ kip} \rightarrow 0.0002$$

$$2.2 \text{ kip} \rightarrow LEF_1$$

$$4 \text{ kip} \rightarrow 0.002$$

$$\frac{2.2 \text{ kip} - 2 \text{ kip}}{4 \text{ kip} - 2 \text{ kip}} = \frac{LEF_1 - 0.0002}{0.002 - 0.0002}$$

$$LEF_1 = 0.0002 + (0.002 - 0.0002) \left(\frac{2.2 \text{ kip} - 2 \text{ kip}}{4 \text{ kip} - 2 \text{ kip}} \right)$$

$$LEF_1 = 0.00038$$

Eje de tracción:

$$Peso = 1 \text{ Ton} \times \frac{2.2 \text{ Kip}}{1 \text{ Ton}} = 2.2 \text{ kips}$$

⁴Utilizando la Tabla 3-10 SIECA se tiene:

$$2 \text{ kip} \rightarrow 0.0002$$

$$2.2 \text{ kip} \rightarrow LEF_2$$

⁴ Tabla 3-10 del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos SIECA

$$4 \text{ kip} \rightarrow 0.002$$

$$\frac{2.2 \text{ kip} - 2 \text{ kip}}{4 \text{ kip} - 2 \text{ kip}} = \frac{LEF_2 - 0.0002}{0.002 - 0.0002}$$

$$LEF_2 = 0.0002 + (0.002 - 0.0002) \left(\frac{2.2 \text{ kip} - 2 \text{ kip}}{4 \text{ kip} - 2 \text{ kip}} \right)$$

$$LEF_2 = 0.00038$$

Calculando factor de camión:

$$FC = LEF_1 + LEF_2$$

$$FC = 0.00038 + 0.00038$$

$$\mathbf{FC = 0.00076}$$

Se procedió de igual manera para determinar los demás factores camión para los vehículos restantes, resumidos en la siguiente tabla:

Tabla 15: Factor camión para cada tipo de vehículo.

Tipo de vehículo	LEF
Automóvil	0.00076
Pick – Up	0.01858
Microbus	0.9786
Autobus	3.5302
C2	2.4565
C3	2.6495

C4	1.8665
T2 S1	3.1265
T2 S2	3.8435
T3 S2	4.5605
T3 S3	4.0785

➤ **DETERMINACION DE ESAL's ACTUAL (TRANSITO ACTUAL)**

Calculando factor de crecimiento:

Como el año de análisis para el transito estudiado es el presente, se considera 1 año, con un crecimiento del 3.5% para todos los vehículos según lo expresado en el diseño de la carretera, se tiene:

$$FG = \frac{(1 + i)^n - 1}{i}$$

Ecuación 11 (factor de crecimiento)

$$FG = \frac{(1 + 0.035)^1 - 1}{0.035}$$

$$FG = 1$$

Calculando los ESAL'S:

Tabla 16: Datos para el cálculo de ESAL's actuales.

Tipo de vehículo	Cantidad de vehículos diarios	Factor de crecimiento	Tránsito de diseño	LEF	ESAL's de diseño
Automóvil	8,500	1	3,102,500	0.00076	2,357.9
Pick – Up	5,339	1	1,948,735	0.01858	36,207.496
Microbús	893	1	325,945	0.9786	318,969.777
Autobús	60	1	21,900	3.5302	77,311.38
C2	1,160	1	423,400	2.4565	1,040,082.1
C3	78	1	28,470	2.6495	75,431.265
C4	4	1	1,460	1.8665	2,725.09
T2 S1	2	1	730	3.1265	2,282.345
T2 S2	1	1	365	3.8435	1,402.877
T3 S2	8	1	2,920	4.5605	13,316.66
T3 S3	6	1	2,190	4.0785	8,931.915
TOTAL	16,051				1,579,018.806

Factor de distribución por dirección: El pavimento consta de dos carriles, uno en cada dirección por lo que se utiliza un factor de dirección del 50 %.

Tabla 17: Factor de distribución por dirección (ESAL's actuales).

Número de carriles en ambas direcciones	LD %
2	50
4	45
6 o más	40

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento, AASHTO 1993

Factor de distribución por carril: Ya que se posee un carril por sentido, se ha tomado un valor de 1.0, que es el valor medio del rango propuesto por AASHTO 1993.

Tabla 18: Factor de distribución por carril (ESAL's actuales).

Número de carriles en una sola dirección	LC
1	1.00
2	0.80 – 1.00
3	0.60 – 0.80
4	0.50 – 0.75

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento, AASHTO 1993.

Calculando ESAL's:

$$ESAL's = (1,579,018.806)(0.5)(1)$$

$$ESAL's = 789,509.403$$

➤ **DETERMINACION DE ESAL's ESPERADOS HASTA EL FINAL DE VIDA
UTIL DE LA CARRETERA (TRANSITO ACTUAL)**

Calculando factor de crecimiento:

Como el tiempo de vida útil a partir del presente (2016) hasta el año final (2022) es de 6 años, con un crecimiento del 3.5% para todos los vehículos según lo expresado en el diseño de la carretera, se tiene:

$$FG = \frac{(1 + i)^n - 1}{i}$$

$$FG = \frac{(1 + 0.035)^6 - 1}{0.035}$$

$$FG = 6.55$$

Calculando los ESAL'S:

Tabla 19: Datos para el cálculo de ESAL's esperados para el final de vida útil.

Tipo de vehículo	Cantidad de vehículos diarios	Factor de crecimiento	Tránsito de diseño	LEF	ESAL's de diseño
Automóvil	8,500	6.55	20,321,375	0.00076	15,444.245
Pick - Up	5,339	6.55	12,764,214.25	0.01858	237,159.101
Microbús	893	6.55	2,134,939.75	0.9786	2,089,252.039
Autobús	60	6.55	143,445	3.5302	506,389.539
C2	1,160	6.55	2,773,270	2.4565	6,812,537.755
C3	78	6.55	186,478.5	2.6495	494,074.786
C4	4	6.55	9,563	1.8665	17,849.34
T2 S1	2	6.55	4,781.5	3.1265	14,949.36
T2 S2	1	6.55	2,390.75	3.8435	9,188.848
T3 S2	8	6.55	19,126	4.5605	87,224.123
T3 S3	6	6.55	14,344.5	4.0785	58,504.043
TOTAL	16,051				10,342,573.18

Factor de distribución por dirección: El pavimento consta de dos carriles, uno en cada dirección por lo que se utiliza un factor de dirección del 50 %.

Tabla 20: Factor de distribución por dirección (ESAL's esperados para el final de vida útil).

Número de carriles en ambas direcciones	LD
2	50
4	45
6 o más	40

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento, AASHTO 1993

Factor de distribución por carril: Ya que se posee un carril por sentido, se ha tomado un valor de 1.0, que es el valor medio del rango propuesto por AASHTO 1993.

Tabla 21: Factor de distribución por carril (ESAL's esperados para el final de vida útil).

Número de carriles en una sola dirección	LC
1	1.00
2	0.80 – 1.00
3	0.60 – 0.80
	0.50 – 0.75

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento, AASHTO 1993.

Calculando ESAL's:

$$ESAL's = (10,342,573.18)(0.5)(1)$$

$$ESAL's = 5,171,286.59$$

✓ 4.3.2 VIDA REMANENTE

El concepto de vida remanente depende directamente de las cargas repetidas dañan gradualmente un pavimento y reducen el número de cargas adicionales que pueden llevar al pavimento hasta la falla. En un momento dado, aunque ninguna indicación directamente observable del daño pueda existir, una reducción en capacidad estructural en términos de capacidad de carga futura puede estar presente.

Para determinar la vida remanente el proyectista debe determinar la cantidad de tráfico real que el pavimento ha soportado hasta la fecha (N_p) y la cantidad de tráfico total que llevaría al pavimento al nivel de falla ($N_{1.5}$). De acuerdo con las ecuaciones de la AASHTO Road Test, la “falla de un pavimento” se define cuando este alcanza una Serviciabilidad de 1.5. Ambas cantidades del tráfico se deben expresar en 80-kN (18-kip) ESAL's. La diferencia entre estos valores, expresados como un porcentaje del tráfico total de falla, se define como vida remanente:

$$RL = 100 * \left(1 - \left(\frac{N_P}{N_{1.5}} \right) \right)$$

Ecuación 12 (Vida remanente)

Donde:

RL = Vida remanente, en porcentaje.

N_P = Tráfico total a la fecha del diseño, en ESAL's.

$N_{1.5}$ = Trafico total hasta la falla, en ESAL's.

De lo anterior teniendo los datos necesarios los cuales son $N_P = 789,509.403$, obtenido del estudio de transito actual en la determinación de carga vehicular, y $N_{1.5} = 6,779,000.00$, obtenido por medio del software WinPas mediante el uso de los datos de diseño establecidos en la carpeta técnica, considerando que la serviciabilidad final establecida para este procedimiento es de 1.5, siendo la carga de para la cual el pavimento fallaría totalmente.

Concrete Pavement Design/Analysis Inputs		
Concrete Thickness	5.90	inches
Total Rigid ESALs	6,779,000	
Reliability	90.00	%
Overall Standard Deviation	0.35	
Flexural Strength	569.0	psi
Modulus of Elasticity	3,840,750.0	psi
Load Transfer Coefficient	2.70	
Modulus of Subgrade Reaction	1,360.5	psi/in.
Drainage Coefficient	1.00	
Initial Serviceability	4.50	
Terminal Serviceability	1.50	

Figura 8: Cargas vehiculares para una Serviciabilidad final de 1.5.

Fuente: WinPas 12.

Se procede a realizar el cálculo a continuación:

$$RL = 100 * \left(1 - \left(\frac{789509.403}{6,779,000.00} \right) \right)$$

$$RL = 88.35 \%$$

Por lo tanto, según el procedimiento seguido, indica que a la carretera en estudio le resta un 88.35 % de su vida útil.

4.4 SEGURIDAD VIAL

✓ 4.4.1 EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE



Figura 9: Acumulación de aguas

lluvias.

Fuente: Propia.

La revisión del sistema de drenaje tiene por finalidad detectar aquellas zonas de la vía vulnerables a la acción del agua y, como consecuencia de ello, con riesgo de degradación de la estructura del pavimento.

Uno de los elementos que causa mayores problemas a las carreteras y caminos es el agua, pues en general disminuye la resistencia de los suelos, presentándose fallas en terraplenes,

cortes y superficies de rodamiento. Debido a lo anterior es obligado construir drenajes eficientes que alejen el agua en el menor tiempo de las vías. El buen drenaje es el alma de las carreteras.

⁵Los drenajes son obras artificiales que captan, conducen y alejan el agua de la carretera que le pueda causar problemas al conducto. El exceso de humedad sobre o dentro de la estructura de un pavimento afecta la seguridad de los usuarios, genera el deterioro acelerado del mismo y disminuye rápidamente su nivel de serviciabilidad.

Se deben considerar los siguientes parámetros al valorar el peligro de que los deterioros causados por el agua en el pavimento evolucionen con rapidez:

1. Drenaje superficial.
2. Ambiente hidrogeológico del pavimento
3. Drenaje subsuperficial.

La combinación de algunos de estos factores, cuando es desfavorable, determinará el mayor o menor riesgo al cual se encuentra sometida la estructura en presencia de agua. Para que la inspección y la calificación del drenaje sean realmente efectivas, se requiere que ellas se realicen en la época de lluvias. La visita deberá quedar registrada mediante un archivo fotográfico para cada observación.

⁵ La “*Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras*”, del INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS, Bogotá, 2002.

Según la metodología para la inspección y el establecimiento de los niveles de riesgo, para adelantar el análisis del drenaje de la vía se siguen tres fases:

Recolección de información adicional;

Inspección visual de la carretera y de sus sistemas de drenaje;

Calificación del tramo con base en la organización y el análisis de la información recogida.

PARÁMETRO 1 – DRENAJE SUPERFICIAL (A).

Figura 10: Escorrentía superficial sobre la carretera.

Fuente: Propia.



Factores que intervienen en el drenaje superficial.

Diseño geométrico de la vía: Pendiente transversal inadecuada de la calzada

(PT), pendiente longitudinal insatisfactoria de la vía (LI), ausencia de bermas (NB), pendientes transversal y longitudinal inadecuadas en las bermas (BP), bermas sin revestimiento (BR).

Estructuras de drenaje superficial: Ausencia de cunetas cuando se consideren necesarias, Izquierda o Derecha, de acuerdo con el lado del cual falten (NC); mal estado estructural (por agrietamiento, discontinuidad estructural, etc.) o funcional (por mantenimiento) de la

cuneta (CE, CF); ubicación incorrecta de las cunetas y de los descoles de acuerdo con la conformación de la sección vial y del diseño geométrico de la vía.

Este factor se puede deducir, bien por observación directa en la vía, bien por análisis simultáneo de los perfiles topográficos de la vía y el levantamiento de las estructuras de drenaje existentes (UC, UD). Ausencia de descoles (ND), ausencia de alcantarillas (NA), mal estado estructural o funcional (mantenimiento) de las alcantarillas (AE, AF).

Otros: Áreas con acumulación de agua superficial por empozamiento o estancamiento (CH); presencia de láminas de agua gruesas sobre la vía en instantes de lluvia (PA); ausencia de obras para manejo de escorrentía en taludes vecinos cuando sean necesarias (ET), etc.

Para la calificación del sistema de drenaje superficial (se muestra en el formato D.2) se tendrá en cuenta la existencia de problemas como los relacionados en el formato D.1 y, además, el contexto topográfico y la conformación de la sección vial, de la siguiente manera:

A = 0, cuando se estime que el sistema de drenaje superficial presenta un funcionamiento adecuado y está en buen estado. La sección está construida en terraplén con una altura superior a 1.0 metro respecto del terreno natural, hecho que asegura un buen drenaje.

A = 1, cuando se considere que el drenaje superficial sea falto de efectividad por deficiencias en su mantenimiento, existencia de bermas permeables o por falta de obras transversales. La sección evaluada corresponde a una sección transversal mixta o con una sucesión de rellenos y cortes en cajón, así el sistema de drenaje superficial sea satisfactorio.

A = 2, cuando se considere que el drenaje superficial es totalmente inefectivo, bien por su ausencia o bien por su pésimo estado. Ausencia de cunetas (NC), ausencia de bermas (NB), agrietamientos longitudinales (GL), acumulación de agua por encharcamiento (CH), área topográfica totalmente plana sin posibilidades de drenaje natural. La estructura del pavimento se encuentra al mismo nivel del terreno si la sección es topográficamente plana, sin posibilidades de evacuación natural del agua.

El tramo en estudio se encuentra en el nivel $A=2$ y $A=1$, ya que en algunos tramos existe drenaje superficial falto de efectividad por deficiencias en su mantenimiento. Y en otros tramos no existen cunetas, bermas, pero si acumulación de agua por encharcamiento, grietas longitudinales y área topográfica plana.

PARÁMETRO 2 – AMBIENTE HIDROGEOLÓGICO DEL PAVIMENTO (H).

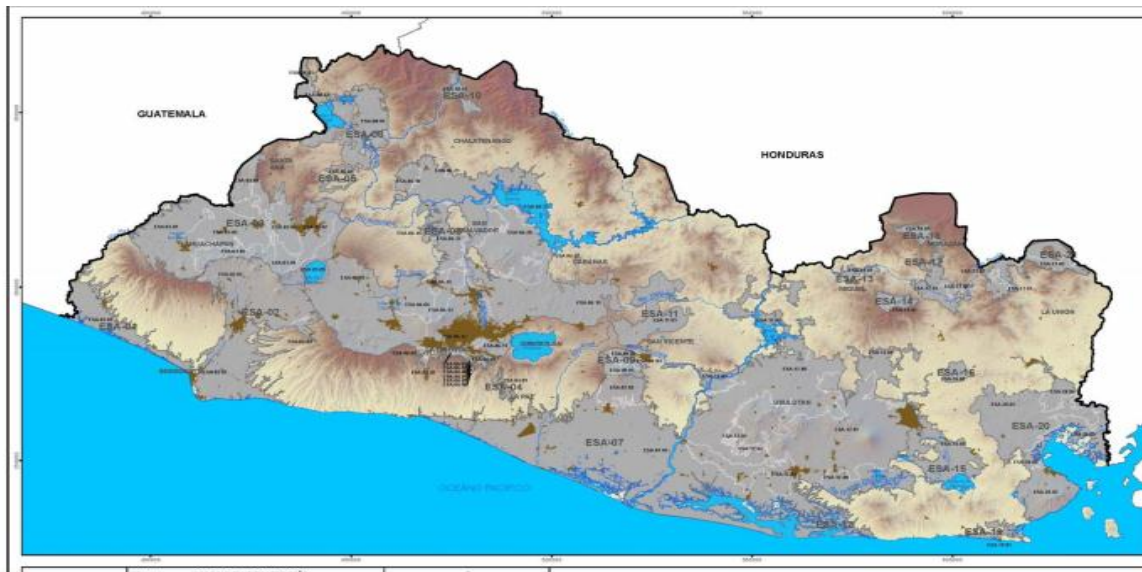


Figura 11: Mapa hidrogeológico de El Salvador.

Fuente: <http://www.marn.gob.sv/>

Partiendo de la inspección visual de la carretera y de la información adicional recopilada, se deberá registrar en el formato D.1 la presencia de alguno de los siguientes aspectos, pues ellos pueden tener efectos nocivos sobre la estructura del pavimento en relación con el drenaje:

Intercepción de corrientes temporales de agua con el pavimento: fuentes de agua hacia la vía, diferentes de la lluvia, tales como afloramientos, ojos de agua en los taludes adenaños, etc., que puedan humedecer el pavimento (FA). Abastecimiento lateral de agua hacia las capas del pavimento por presencia de estratos permeables en las zonas vecinas, tales como taludes rocosos agrietados (TV), suelo granular o coluvión, que puedan elevar nivel freático

(KV). Nivel freático alto, con profundidad inferior a 1.0 metro bajo la subrasante (NF); problemas de capilaridad (CP).

Además de la existencia o no de los factores citados, se tendrán en cuenta el contexto topográfico y la conformación de la sección vial, calificando el ambiente hidrogeológico de acuerdo con los siguientes niveles:

H = 0, si el nivel freático es muy profundo y no existen fuentes de agua, temporales o permanentes, adicionales a la infiltración por precipitación. La lluvia anual es menor de 2000 mm.

H = 1, si existen fuentes de agua subsuperficial cerca de la vía, que generan o pueden generar suministros a la calzada. La lluvia anual está entre 2000 mm y 4000 mm.

H = 2, construcción en perfil transversal mixto, con corrientes provenientes de aguas arriba. Zonas de transición entre corte y relleno. Se presentan infiltraciones potentes, provenientes de captaciones laterales o de variaciones en el nivel freático que afectan la subrasante. La lluvia anual es mayor que 4000 mm.

Se utilizará como referencia la estación San Miguel–UES que posee 1500 mm anuales de lluvia.

Características del Agua Subterránea

⁶En la zona Usulután- Vado-Marín-Delirio, el nivel de saturación o nivel freático es mayor al pie de la cadena volcánica donde se encuentra a una profundidad a 210 m.s.n.m., decreciendo en dirección al río Grande de San Miguel, encontrándose el nivel freático a 35 m.s.n.m. En el área sureste de San Miguel, la profundidad al nivel freático es mayor a 95 m.s.n.m. al pie del volcán de San Miguel, siendo menor a 65 m.s.n.m en las inmediaciones de San Antonio Silva.

Las fluctuaciones del nivel freático son altas y cambia con rapidez a los cambios estacionarios. Por otra parte, en la cuenca baja del río Grande el agua subterránea fluye de la cadena volcánica con una dirección norte –sur, en la cuenca media el agua fluye del volcán de San Miguel en dirección oeste-este. En ambos casos parte del flujo del agua subterránea llega a los caudales de aguas superficiales, formando el flujo base de los ríos.

Bajo esta información el tramo en estudio se encuentra en el **NIVEL H=0**, Ya que la lluvia anual no excede los 2000mm. Y no existen fuentes de aguas permanentes en la vía más que la que se acumula cuando llueve, dado que también el nivel freático de esta zona se encuentra a una profundidad mayor a 1 m.

⁶ Tesis: Evaluación del tráfico vehicular con enfoque de gestión de riesgos en la carretera panamericana CA-1 en el tramo comprendido entre la intersección de la Av. José Simeón Cañas sur hasta la intersección con la 30 Av. Sur en la ciudad de San Miguel.

PARÁMETRO 3 – DRENAJE SUBSUPERFICIAL (D).

Figura 12: Obstrucción de tragantes por desechos sólidos.

Fuente: Propia.

Algunos de los factores adversos que se puede identificar y consignar en el formato partiendo de la información previa o/y de la inspección en el campo son: Ausencia de sistemas de drenaje subsuperficial (ASD); descargas de filtros o Subdrenes secas u obstruidas en cajas de inspección (OF); drenes horizontales secos u obstruidos en época lluviosa (DH).

En relación con los deterioros del pavimento: Afloramiento o flujo de agua sobre la calzada o cerca de la vía, con material fino por las fisuras existentes en la carpeta, en épocas secas o cuando no hay lluvia (AF); fisuramientos longitudinales en los bordes de la calzada o entre la calzada y la berma (FL); ahuellamientos (AH); depresiones o hundimientos longitudinales o transversales del pavimento, (DL, DT).

Las deflexiones anormalmente altas también pueden ser indicativas de deficiencias en el sistema interno de drenaje del pavimento. La calificación del drenaje subterráneo se

realizará teniendo en cuenta la presencia de los fenómenos anteriormente descritos, de acuerdo con los siguientes niveles:

D = 0, cuando existe sistema de drenaje subterráneo y el ingeniero presume que es adecuado porque evacúa apropiadamente el agua interna proveniente de las zonas laterales y del pavimento y no se presenta ninguno de los fenómenos adversos descritos en este numeral.

D = 1, si existe el sistema de su drenaje y está bien ubicado, pero no resulta suficientemente efectivo por falta de mantenimiento.

D = 2, si la vía requiere un sistema de drenaje subterráneo y éste no existe o no funciona adecuadamente, pues se observan problemas debido a su inoperancia.

Basados en la información anterior, los rangos de calificación en los que oscilan los tramos de la carretera son $D=0$ y $D=1$.



Figura 13: Estado actual de tragantes.

Fuete: Propia.

INTERPRETACION DE LA INFORMACIÓN SOBRE EL DRENAJE

Los parámetros y factores descritos anteriormente indican el riesgo de la existencia de una combinación de factores desfavorables y tiene por finalidad brindar una evaluación de la sección en relación con el drenaje, independientemente del estado global del pavimento.

En la siguiente tabla se muestra la evaluación del drenaje superficial y subsuperficial de la vía. En la tabla se ha dividido la vía en tramos de cien metros y se ha hecho la evaluación a cada cien metros, se muestra el número de secciones, el tipo de secciones, el PR inicial y final para cada tramo para tener un mejor control de cada trecho y su ubicación según el PR, también se muestran los factores adversos que dañan la vía según cada uno de los parámetros dados anteriormente, estos factores pueden ser Grietas Longitudinales (GL), fisuras longitudinales (FL).

Tabla 22: Evaluación de drenaje para cada 100 metros.

Subsección N°	Tipo de sección	PK Inicial	PK Final	Factores adversos observados	Parámetros en evaluación – calificación			Calificación Global
					A	H	D	
1	C	0+000	0+100	NB,CH,DH,FL	0	0	0	0
2	C	0+100	0+200	NB,CH,DH,FL	0	0	0	0
3	C	0+200	0+300	NB,CH,DH,FL	0	0	0	0
4	C	0+300	0+400	NB,CH,DH,FL	1	0	1	2
5	C	0+400	0+500	NB,CH,DH,FL	0	0	0	0
6	C	0+500	0+600	NB,CH,DH,FL	0	0	1	1
7	C	0+600	0+700	NB,CH,DH,FL,GL	2	0	1	3
8	C	0+700	0+800	NB,CH,DH,FL,GL	2	0	1	3
9	C	0+800	0+900	NB,CH,DH,FL	0	0	1	1
10	C	0+900	1+000	NB,CH,DH,FL	0	0	0	0
11	C	1+000	1+100	NB,CH,DH,FL	0	0	1	1
12	C	1+100	1+200	NB,CH,DH,FL	0	0	0	0

13	C	1+200	1+300	NB,CH,DH,FL	0	0	1	1
14	C	1+300	1+400	NB,CH,DH,FL	0	0	1	1
15	C	1+400	1+500	NB,CH,DH,FL	0	0	1	1
16	C	1+500	1+600	NB,CH,DH,FL	0	0	0	0
17	C	1+600	1+700	NB,CH,DH,FL	0	0	0	0
18	C	1+700	1+725	NB,CH,DH,FL	0	0	0	0

✓ 4.4.2 LA SEGURIDAD VIAL EN EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS

El análisis para incrementar la seguridad vial se entenderá como: “La prevención de accidentes de tránsito o la minimización de sus efectos especialmente para la vida y la salud de las personas cuando tuviera lugar un hecho no deseado de tránsito”.

➤ Riesgo por Distractores de Propagando y Anuncios en Carreteras



Figura 14: Propagandas y anuncios sobre la carretera.

Fuente: Propia.

Las vallas publicitarias y propaganda en carreteras en la mayoría de los casos, es autorizada por la autoridad local pues representa ingresos a las arcas municipales por la autorización y colocación de los anuncios.

El problema consiste en que no se aplica la normativa de tamaño, distancia, colores, materiales y otros que se indican en los reglamentos, pero en algunos casos no existen

dichos reglamentos. Además, al no tenerse control en el lugar donde se colocará la valla publicitaria es frecuente que se cubra o tape la señalización vertical de las carreteras.

La publicidad en carreteras ha provocado muchos accidentes. Actualmente se utilizan vallas publicitarias “electrónicas” (pantallas) fijas y móviles, las cuales son más llamativas por los cambios de imágenes constantes que producen; presentan la versatilidad de cambiar de patrocinador, así como del lugar donde se coloca, al no existir normativa sobre este tipo de propaganda se dificulta su control.

Es importante identificar tramos de carreteras donde pueda colocarse la publicidad sin causar distracción o percances y que permita observar el paisaje sin interrumpirlo, para ello se debe aplicar la normativa y de preferencia la señalización se debe colocar fuera del derecho de vía; además identificar las rutas y carreteras escénicas en donde se prohíba colocar la publicidad.

4.5 PROPUESTA DE SEÑALIZACION VIAL

Las condiciones de señalización vial en la zona se encuentran en estado insuficiente, por un lado, la poca señalización tanto vertical como horizontal y por otro el estado de la señalización existente deteriorada y mal ubicada.



Figura 15: Señalización ubicada en la carretera en estudio.

Fuente: Propia.

En una vía conflictiva y con mucha afluencia de vehículos como la zona en estudio, debería de existir una señalización adecuada para hacer que el tráfico sea más fluido, de acuerdo a las condiciones de la zona.

De acuerdo con lo observado en cuanto a señalización, para esta zona las señales no cumplen con los requisitos fundamentales tales como el de transmitir un mensaje simple y claro a los actores principales del tráfico en la zona que son los conductores y peatones. Estas señales deberían satisfacer una necesidad y contribuir con el orden y la seguridad además deben estar ubicadas en puntos estratégicos que brinde el suficiente tiempo para reaccionar y atender al mensaje que se pretende transmitir, por tal motivo en el **Plano**

Anexo 11 “Señalización propuesta en la zona de estudio” se presenta la señalización propuesta para mejorar las condiciones de tráfico en la zona en estudio basado en las condiciones actuales del tráfico que son necesarias solventar.

La señalización vial surge por la necesidad de mantener informado al conductor acerca de las características de la vía por la que circula y del entorno por el que esta fluye. En este sentido la misión de la señalización vial se define en tres puntos:

- Advertir de la existencia de peligros potenciales
- Informar de la vigencia de ciertas normas y reglamentaciones en un tramo determinado de la vía.
- Orientar al usuario mediante las oportunas indicaciones para que este sepa en todo momento donde está, hacia a donde va, y que dirección tomar para cambiar de destino.

En las imágenes siguientes se puede apreciar la deplorable condición de la señalización vial actualmente instalada en la zona de estudio:



Figura 16: Señalización decolorada.

Fuente: Propia.



Figura 17: Señalización obstruida por vegetación.

Fuente: Propia.

Como lo muestra las imágenes anteriores las condiciones de la señalización vertical no son las adecuadas ya que la mayoría se encuentra en malas condiciones estructurales y decolorada por el paso del tiempo y nulo mantenimiento que se les brinda, además muchas de estas señales a pesar de presentar condiciones físicas hasta cierto punto aceptables están colocadas de manera inadecuada reduciendo significativamente los beneficios esperados con la colocación.

Para el caso de la señalización horizontal pudo constatarse que en todo el tramo analizado la señalización horizontal es nula.

Donde encontramos con un número de señalizaciones verticales actuales de:

- Altos 30,
- Paradas de autobús 3

Señales propuestas al sistema actual:

- Altos 3, Doble circulación 5, Prohibido sobrepasar 8
- Paradas de autobús 3, Paso de peatón 18, No bloquear intercesión 1

TOTAL 38 SEÑALES NUEVAS

CAPITULO V
ANALISIS
DE RESULTADOS

5.1 ANALISIS DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)



Figura 18: Daños sobre la superficie del pavimento.

Fuente: Propia.

El parámetro más claro y perceptible en la mayoría de casos para conocer el nivel de servicio de una carretera, son los daños en la capa de rodadura del pavimento. Basado en dicha condición, y partiendo de la evaluación y levantamiento de datos de los daños que afectan a la carretera en estudio, es posible conocer ciertas características de la vía, encaminado a lo referente de posibles efectos, y así mismo posibles maneras de solucionar el daño.

A continuación, se ilustra de manera clara y directa lo anteriormente descrito, se definiendo detallada y ordenadamente, en la siguiente tabla los tipos de daños que afectan a la carretera, sus respectivas severidades con sus posibles causas, y opciones de reparación:

Tabla 23: Descripción de daños, causas y soluciones para la carretera en estudio.

Numero de Daño	Descripción	Severidades	Causas	Opciones de reparación
22	Grieta de esquina.	Bajo (L), Medio (M), Alto (H).	Repetición de cargas combinada con la pérdida de soporte y los esfuerzos de alabeo.	No se hace nada, sellado de grietas de más de 3 mm, sellado de grietas, parcheo profundo.
23	Losa dividida.	Bajo (L), Medio (M), Alto (H).	Sobrecarga o soporte inadecuado.	No se hace nada, sellado de grietas de ancho mayor de 3mm, reemplazo de la losa.
28	Grietas lineales (Grietas longitudinales, transversales y diagonales).	Bajo (L), Medio (M), Alto (H).	Combinación de la repetición de las cargas de tránsito y el alabeo por gradiente térmico o de humedad.	No se hace nada, sellado de grietas más anchas que 3.0 mm, sellado de grietas, parcheo profundo, reemplazo de la losa.
29	Parche grande	Bajo (L),	Instalación o	No se hace nada,

	(Mayor de 0.45 m ²) y acometidas de servicios públicos.	Medio (M), Alto (H).	mantenimiento de instalaciones subterráneas.	sellado de grietas, reemplazo del parche.
30	Parche pequeño (menor de 0.45 m ²).	Bajo (L), Alto (H).	-	No se hace nada, reemplazo del parche.
32	Popouts	-	Partículas blandas o fragmentos de madera rotos y desgastados por el tránsito.	No se hace nada.
37	Grietas de retracción.	-	Se forman durante el fraguado y curado del concreto y generalmente no se extienden a través del espesor de la losa.	No se hace nada.
38	Descascaramiento de esquina.	Bajo (L), Medio (M), Alto (H).	-	No se hace nada, parqueo parcial.
39	Descascaramiento de junta.	Bajo (L), Medio (M).	Esfuerzos excesivos en la junta causados por las cargas de tránsito o por la infiltración de materiales incompresibles, concreto débil en la junta por exceso de manipulación.	No se hace nada, parqueo parcial, reconstrucción de la junta.

El análisis del Índice de Condición del Pavimento finaliza con la asignación de un valor numérico a la carretera, el cual indica una descripción general de la condición de la vía.

Con base en la tabla 1 del presente documento, asignando la descripción al valor de PCI del pavimento, el cual adopta un valor de 66, se concluye que la condición de la carretera es **BUENA**.

5.2 ANALISIS DE TRANSITO

Basados en los datos descritos en la carpeta técnica del proyecto, se obtuvo el valor del ESAL's de diseño usado para la carretera; luego, en el análisis de los datos obtenidos del estudio de tránsito actual, se determinaron los ESAL's que actualmente soporta la carretera, así como los ESAL's que se espera que esta tendrá para el final de su vida útil.

Los datos anteriormente descritos se muestran a continuación:

➤ **ESAL'S DE DISEÑO (DE CARPETA TECNICA DEL PROYECTO)**

ESAL'S = 4, 585,805.00

➤ **ESAL'S ACTUALES (TRANSITO ACTUAL)**

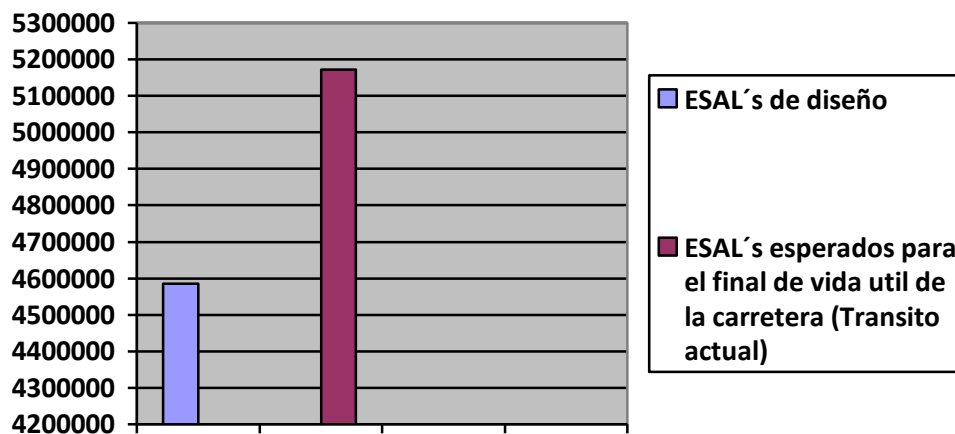
ESAL'S = 789,509.403

➤ **ESAL'S ESPERADO PARA EL FINAL DE LA VIDA UTIL DE LA CARRETERA (TRANSITO ACTUAL)**

ESAL'S = 5, 171,286.59

Parte de suma importancia en el diseño de una carretera es la carga vehicular. A la hora de establecer el transito considerado para el diseño, debe tomarse en cuenta el crecimiento de la demanda vehicular que tendrá la carretera con el transcurrir del tiempo (tasa de crecimiento), lo cual para efectos de un diseño adecuado y preciso requiere de un estudio cuidadoso de crecimiento por cada tipo de vehículo para establecer la manera en que estos aumentaran su demanda de la arteria.

A partir de los datos anteriores, se observa una considerable variación entre la carga de diseño obtenida a partir del estudio de transito considerado por los diseñadores, y la carga de transito que se espera tenga la carretera hasta el final de su vida útil, transcurridos los 20 años para la cual fue diseñada, basado en el transito que demanda actualmente la vía. Esta variación se logra ilustrar en el siguiente grafico comparativo



:

Grafico 4: ESAL's de diseño vs ESAL's esperados (transito actual).

De los datos ilustrados en el anterior gráfico, se logra apreciar que la carga esperada que soportara la carretera (con base en datos actuales de transito), en comparación a la carga

con la cual esta se diseñó, será una diferencia de 585,481.59 ESAL's en aumento, correspondiente a un 12.77 % de sobrecarga vehicular, lo cual generalmente puede repercutir en una disminución de la vida útil de la arteria, reflejado en las disminuciones aceleradas de condiciones óptimas para su servicio, esto debido a la sobredemanda no considerada dentro de su diseño.

5.3 ANALISIS DE RIESGOS

RIESGO 1: DRENAJE SUPERFICIAL



Figura 19: Estado de tragantes del sistema de drenaje de la carretera.

Fuente: Propia.



Figura 20: Tragante obstaculizado por residuos sólidos.

Fuente: Propia.

- Las condiciones del drenaje superficial actuales en la carretera son considerablemente buenas a excepción del tramo 0+600 hasta el estacionamiento 0+800 de la avenida Miguel Ángel Benett que presenta inundaciones en época lluviosa y las alcantarillas de aguas lluvias poseen poca efectividad para evacuar los volúmenes de agua, siendo este el punto de desembocadura de las colonias aledañas las cuales no tienen sistemas de aguas lluvias.

SINTESIS

- **Área:** Riesgos Naturales y Antrópicos
- **Tema:** Drenaje Superficial
- **Riesgo:** Inundaciones
- **Riesgo Concatenado:** Suma de eventos lluvia
- **Vulnerabilidad:** Visibilidad
- **Peligro:** Pérdida de vidas humanas, lesiones, daños materiales, económicas
- **Desastre:** Daños a la infraestructura
- **Recomendaciones para mitigar el riesgo de desastres:**
 - Mayor capacidad de los drenajes
 - Mayor pendiente del drenaje
 - Menor espaciamiento del drenaje
 - Obras de mitigación en áreas cercanas al proyecto (derecho de vía)
 - Disipadores de energía en caídas de agua
 - Estudio detallado de la cuenca

Historial de la cuenca y su tamaño

Mapas temáticos (lluvia, humedad, viento, temperatura y otros)

Evitar que volúmenes de agua considerables lleguen a la carretera

Contemplar las actividades que se desarrollan dentro de la cuenca

Considerar que en áreas urbanas generalmente los drenajes son combinados

Contemplar el mantenimiento y limpieza de las estructuras hidráulicas cada año

RIESGO 2: CONTAMINACION VISUAL

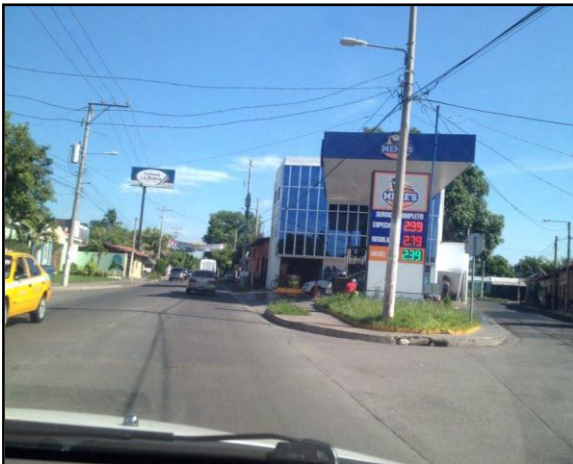


Figura 21: Propaganda de negocios y empresas ubicados sobre la carretera.

Fuente: Propia.



Figura 22: Publicidad sobre la carretera.

Fuente: Propia.

- Distractores de Propagando y Anuncios en Carreteras son de los más comunes riesgos que presentan en toda la avenida, generan que el conductor deje de visualizar la carretera sobre la cual se conduce lo que produce accidentes por la distracción.

SINTESIS

- **Área:** Conductores
- **Tema:** Seguridad Vial
- **Riesgo Antrópico:** Accidentes de tránsito
- **Riesgo Concatenado:** Accidentes múltiples y daños a terceros
- **Vulnerabilidad:** Distractores en la conducción
- **Peligro:** Pérdida de Vidas Humanas, lesiones, daños materiales
- **Desastre:** Daños a la infraestructura
- **Recomendaciones para mitigar el riesgo:**
 - Aplicar normativa sobre vallas y anuncios en carreteras
 - Alejar vallas y anuncios de la carretera
 - Establecer rutas panorámicas
 - Tomar en cuenta la dirección del viento
 - Supervisar y revisar la estructura portante de las vallas y anuncios
 - Normar uso de colores
 - Evitar reflejos de los materiales

5.4 SEÑALIZACION VIAL PROPUESTA PARA LA ZONA EN ESTUDIO

De acuerdo a las condiciones de la vía se proponen una señalización vial adecuada a la zona de tal manera que logre transmitir el mensaje final al usuario.

La señalización vertical en la zona estará distribuida de la siguiente manera:

Las señales restrictivas que se proponen son: altos en algunas de las intersecciones donde la condición del tráfico lo amerite, también algunos lugares donde es prohibido el estacionamiento y las paradas de autobuses, esto con el fin de que por medio de las restricciones propuestas el tráfico sea fluido.

Las señales informativas son señalización de destino con el fin de informar al usuario cada uno de sus destinos que se encuentran en su recorrido, además informarles sobre las estaciones de servicio que se encuentran en la zona.

La señalización vertical en la zona estará distribuida de la siguiente manera:

En las intersecciones se marcarán en la calzada los pasos peatonales en las arterias secundarias que se considere necesario.

➤ **SEÑALES VERTICALES**

✓ **Función y clasificación**

Las señales verticales son placas fijadas en postes o estructuras instaladas sobre la vía o adyacentes a ella, que mediante símbolos o leyendas determinadas cumplen la función de prevenir a los usuarios sobre la existencia de peligros y su naturaleza, reglamentar las prohibiciones o restricciones respecto del uso de las vías, así como brindar la información necesaria para guiar a los usuarios de las mismas.

De acuerdo con la función que cumplen, las señales verticales se clasifican en:

- Señales preventivas
- Señales reglamentarias
- Señales informativas

✓ **Uso de las señales**

El uso de las señales debe estar apoyado en estudios realizados por profesionales con experiencia en el campo de la Ingeniería de Tránsito.


Debe tenerse cuidado de no instalar un número excesivo de señales preventivas y reglamentarias en un espacio corto, ya que esto puede ocasionar la contaminación visual y la pérdida de efectividad de las mismas. Por otra parte, es conveniente que se usen con





frecuencia las señales informativas de identificación y de destino, con el fin de que los usuarios de la vía conozcan siempre su ubicación y rumbo.

Las señales que se instalen deberán ser legibles para los usuarios y su ubicación debe ser acorde con lo establecido, para permitir una pronta y adecuada reacción del conductor aun cuando éste se acerque a la señal a alta velocidad. Esto implica que los dispositivos cuenten con buena visibilidad, tamaño de letras adecuado, leyenda corta, símbolos y formas acordes con lo especificado.

A continuación, se presenta una tabla resumen de las señales propuesta a incorporar a la carretera en estudio:

Tabla 24: Señalización propuesta para la vía.

SEÑAL DE TRANSITO	DESCRIPCION
PASO DE PEATONES	Disminuya la velocidad, si hay peatones cruzando la vía debe detenerse, ya que ellos tienen prioridad de paso.
	
DOBLE CIRCULACION	El tramo de carretera al que se aproxima es en doble sentido.
	
ALTO	Tal como lo indica el reglamento de tránsito en su Art. 98 # 4,

	<p>debe detener por completo la marcha y ceder el paso siempre que llegue a ella.</p>
<p>PROBIDIO REBASAR O ADELANTAR</p>	<p>Les indica a los conductores de vehículos que en ese tramo de las vías, no es permitido adelantar a otros automóviles.</p>
	
<p>PROHIBIDO ESTACIONARSE</p>	<p>Les indica a los conductores de vehículos que en ese tramo de la vía, no es permitido el estacionamiento y que puede ser multado si no respeta dicha restricción.</p>
	
<p>NO BLOQUEAR LA INTERSECCION</p>	<p>Se empleara en aquellos lugares en donde el trafico sea muy intenso y sea necesario que los conductores respeten el derecho de paso de los demás vehículos, sobre todo en las de mayor tráfico.</p>
	

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

1. A pesar de la falta de mantenimiento a la vía, las condiciones superficiales del pavimento son aceptables, siendo los daños encontrados en estos muy comunes, como lo son losas divididas, grietas longitudinales y transversales, parches, grietas de retracción entre otros. Siendo generalmente en rangos de severidad medios y leves, y escasamente daños de severidades altas. El porcentaje de daños más representativo a lo largo de la avenida son las grietas longitudinales que abarcan el 29.90 % de la vía en estudio, que, por descripción del manual de daños (ASTM D6433-11) anexado en el presente documento, se debe a la combinación de la repetición de las cargas de tránsito y el alabeo por gradiente térmico o de humedad.
2. Los antecedentes de la carpeta técnica, al ser analizados detenidamente, se encontraron muchos déficits de información acerca del diseño del pavimento, en cuanto a aspectos tales como tránsito, diseño de espesores, así mismo como los materiales que componen las capas de la estructura, detalles de dimensiones de losas con sus respectivos cortes, etc. Por lo cual se ve la importancia de una detallada y completa formulación de cada etapa que conlleva la carpeta, así como sus estudios de prefactibilidad, estudios de campañas geotécnicas, etc.

3. El estudio de tránsito realizado y registrado en la carpeta técnica para el diseño de la avenida carece de detalles e información completa del registro de vehículos considerados para la proyección y cálculo de cargas.
4. El ESAL 's de diseño obtenido en la carpeta técnica para el año 2002 con un valor de 4,585,805.00, al ser comparado con las cargas esperadas hasta el final de la vida útil de la carretera proyectado en el estudio de tránsito del año 2016, el cual registra un valor de ESAL 's de 5, 171,286.59, da como resultado la existencia de una sobrecarga vehicular representada en un porcentaje del 12.77 %.
5. El análisis de riesgos registrado para la avenida, muestra que el estado del drenaje a nivel de tragantes presenta un funcionamiento aceptable, presentando algunas obstrucciones por desechos sólidos que obstaculizan la evacuación de aguas lluvias. Determinándose que el problema del drenaje superficial en la carretera radica en que las colonias aledañas como la colonia Quezada, y colonia San José, sus calles y avenidas no cuentan con el servicio de alcantarillado de aguas lluvias, lo cual produce que en época de invierno toda la escorrentía superficial es evacuada a través del cordón-cuneta buscando los puntos de menores elevaciones siendo estos el camino hacia la calle Avenida Coronel Miguel Ángel Benett generando una zona de desembocadura en la estación 0+600 hasta la estación 0+800 (área de farmacias en la calle Carranza), representando la única zona inundable en toda la avenida.

6. La contaminación visual presente en la avenida es bastante notoria en la zona comercial dentro de las cuales están mini supers, farmacias, venta de repuestos y llantas, gasolinera, etc. Dichos rótulos y vallas publicitarias están sobre el derecho de vía. Por lo anterior, generando distracción al conductor, presentando un riesgo que puede generar accidentes de tránsito.
7. Las señales de tránsito horizontales y verticales identificadas sobre la zona son escasas. En cuanto a señales verticales se refiere, existe un número limitado e insuficiente, con la presencia de señales tales como altos y paradas de buses solamente. En cuanto a señales horizontales se carece de ellas a lo largo de toda la vía, ya que ni siquiera existe división de carriles ni pasos peatonales.
8. La condición del pavimento en relación a las cargas de tránsito para el periodo actual se ha logrado mantener en un buen estado, viéndose reflejado en el valor del PCI (66). A pesar que ya se logra observar una sobrecarga, la estructura del pavimento se ha desempeñado satisfactoriamente.
9. La única zona de inundación identificada sobre la carretera es la zona que presenta mejores condiciones superficiales, localizando a penas ciertas fisuras leves en las losas del pavimento, las cuales no son perceptibles por el conductor manteniendo el confort de la carretera.

10. El método para determinar la vida remanente del pavimento puede algunas veces producir resultados erróneos. Puede llegarse a valores de vida remanente extremadamente bajos, aunque se presente muy poco deterioro asociado a las cargas, o por el contrario la estimación puede arrojar valores extremadamente altos, aunque se presente un deterioro asociado a las cargas entre mediano y alto, el cual podría ser el presente caso. En cualquier punto de estos dos extremos, la vida remanente calculada para el tráfico pasado no refleja la magnitud del daño por fatiga en el pavimento, pero discernir esto del deterioro observado puede ser incluso más dificultoso.

5.2 RECOMENDACIONES

1. El estudio realizado sobre la Av. Coronel Miguel Ángel Bennett presenta toda la información de carácter superficial es decir una evaluación funcional, para la cual se recomienda la continuidad de la evaluación estructural de la carretera y así obtener toda la información de la estructura del pavimento (Carpeta de rodadura, subbase, subrasante), donde requerirán el uso del equipo Deflectómetro de Impacto FWD y así tener mayor alcance del estado actual de la vía.
2. Partiendo de los resultados de los ESAL 's da como resultado la existencia de una sobrecarga vehicular representada en un porcentaje del 12.77 %. La Av. Coronel Miguel Ángel Bennett se verá superada en su tránsito de diseño dicho dato nos indica que la vida útil proyectada será disminuida, se recomienda que al realizar el diseño de una carretera tomar todas las consideraciones pertinentes realizar un buen estudio de tránsito y al mismo tiempo una proyección con una tasa de crecimiento que vaya de acuerdo a la realidad de la zona donde se ejecute el proyecto y así obtener datos cercanos a la realidad que se verán reflejados al momento que las carreteras estén en uso y cumplan con la vida útil de diseño.

3. El sistema de drenaje subsuperficial con el que consta la vía desde su diseño presenta un buen diseño salvo en las zonas de la farmacia la Buena y la farmacia Brasil en el estacionamiento 0+600 al 0+800, donde la calle Carranza desemboca sirviendo como canal debido a la falta de sistema de alcantarillado de aguas lluvias en las colonias aledañas para lo cual se recomienda que, al realizar un proyecto de pavimentado de calle o adoquinado, se considere primero introducir el sistema de A. LL y A. N antes debido a los problemas futuros como el presente en la Av. Coronel Miguel Ángel Benett.

4. La evaluación del Índice de Condición del Pavimento (PCI) al realizar la auscultación debe de tenerse un conocimiento previo del nombre de cada daño presentes en la norma ASTM D6433-11, así como su medida de severidad para poder analizar correctamente la carretera y de esta manera presentar una base datos que esté de acuerdo a las condiciones reales de la vía en estudio.

BIBLIOGRAFIA

- SIECA, (2002). Manual centroamericano para diseño de pavimentos, Guatemala:

- Bardales, C., Chang, G., (2013). Elaboración de curvas de ciclo de vida de las carreteras CA 1, CA 2, CA 3. Tesis de Ingeniería Civil, Universidad de El Salvador, San Salvador:

- Campos, W., Morales, R., Rivera, J., (2015). Evaluación del tráfico vehicular con enfoque de gestión de riesgos en la carretera panamericana CA-1 en el tramo comprendido entre la intersección de la Av. José Simeón Cañas sur hasta la intersección con la 30 Av. Sur en la ciudad de San Miguel. Tesis de Ingeniería Civil, Universidad de El Salvador, San Miguel:

- Universidad de Colombia, (2002). Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras, Colombia:

- Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, (2012). Manual de Auscultación Visual de Pavimentos de Costa Rica, Costa Rica:

- Ministerio de Transporte, Republica de Colombia, (2009). Manual de drenaje para carreteras, Colombia:

- Ministerio de transporte, Republica de Colombia, (2009). Instructivo para la inspección y calificación del sistema de drenaje, Colombia:

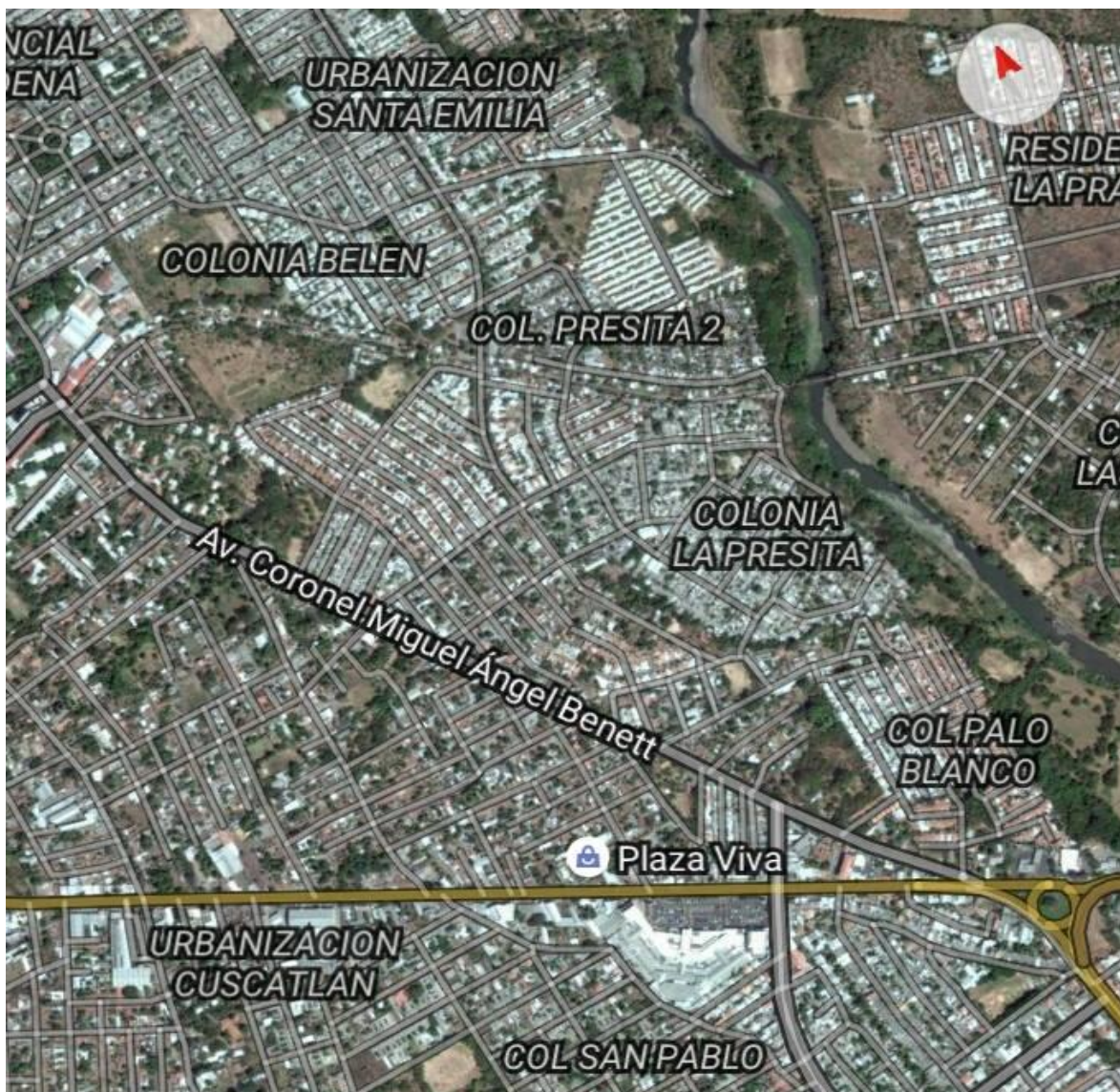
- Contenido de estudio hidrogeológico (2015). [Base de datos]. El Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Disponible en:
<http://www.marn.gob.sv/descargas/contenido-de-estudio-hidrogeologico-2/>

- Instituto Nacional de Vías, (2002). "Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras", Bogotá, Colombia.

- Ministerio de Transporte, (2004). Manual de señalización vial Dispositivos para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclo rutas de Colombia, Bogotá D.C. Colombia:

ANEXO 1

Croquis de ubicación: Avenida Coronel Miguel Ángel Benett



Fuente: <https://maps.google.com.sv>

ANEXO 2

Fotos del estado actual de la Avenida Coronel Miguel Ángel Bennett



Daño 22: Rotura de la esquina (grieta que intercepta dos bordes).



Daño 28: Grietas lineales (Longitudinal, transversal y diagonal) (Dividen la losa en dos o tres pedazos).



Daño 23: Losa dividida (Rotura en cuatro o más pedazos).



Daño 28: Grietas lineales (Longitudinal, transversal y diagonal) (Dividen la losa en dos o tres pedazos).



Daño 29: parche grande (reparación por acometida)



Daño 22, 28: Grieta de borde y longitudinal, daño en la junta



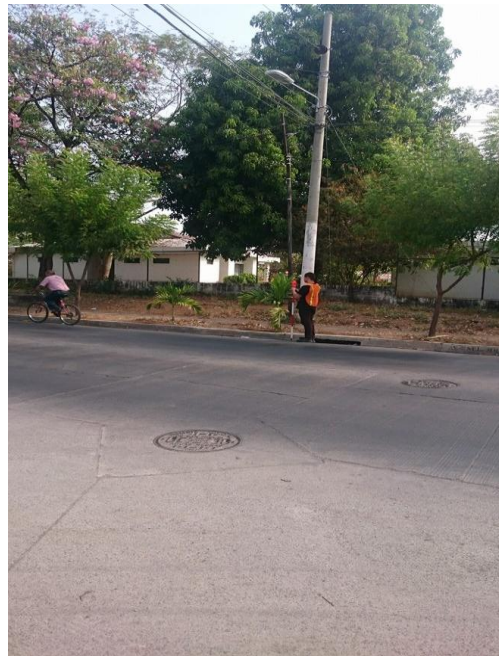
Daño 22: Grieta de borde y daño en la junta



Daño 28: Grieta longitudinal atraviesa tres losas.

ANEXO 3

Registro fotográfico del levantamiento topográfico.



ANEXO 4

Inspección del drenaje superficial.



Calle Carranza, descarga de escorrentía superficial sobre Calle Antigua a La Unión (Zona de inundación).



Estado de tragantes del sistema de drenaje de la vía.



Escorrentía superficial de colonias aledañas a la Avenida Coronel Miguel Ángel Benett.



Afluentes de agua que desembocan sobre la Av. Coronel Miguel Ángel Benett en estudio.

ANEXO 5

Inspección de señalización ubicada en la zona de estudio.



ANEXO 6
Formulario de la exploración de la condición superficial por unidades de muestreo
(ASTM D6433-11).

PAVIMENTOS CON SUPERFICIE DE CONCRETO HIDRÁULICO										
Exploración de la condición superficial por unidades de muestreo										
Ramal					Abscisa inicial					
Segmento					Abscisa final					
Unidad de inspección					Número de losas					
Fecha de inspección					Inspeccionada por					
Esquema										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
No.	Daño	Un.								
21	Explosión / Pandeo	Un.								
	Rotura por dilatación de la losa									
22	Rotura de la esquina	Un.								
	Grieta que intercepta dos bordes									
23	Losa dividida	Un.								
	Rotura en cuatro o más pedazos									
24	Grieta de durabilidad "D"	Un.								
	Expansión agregado por congelamiento									
No.	Daño	Un.								
31	Pulimento de agregados	Un.								
	Requiere prueba de deslizamiento									
32	Desprendimiento de agregados	Un.								
	Mínimo 3 pérdidas / m ²									
33	Bombeo	Un.								
	Expulsión de material por la junta									
34	Punzonamiento	Un.								
	Área localizada rota en pedazos									

25	Escalonamiento	Un.
	Desnivel a través de la junta	
26	Daño del sello de la junta	Un.
	Condición general de la unidad	
27	Desnivel carril / berma	Un.
	Asentamiento o erosión de la berma	
28	Grietas lineales (long., transv. & diag.)	Un.
	Dividen la losa en 2 o 3 pedazos	
29	Parqueo grande (> 0.5 m ²) y acometidas	Un.
	Incluye acometidas de servicios	
30	Parqueo pequeño (< 0.5 m ²)	Un.

35	Cruce de vía férrea	Un.
36	Descascaramiento por agrietamiento	Un.
	Pérdida de material por manipulación del concreto	
37	Grietas de retracción	Un.
	Grietas capilares de poca extensión	
38	Astillamiento de esquina	Un.
	Rotura a 0.6 m de la esquina	
39	Astillamiento de junta	Un.
	Rotura a 0.6 m del borde	

Daño	Nivel de severidad	Cantidades parciales	Total	Densidad (%)	Valor deducido

ANEXO 7

Manual de daños y severidades en pavimentos rígidos.

DAÑO	SEVERIDAD
FISURAS Y GRIETAS	
Blowup - buckling.	B (Bajo): Causa una calidad de tránsito de baja severidad.
	M (Medio): Causa una calidad de tránsito de severidad media.
	A (Alto): Causa una calidad de tránsito de alta severidad
Grieta de esquina.	B (Bajo): El área entre la grieta y las juntas está ligeramente agrietada o no presenta grieta alguna.
	M (Medio): Se define por una grieta de severidad media o el área entre la grieta y las juntas presenta una grieta de severidad media
	A (Alto): Se define por una grieta de severidad alta o el área entre la junta y las grietas está muy agrietada.

Losa dividida.	<p style="text-align: center;">Cuadro 23.1. Niveles de Severidad para Losa Dividida</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Severidad de la mayoría de las grietas</th> <th colspan="3">Número de pedazos en la losa agrietada</th> </tr> <tr> <th>4 a 5</th> <th>6 a 8</th> <th>8 ó más</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>L</td> <td>L</td> <td>L</td> <td>M</td> </tr> <tr> <td>M</td> <td>M</td> <td>M</td> <td>H</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>M</td> <td>M</td> <td>H</td> </tr> </tbody> </table>	Severidad de la mayoría de las grietas	Número de pedazos en la losa agrietada			4 a 5	6 a 8	8 ó más	L	L	L	M	M	M	M	H	H	M	M	H
Severidad de la mayoría de las grietas	Número de pedazos en la losa agrietada																			
	4 a 5	6 a 8	8 ó más																	
L	L	L	M																	
M	M	M	H																	
H	M	M	H																	
Grieta de durabilidad "d".	<p>B (Bajo):</p> <p>Cubren menos del 15% del área de la losa. La mayoría de las grietas están cerradas, pero unas pocas piezas pueden haberse desprendido.</p> <hr/> <p>M (Medio):</p> <p>Cubren menos del 15% del área de la losa y la mayoría de los pedazos se han desprendido o pueden removerse con facilidad.</p> <p>Cubren más del 15% del área. La mayoría de las grietas están cerradas, pero unos pocos pedazos se han desprendido o pueden removerse fácilmente.</p> <hr/> <p>A (Alto):</p> <p>Cubren más del 15% del área y la mayoría de los pedazos se han desprendido o pueden removerse fácilmente.</p>																			
Escala.	<p style="text-align: center;">Cuadro 25.1 Niveles de Severidad para Escala.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Nivel de severidad</th> <th>Diferencia en elevación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>L</td> <td>3 a 10 mm</td> </tr> <tr> <td>M</td> <td>10 a 19 mm</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>Mayor que 19 mm</td> </tr> </tbody> </table>	Nivel de severidad	Diferencia en elevación	L	3 a 10 mm	M	10 a 19 mm	H	Mayor que 19 mm											
Nivel de severidad	Diferencia en elevación																			
L	3 a 10 mm																			
M	10 a 19 mm																			
H	Mayor que 19 mm																			

Daño del sello de la junta.	B (Bajo): El <i>sellante</i> está en una condición buena en forma general en toda la sección.
	M (Medio): Está en condición regular en toda la sección, con uno o más de los tipos de daño que ocurre en un grado moderado.
	A (Alto): Está en condición generalmente buena en toda la sección, con uno o más de los daños anteriores a este, los cuales ocurren en un grado severo.
Desnivel carril / berma.	B (Bajo): La diferencia entre el borde del pavimento y la berma es de 25.0 mm a 51.0 mm.
	M (Medio): La diferencia de niveles es de 51.0 mm a 102.0 mm.
	A (Alto): La diferencia de niveles es mayor que 102.0 mm.
Grietas lineales (grietas longitudinales, transversales y diagonales).	Losa sin refuerzo
	B (Bajo): Grietas no selladas (incluye llenante inadecuado) con ancho menor que 12.0 mm

	<p>M (Medio):</p> <p>Grieta no sellada con ancho entre 12.0 mm y 51.0 mm.</p> <p>Grieta no sellada de cualquier ancho hasta 51.0 mm con escala menor que 10.0 mm.</p> <p>Grieta sellada de cualquier ancho con escala menor que 10.0 mm.</p>
	<p>A (Alto):</p> <p>Grieta no sellada con ancho mayor que 51.0 mm.</p> <p>Grieta sellada o no de cualquier ancho con escala mayor que 10.0 mm.</p>
	<p>Losa con refuerzo</p>
	<p>B (Bajo):</p> <p>Grietas no selladas con ancho entre 3.0 mm y 25.0 mm</p>
	<p>M (Medio):</p> <p>Grieta no sellada con un ancho entre 25.0 mm y 76.0 mm y sin escala.</p> <p>Grieta no sellada de cualquier ancho hasta 76.0 mm con escala menor que 10.0 mm.</p> <p>Grieta sellada de cualquier ancho con escala hasta de 10.0 mm.</p>
	<p>A (Alto):</p>

	<p>Grieta no sellada de más de 76.0 mm de ancho.</p> <p>Grieta sellada o no de cualquier ancho y con escala mayor que 10.0 mm.</p>
Parche grande (mayor de 0.45 m ²) y acometidas de servicios públicos.	<p>B (Bajo):</p> <p>El parche está funcionando bien, con poco o ningún daño.</p>
	<p>M (Medio):</p> <p>El parche esta moderadamente deteriorado o moderadamente descascarado en sus bordes.</p>
	<p>A (Alto):</p> <p>El parche está muy dañado.</p>
Parche pequeño (menor de 0.45 m ²).	<p>B (Bajo):</p> <p>El <i>parche</i> está funcionando bien, con poco o ningún daño.</p>
	<p>M (Medio):</p> <p>El <i>parche</i> está moderadamente deteriorado.</p>
	<p>A (Alto):</p> <p>El <i>parche</i> está muy deteriorado.</p>
Pulimento de agregados.	No se definen grados de severidad. Sin embargo, el grado de pulimento deberá ser significativo antes de incluirlo en un inventario de la condición y calificarlo como un defecto.
Grietas lineales (grietas	No se definen grados de severidad. Sin embargo, el <i>popout</i> debe ser extenso antes que se registre como un daño. La

longitudinales, transversales y diagonales).	densidad promedio debe exceder aproximadamente tres por metro cuadrado en toda el área de la losa.																			
Bombeo.	No se definen grados de severidad. Es suficiente indicar la existencia.																			
Punzonamiento.	<p style="text-align: center;">Cuadro 34.1. Niveles de Severidad para Punzonamiento</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2" style="text-align: left;">Severidad de la mayoría de las grietas</th> <th colspan="3" style="text-align: center;">Número de pedazos</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">2 a 3</th> <th style="text-align: center;">4 a 5</th> <th style="text-align: center;">Más de 5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">L</td> <td style="text-align: center;">L</td> <td style="text-align: center;">L</td> <td style="text-align: center;">M</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">M</td> <td style="text-align: center;">L</td> <td style="text-align: center;">M</td> <td style="text-align: center;">H</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">H</td> <td style="text-align: center;">M</td> <td style="text-align: center;">H</td> <td style="text-align: center;">H</td> </tr> </tbody> </table>	Severidad de la mayoría de las grietas	Número de pedazos			2 a 3	4 a 5	Más de 5	L	L	L	M	M	L	M	H	H	M	H	H
Severidad de la mayoría de las grietas	Número de pedazos																			
	2 a 3	4 a 5	Más de 5																	
L	L	L	M																	
M	L	M	H																	
H	M	H	H																	
Cruce de vía férrea.	<p>B (Bajo):</p> <p>El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de baja severidad.</p>																			
	<p>M (Medio):</p> <p>El cruce de la vía férrea produce calidad de tránsito de severidad media.</p>																			
	<p>A (Alto):</p> <p>El cruce de la vía férrea produce calidad de tránsito de alta severidad.</p>																			
Desconcha miento, mapa de grietas, Craquelado.	<p>B (Bajo):</p> <p>La superficie está en buena condición con solo un <i>descamado</i> menor presente.</p>																			
	<p>M (Medio):</p> <p>La losa está <i>descamada</i>, pero menos del 15% de la losa está afectada.</p>																			
	<p>A (Alto):</p>																			

	La losa esta <i>descamada</i> en más del 15% de su área.														
Grietas de retracción.	No se definen niveles de severidad. Basta con indicar que están presentes.														
Descascaramiento de esquina.	<p align="center">Cuadro 38.1 Niveles de Severidad para Descascaramiento de Esquina.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Profundidad del Descascaramiento</th> <th colspan="2">Dimensiones de los lados del descascaramiento</th> </tr> <tr> <th>127.0 x 127.0 mm a 305.0 x 305.0 mm</th> <th>Mayor que 305.0 x 305.0 mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Menor de 25.0 mm</td> <td>L</td> <td>L</td> </tr> <tr> <td>> 25.0 mm a 51.0 mm</td> <td>L</td> <td>M</td> </tr> <tr> <td>Mayor de 51.0 mm</td> <td>M</td> <td>H</td> </tr> </tbody> </table>	Profundidad del Descascaramiento	Dimensiones de los lados del descascaramiento		127.0 x 127.0 mm a 305.0 x 305.0 mm	Mayor que 305.0 x 305.0 mm	Menor de 25.0 mm	L	L	> 25.0 mm a 51.0 mm	L	M	Mayor de 51.0 mm	M	H
Profundidad del Descascaramiento	Dimensiones de los lados del descascaramiento														
	127.0 x 127.0 mm a 305.0 x 305.0 mm	Mayor que 305.0 x 305.0 mm													
Menor de 25.0 mm	L	L													
> 25.0 mm a 51.0 mm	L	M													
Mayor de 51.0 mm	M	H													

Descascaramiento de junta.	Cuadro 39.1 Niveles de Severidad Descascaramiento de Junta			
	Fragmentos del Descascaramiento	Ancho del descascaramiento	Longitud del descascaramiento	
			< 0.6m	> 0.6 m
	Duros. No puede removerse fácilmente (pueden faltar algunos pocos fragmentos).	< 102 mm	L	L
		> 102 mm	L	L
Suelos. Pueden removerse y algunos fragmentos pueden faltar. Si la mayoría o todos los fragmentos faltan, el descascaramiento es superficial, menos de 25.0 mm.	< 102 mm	L	M	
	> 102 mm	L	M	
Desaparecidos. La mayoría, o todos los fragmentos han sido removidos.	< 102 mm	L	M	
	> 102 mm	M	H	

ANEXO 8

Memoria de cálculo completa de “factor camión” para cada tipo de vehículo.

Espesor estimado del pavimento: El espesor D de las losas del pavimento es de 6 pulgadas (15 cm), esto determinado en la carpeta técnica de la carretera Av. Miguel Ángel Benett.

Índice de Serviciabilidad Final (Pt): Definiendo el valor del índice de Serviciabilidad fina, de acuerdo a lo descrito en la carpeta técnica del diseño de la carretera en estudio presenta un valor de 2.0.

$$\mathbf{Pt = 2.0}$$

Vehículo: Automóvil

Eje de dirección:

$$Peso = 1 \text{ Ton} \times \frac{2.2 \text{ Kip}}{1 \text{ Ton}} = 2.2 \text{ Kips}$$

Utilizando la Tabla 3-10 del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos se tiene:

$$2 \text{ kip} \rightarrow 0.0002$$

$$2.2 \text{ kip} \rightarrow LEF_1$$

$$4 \text{ kip} \rightarrow 0.002$$

$$\frac{2.2 \text{ kip} - 2 \text{ kip}}{4 \text{ kip} - 2 \text{ kip}} = \frac{LEF_1 - 0.0002}{0.002 - 0.0002}$$

$$LEF_1 = 0.0002 + (0.002 - 0.0002) \left(\frac{2.2kip - 2kip}{4kip - 2kip} \right)$$

$$LEF_1 = 0.00038$$

Eje de tracción:

$$Peso = 1 \text{ Ton} \times \frac{2.2Kip}{1Ton} = 2.2 \text{ kips}$$

Utilizando la Tabla 3-10 del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos se tiene:

$$2 \text{ kip} \rightarrow 0.0002$$

$$2.2 \text{ kip} \rightarrow LEF_2$$

$$4 \text{ kip} \rightarrow 0.002$$

$$\frac{2.2kip - 2kip}{4kip - 2kip} = \frac{LEF_2 - 0.0002}{0.002 - 0.0002}$$

$$LEF_2 = 0.0002 + (0.002 - 0.0002) \left(\frac{2.2kip - 2kip}{4kip - 2kip} \right)$$

$$LEF_2 = 0.00038$$

Calculando factor de camión:

$$FC = LEF_1 + LEF_2$$

$$FC = 0.00038 + 0.00038$$

$$FC = \mathbf{0.00076}$$

Vehículo: Pick - Up

Eje de dirección:

$$Peso = 1 \text{ Ton} \times \frac{2.2 \text{ Kip}}{1 \text{ Ton}} = 2.2 \text{ kips}$$

Utilizando la Tabla 3-10 del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos se tiene:

$$2 \text{ kip} \rightarrow 0.0002$$

$$2.2 \text{ kip} \rightarrow LEF_1$$

$$4 \text{ kip} \rightarrow 0.002$$

$$\frac{2.2 \text{ kip} - 2 \text{ kip}}{4 \text{ kip} - 2 \text{ kip}} = \frac{LEF_1 - 0.0002}{0.002 - 0.0002}$$

$$LEF_1 = 0.0002 + (0.002 - 0.0002) \left(\frac{2.2 \text{ kip} - 2 \text{ kip}}{4 \text{ kip} - 2 \text{ kip}} \right)$$

$$LEF_1 = 0.00038$$

Eje de tracción:

$$Peso = 3 \text{ Ton} \times \frac{2.2 \text{ Kip}}{1 \text{ Ton}} = 6.6 \text{ kips}$$

Utilizando la Tabla 3-10 del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos se tiene:

$$6 \text{ kip} \rightarrow 0.011$$

$$6.6 \text{ kip} \rightarrow LEF_2$$

$$8 \text{ kip} \rightarrow 0.035$$

$$\frac{6.6kip - 6kip}{8kip - 6kip} = \frac{LEF_2 - 0.011}{0.035 - 0.011}$$

$$LEF_2 = 0.011 + (0.035 - 0.011) \left(\frac{6.6kip - 6kip}{8kip - 6kip} \right)$$

$$LEF_2 = 0.0182$$

Calculando factor de camión:

$$FC = LEF_1 + LEF_2$$

$$FC = 0.00038 + 0.0182$$

$$FC = 0.01858$$

Vehículo: Microbús Mediano

Eje de dirección:

$$Peso = 4 Ton \times \frac{2.2Kip}{1Ton} = 8.8 kips$$

Utilizando la Tabla 3-10 del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos se tiene:

$$8 kip \rightarrow 0.035$$

$$8.8 kip \rightarrow LEF_1$$

$$10 kip \rightarrow 0.087$$

$$\frac{8.8kip - 8kip}{10kip - 8kip} = \frac{LEF_1 - 0.035}{0.087 - 0.035}$$

$$LEF_1 = 0.035 + (0.087 - 0.035) \left(\frac{8.8kip - 8kip}{10kip - 8kip} \right)$$

$$LEF_1 = 0.0558$$

Eje de tracción:

$$Peso = 8 \text{ Ton} \times \frac{2.2Kip}{1Ton} = 17.6 \text{ kips}$$

Utilizando la Tabla 3-10 del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos se tiene:

$$16 \text{ kip} \rightarrow 0.614$$

$$17.6 \text{ kip} \rightarrow LEF_2$$

$$18 \text{ kip} \rightarrow 1.0$$

$$\frac{17.6kip - 16kip}{18kip - 16kip} = \frac{LEF_2 - 0.614}{1.0 - 0.614}$$

$$LEF_2 = 0.614 + (1.0 - 0.614) \left(\frac{17.6kip - 16kip}{18kip - 16kip} \right)$$

$$LEF_2 = 0.9228$$

Calculando factor de camión:

$$FC = LEF_1 + LEF_2$$

$$FC = 0.0558 + 0.9228$$

$$FC = 0.9786$$

Vehículo: Autobús

Eje de dirección:

$$Peso = 6 \text{ Ton} \times \frac{2.2 \text{ Kip}}{1 \text{ Ton}} = 13.2 \text{ kips}$$

Utilizando la Tabla 3-10 del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos se tiene:

$$12 \text{ kip} \rightarrow 0.186$$

$$13.2 \text{ kip} \rightarrow LEF_1$$

$$14 \text{ kip} \rightarrow 0.353$$

$$\frac{13.2 \text{ kip} - 12 \text{ kip}}{14 \text{ kip} - 12 \text{ kip}} = \frac{LEF_1 - 0.186}{0.353 - 0.186}$$

$$LEF_1 = 0.186 + (0.353 - 0.186) \left(\frac{13.2 \text{ kip} - 12 \text{ kip}}{14 \text{ kip} - 12 \text{ kip}} \right)$$

$$LEF_1 = 0.2862$$

Eje de tracción:

$$Peso = 10.8 \text{ Ton} \times \frac{2.2 \text{ Kip}}{1 \text{ Ton}} = 23.76 \text{ kips}$$

Utilizando la Tabla 3-10 del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos se tiene:

$$22 \text{ kip} \rightarrow 2.32$$

$$23.76 \text{ kip} \rightarrow LEF_2$$

$$24 \text{ kip} \rightarrow 3.37$$

$$\frac{23.76kip - 22kip}{24kip - 22kip} = \frac{LEF_2 - 2.32}{3.37 - 2.32}$$

$$LEF_2 = 2.32 + (3.37 - 2.32) \left(\frac{23.76kip - 22kip}{24kip - 22kip} \right)$$

$$LEF_2 = 3.244$$

Calculando factor de camión:

$$FC = LEF_1 + LEF_2$$

$$FC = 0.2862 + 3.244$$

$$FC = 3.5302$$

Vehículo: C2

Eje de dirección:

$$Peso = 5 \text{ Ton} \times \frac{2.2Kip}{1Ton} = 11 \text{ kips}$$

Utilizando la Tabla 3-10 del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos se tiene:

$$10 \text{ kip} \rightarrow 0.087$$

$$11 \text{ kip} \rightarrow LEF_1$$

$$12 \text{ kip} \rightarrow 0.186$$

$$\frac{11kip - 10kip}{12kip - 10kip} = \frac{LEF_1 - 0.087}{0.186 - 0.087}$$

$$LEF_1 = 0.087 + (0.186 - 0.087) \left(\frac{11kip - 10kip}{12kip - 10kip} \right)$$

$$LEF_1 = 0.1365$$

Eje de tracción:

$$Peso = 10 \text{ Ton} \times \frac{2.2Kip}{1Ton} = 22kips$$

Utilizando la Tabla 3-10 del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos se tiene:

$$LEF_2 = 2.32$$

Calculando factor de camión:

$$FC = LEF_1 + LEF_2$$

$$FC = 0.1365 + 2.32$$

$$FC = 2.4565$$

Vehículo: C3

Eje de dirección:

$$Peso = 5 \text{ Ton} \times \frac{2.2Kip}{1Ton} = 11 \text{ kips}$$

Utilizando la Tabla 3-10 del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos se tiene:

$$10 \text{ kip} \rightarrow 0.087$$

$$11 \text{ kip} \rightarrow LEF_1$$

$$12 \text{ kip} \rightarrow 0.186$$

$$\frac{11 \text{ kip} - 10 \text{ kip}}{12 \text{ kip} - 10 \text{ kip}} = \frac{LEF_1 - 0.087}{0.186 - 0.087}$$

$$LEF_1 = 0.087 + (0.186 - 0.087) \left(\frac{11 \text{ kip} - 10 \text{ kip}}{12 \text{ kip} - 10 \text{ kip}} \right)$$

$$LEF_1 = 0.1365$$

Eje de tracción:

$$Peso = 16.5 \text{ Ton} \times \frac{2.2 \text{ Kip}}{1 \text{ Ton}} = 36.3 \text{ kips}$$

Utilizando la Tabla 3-11 del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos se tiene:

$$36 \text{ kip} \rightarrow 2.42$$

$$36.3 \text{ kip} \rightarrow LEF_2$$

$$38 \text{ kip} \rightarrow 3.04$$

$$\frac{36.3 \text{ kip} - 36 \text{ kip}}{38 \text{ kip} - 36 \text{ kip}} = \frac{LEF_2 - 2.42}{3.04 - 2.42}$$

$$LEF_2 = 2.42 + (3.04 - 2.42) \left(\frac{36.3 \text{ kip} - 36 \text{ kip}}{38 \text{ kip} - 36 \text{ kip}} \right)$$

$$LEF_2 = 2.513$$

Calculando factor de camión:

$$FC = LEF_1 + LEF_2$$

$$FC = 0.1365 + 2.513$$

$$FC = 2.6495$$

Vehículo: C4

Eje de dirección:

$$Peso = 5 \text{ Ton} \times \frac{2.2 \text{ Kip}}{1 \text{ Ton}} = 11 \text{ kips}$$

Utilizando la Tabla 3-10 del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos se tiene:

$$10 \text{ kip} \rightarrow 0.087$$

$$11 \text{ kip} \rightarrow LEF_1$$

$$12 \text{ kip} \rightarrow 0.186$$

$$\frac{11 \text{ kip} - 10 \text{ kip}}{12 \text{ kip} - 10 \text{ kip}} = \frac{LEF_1 - 0.087}{0.186 - 0.087}$$

$$LEF_1 = 0.087 + (0.186 - 0.087) \left(\frac{11 \text{ kip} - 10 \text{ kip}}{12 \text{ kip} - 10 \text{ kip}} \right)$$

$$LEF_1 = 0.1365$$

Eje de tracción:

$$Peso = 20 \text{ Ton} \times \frac{2.2 \text{ Kip}}{1 \text{ Ton}} = 44 \text{ kips}$$

Utilizando la Tabla 3-12 del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos se tiene:

$$LEF_2 = 1.73$$

Calculando factor de camión:

$$FC = LEF_1 + LEF_2$$

$$FC = 0.1365 + 1.73$$

$$FC = 1.8665$$

Vehículo: T2 – S1

Eje de dirección:

$$Peso = 5 \text{ Ton} \times \frac{2.2 \text{ Kip}}{1 \text{ Ton}} = 11 \text{ kips}$$

Utilizando la Tabla 3-10 del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos se tiene:

$$10 \text{ kip} \rightarrow 0.087$$

$$11 \text{ kip} \rightarrow LEF_1$$

$$12 \text{ kip} \rightarrow 0.186$$

$$\frac{11 \text{ kip} - 10 \text{ kip}}{12 \text{ kip} - 10 \text{ kip}} = \frac{LEF_1 - 0.087}{0.186 - 0.087}$$

$$LEF_1 = 0.087 + (0.186 - 0.087) \left(\frac{11 \text{ kip} - 10 \text{ kip}}{12 \text{ kip} - 10 \text{ kip}} \right)$$

$$LEF_1 = 0.1365$$

Eje de tracción:

$$Peso = 9 \text{ Ton} \times \frac{2.2 \text{ Kip}}{1 \text{ Ton}} = 19.8 \text{ kips}$$

Utilizando la Tabla 3-10 del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos se tiene:

$$18 \text{ kip} \rightarrow 1.00$$

$$19.8 \text{ kip} \rightarrow LEF_2$$

$$20 \text{ kip} \rightarrow 1.55$$

$$\frac{19.8 \text{ kip} - 18 \text{ kip}}{20 \text{ kip} - 18 \text{ kip}} = \frac{LEF_2 - 1.0}{1.55 - 1.0}$$

$$LEF_2 = 1.0 + (1.55 - 1.0) \left(\frac{19.8 \text{ kip} - 18 \text{ kip}}{20 \text{ kip} - 18 \text{ kip}} \right)$$

$$LEF_2 = 1.495$$

Eje de arrastre:

$$Peso = 9 \text{ Ton} \times \frac{2.2 \text{ Kip}}{1 \text{ Ton}} = 19.8 \text{ kips}$$

Utilizando la Tabla 3-10 del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos se tiene:

$$18 \text{ kip} \rightarrow 1.00$$

$$19.8 \text{ kip} \rightarrow LEF_3$$

$$20 \text{ kip} \rightarrow 1.55$$

$$\frac{19.8kip - 18kip}{20kip - 18kip} = \frac{LEF_3 - 1.0}{1.55 - 1.0}$$

$$LEF_3 = 1.0 + (1.55 - 1.0) \left(\frac{19.8kip - 18kip}{20kip - 18kip} \right)$$

$$LEF_3 = 1.495$$

Calculando factor de camión:

$$FC = LEF_1 + LEF_2 + LEF_3$$

$$FC = 0.1365 + 1.495 + 1.495$$

$$FC = 3.1265$$

Vehículo: T2 – S2

Eje de dirección:

$$Peso = 5 \text{ Ton} \times \frac{2.2Kip}{1Ton} = 11 \text{ kips}$$

Utilizando la Tabla 3-10 del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos se tiene:

$$10 \text{ kip} \rightarrow 0.087$$

$$11 \text{ kip} \rightarrow LEF_1$$

$$12 \text{ kip} \rightarrow 0.186$$

$$\frac{11kip - 10kip}{12kip - 10kip} = \frac{LEF_1 - 0.087}{0.186 - 0.087}$$

$$LEF_1 = 0.087 + (0.186 - 0.087) \left(\frac{11kip - 10kip}{12kip - 10kip} \right)$$

$$LEF_1 = 0.1365$$

Eje de tracción:

$$Peso = 9 \text{ Ton} \times \frac{2.2Kip}{1Ton} = 19.8kips$$

Utilizando la Tabla 3-10 del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos se tiene:

$$18 \text{ kip} \rightarrow 1.00$$

$$19.8 \text{ kip} \rightarrow LEF_2$$

$$20 \text{ kip} \rightarrow 1.55$$

$$\frac{19.8kip - 18kip}{20kip - 18kip} = \frac{LEF_2 - 1.0}{1.55 - 1.0}$$

$$LEF_2 = 1.0 + (1.55 - 1.0) \left(\frac{19.8kip - 18kip}{20kip - 18kip} \right)$$

$$LEF_2 = 1.495$$

Eje de arrastre:

$$Peso = 16 \text{ Ton} \times \frac{2.2Kip}{1Ton} = 35.2 \text{ kips}$$

Utilizando la Tabla 3-11 del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos se tiene:

$$34 \text{ kip} \rightarrow 1.90$$

$$35.2 \text{ kip} \rightarrow LEF_3$$

$$36 \text{ kip} \rightarrow 2.42$$

$$\frac{35.2 \text{ kip} - 34 \text{ kip}}{36 \text{ kip} - 34 \text{ kip}} = \frac{LEF_3 - 1.90}{2.42 - 1.90}$$

$$LEF_3 = 1.90 + (2.42 - 1.90) \left(\frac{35.2 \text{ kip} - 34 \text{ kip}}{36 \text{ kip} - 34 \text{ kip}} \right)$$

$$LEF_3 = 2.212$$

Calculando factor de camión:

$$FC = LEF_1 + LEF_2 + LEF_3$$

$$FC = 0.1365 + 1.495 + 2.212$$

$$FC = 3.8435$$

Vehículo: T3 – S2

Eje de dirección:

$$Peso = 5 \text{ Ton} \times \frac{2.2 \text{ Kip}}{1 \text{ Ton}} = 11 \text{ kips}$$

Utilizando la Tabla 3-10 del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos se tiene:

$$10 \text{ kip} \rightarrow 0.087$$

$$11 \text{ kip} \rightarrow LEF_1$$

$$12 \text{ kip} \rightarrow 0.186$$

$$\frac{11 \text{ kip} - 10 \text{ kip}}{12 \text{ kip} - 10 \text{ kip}} = \frac{LEF_1 - 0.087}{0.186 - 0.087}$$

$$LEF_1 = 0.087 + (0.186 - 0.087) \left(\frac{11 \text{ kip} - 10 \text{ kip}}{12 \text{ kip} - 10 \text{ kip}} \right)$$

$$LEF_1 = 0.1365$$

Eje de tracción:

$$Peso = 16 \text{ Ton} \times \frac{2.2 \text{ Kip}}{1 \text{ Ton}} = 35.2 \text{ kips}$$

Utilizando la Tabla 3-11 del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos se tiene:

$$34 \text{ kip} \rightarrow 1.90$$

$$35.2 \text{ kip} \rightarrow LEF_2$$

$$36 \text{ kip} \rightarrow 2.42$$

$$\frac{35.2 \text{ kip} - 34 \text{ kip}}{36 \text{ kip} - 34 \text{ kip}} = \frac{LEF_2 - 1.90}{2.42 - 1.90}$$

$$LEF_2 = 1.90 + (2.42 - 1.90) \left(\frac{35.2 \text{ kip} - 34 \text{ kip}}{36 \text{ kip} - 34 \text{ kip}} \right)$$

$$LEF_2 = 2.212$$

Eje de arrastre:

$$Peso = 16 \text{ Ton} \times \frac{2.2 \text{ Kip}}{1 \text{ Ton}} = 35.2 \text{ kips}$$

Utilizando la Tabla 3-11 del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos se tiene:

$$34 \text{ kip} \rightarrow 1.90$$

$$35.2 \text{ kip} \rightarrow LEF_3$$

$$36 \text{ kip} \rightarrow 2.42$$

$$\frac{35.2 \text{ kip} - 34 \text{ kip}}{36 \text{ kip} - 34 \text{ kip}} = \frac{LEF_3 - 1.90}{2.42 - 1.90}$$

$$LEF_3 = 1.90 + (2.42 - 1.90) \left(\frac{35.2 \text{ kip} - 34 \text{ kip}}{36 \text{ kip} - 34 \text{ kip}} \right)$$

$$LEF_3 = 2.212$$

Calculando factor de camión:

$$FC = LEF_1 + LEF_2 + LEF_3$$

$$FC = 0.1365 + 2.212 + 2.212$$

$$FC = 4.5605$$

Vehículo: T3 – S3

Eje de dirección:

$$Peso = 5 \text{ Ton} \times \frac{2.2 \text{ Kip}}{1 \text{ Ton}} = 11 \text{ kips}$$

Utilizando la Tabla 3-10 del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos se tiene:

$$10 \text{ kip} \rightarrow 0.087$$

$$11 \text{ kip} \rightarrow LEF_1$$

$$12 \text{ kip} \rightarrow 0.186$$

$$\frac{11 \text{ kip} - 10 \text{ kip}}{12 \text{ kip} - 10 \text{ kip}} = \frac{LEF_1 - 0.087}{0.186 - 0.087}$$

$$LEF_1 = 0.087 + (0.186 - 0.087) \left(\frac{11 \text{ kip} - 10 \text{ kip}}{12 \text{ kip} - 10 \text{ kip}} \right)$$

$$LEF_1 = 0.1365$$

Eje de tracción:

$$Peso = 16 \text{ Ton} \times \frac{2.2 \text{ Kip}}{1 \text{ Ton}} = 35.2 \text{ kips}$$

Utilizando la Tabla 3-11 del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos se tiene:

$$34 \text{ kip} \rightarrow 1.90$$

$$35.2 \text{ kip} \rightarrow LEF_2$$

$$36 \text{ kip} \rightarrow 2.42$$

$$\frac{35.2 \text{ kip} - 34 \text{ kip}}{36 \text{ kip} - 34 \text{ kip}} = \frac{LEF_2 - 1.90}{2.42 - 1.90}$$

$$LEF_2 = 1.90 + (2.42 - 1.90) \left(\frac{35.2kip - 34kip}{36kip - 34kip} \right)$$

$$LEF_2 = 2.212$$

Eje de arrastre:

$$Peso = 20 \text{ Ton} \times \frac{2.2Kip}{1Ton} = 44 \text{ kips}$$

Utilizando la Tabla 3-12 del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos se tiene:

$$LEF_2 = 1.73$$

Calculando factor de camión:

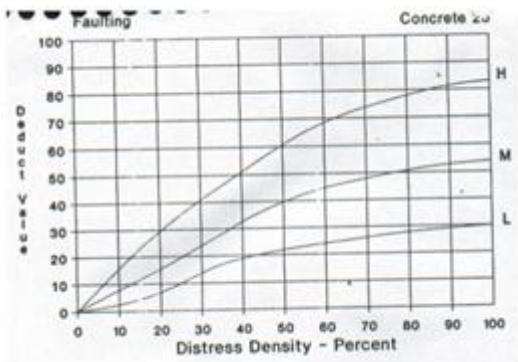
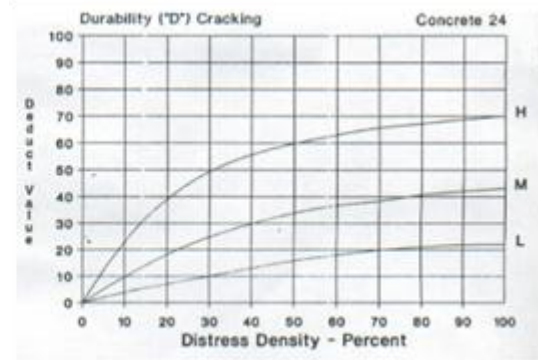
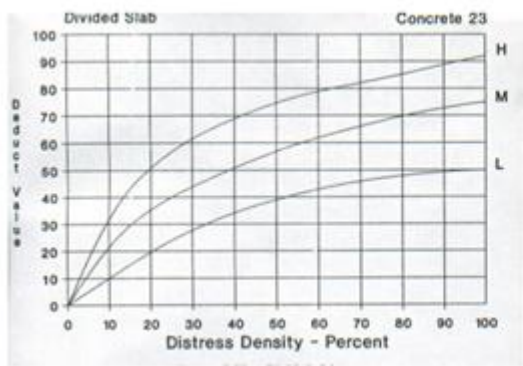
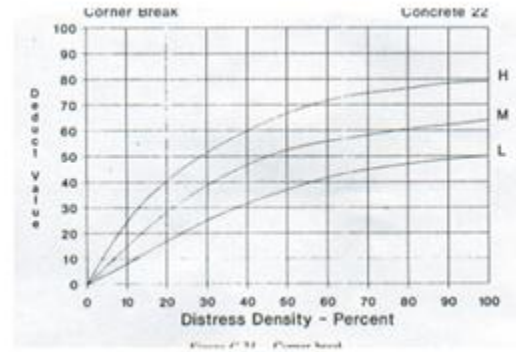
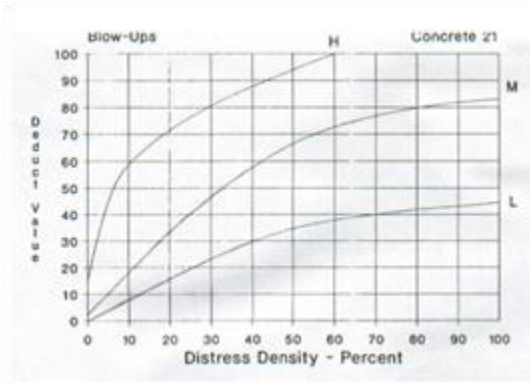
$$FC = LEF_1 + LEF_2 + LEF_3$$

$$FC = 0.1365 + 2.212 + 1.73$$

$$FC = 4.0785$$

ANEXO 9

Curvas de valores deducidos para pavimentos de concreto hidráulico.

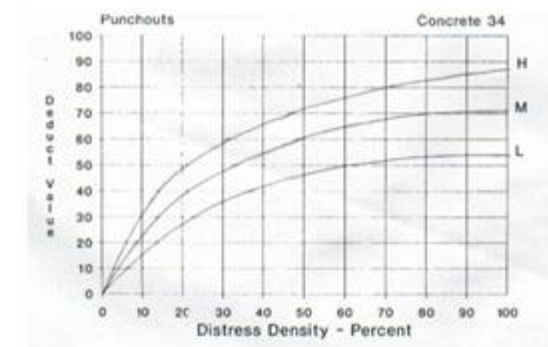
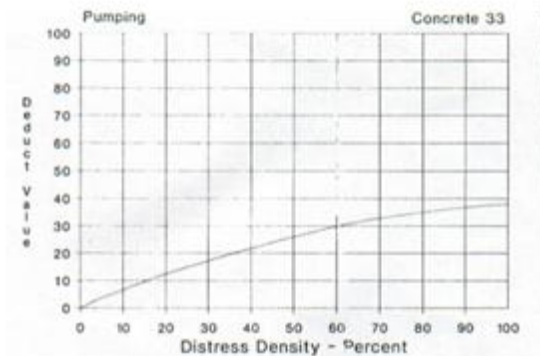
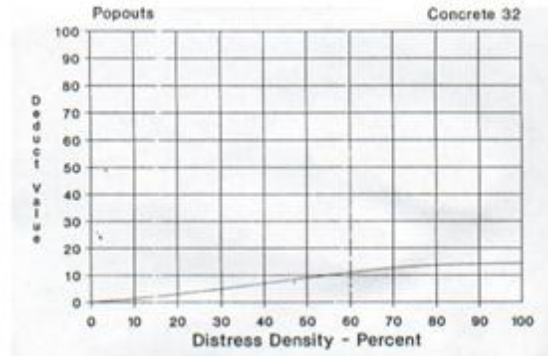
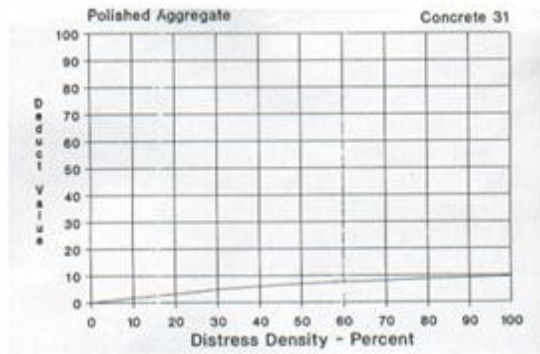
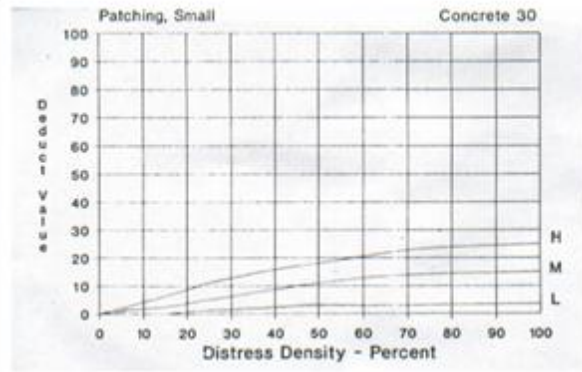
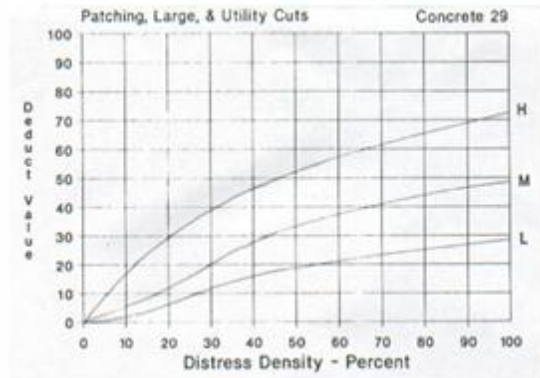
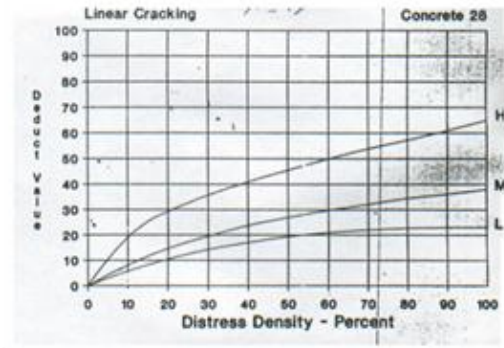
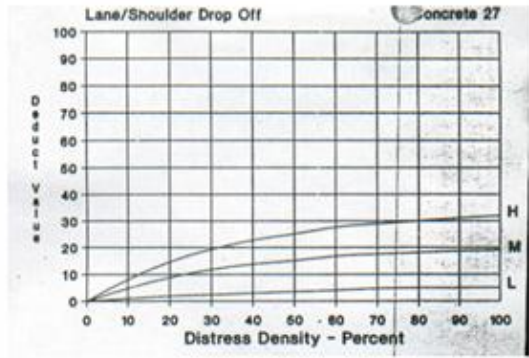


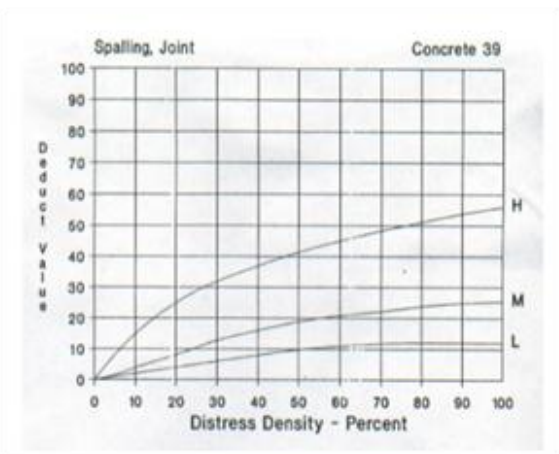
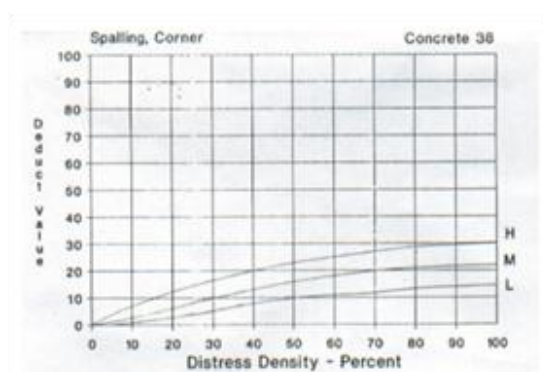
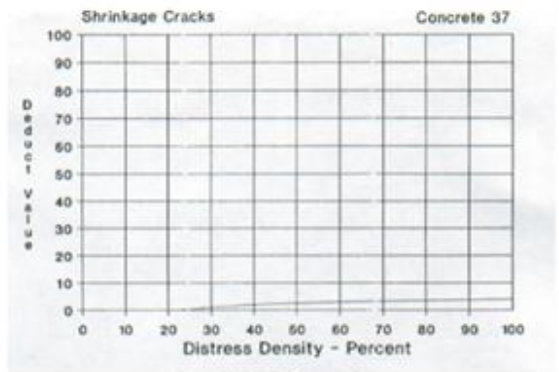
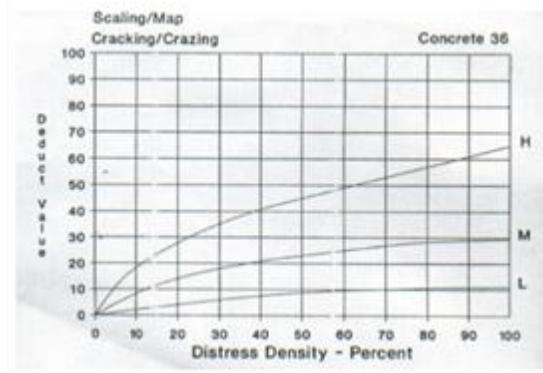
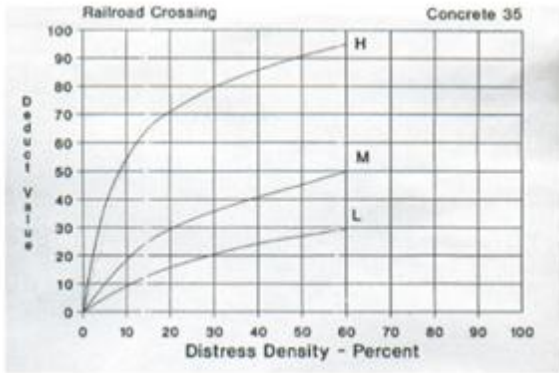
Joint Seal Damage Concrete 25

Joint seal damage is not rated by density. The severity of the distress is determined by the sealant's overall condition for a particular sample unit.

The deduct values for the three levels of severity are:

LOW	2 points
MEDIUM	4 points
HIGH	8 points

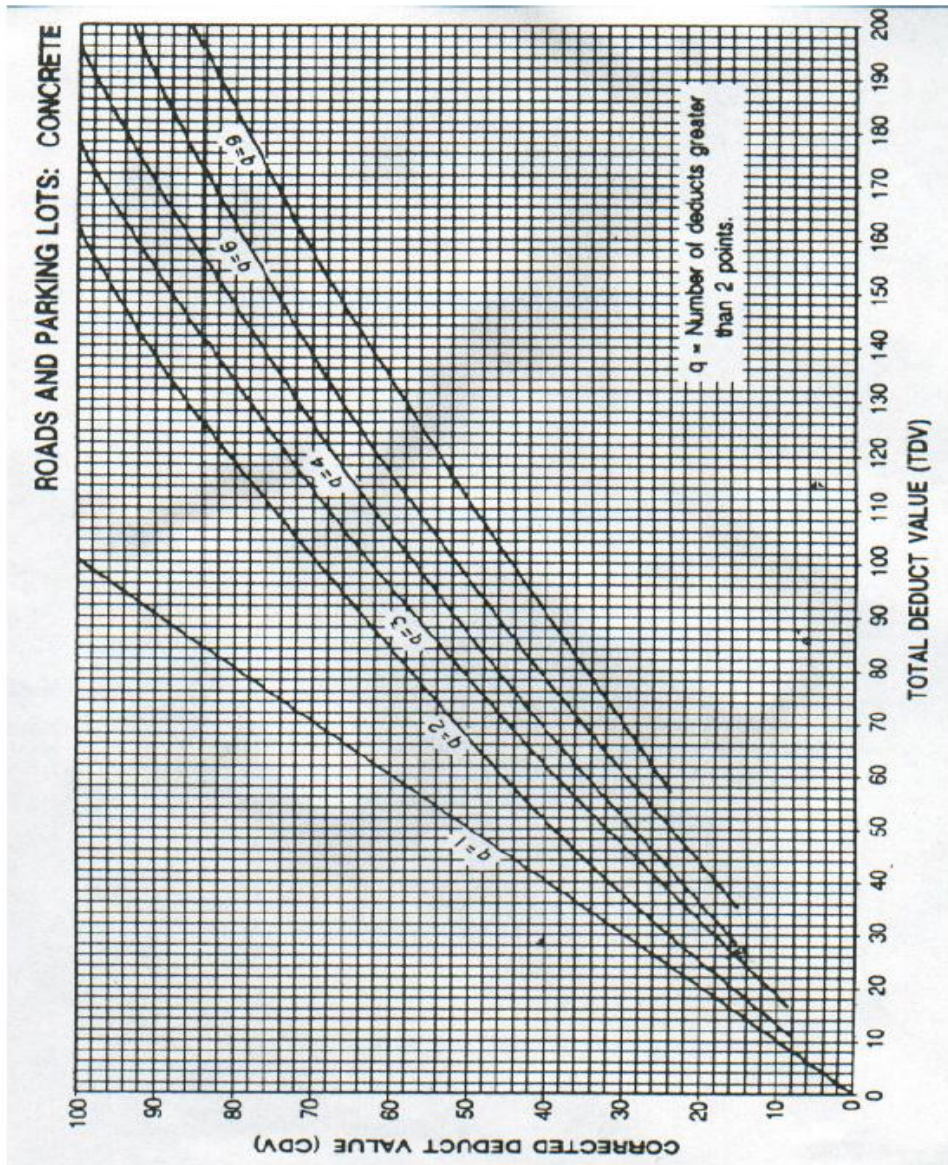




Fuente: Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras.

ANEXO 10

Valor deducido corregido para pavimentos de concreto hidráulico.



Fuente: Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras

ANEXO 11

PLANOS

- ✓ Plano del Índice De Condición Del Pavimento (PCI) 1/5
- ✓ Plano del Índice De Condición Del Pavimento (PCI) 2/5
- ✓ Plano del Índice De Condición Del Pavimento (PCI) 3/5
- ✓ Plano del Índice De Condición Del Pavimento (PCI) 4/5
- ✓ Plano del Índice De Condición Del Pavimento (PCI) 5/5
- ✓ Plano de Señales Viales 1/5
- ✓ Plano de Señales Viales 2/5
- ✓ Plano de Señales Viales 3/5
- ✓ Plano de Señales Viales 4/5
- ✓ Plano de Señales Viales 5/5
- ✓ Plano de Drenaje 1/2
- ✓ Plano de Drenaje 2/2

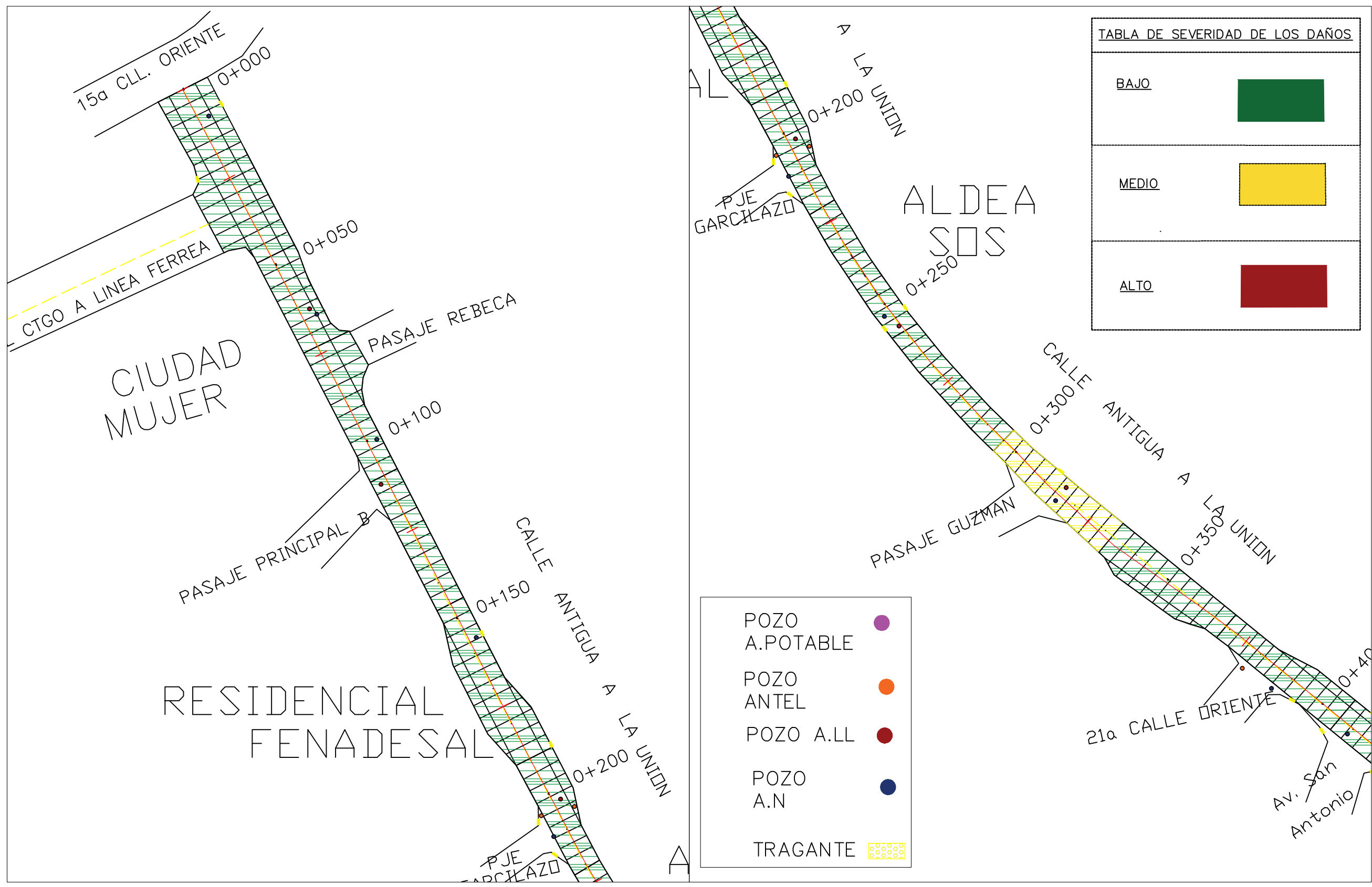
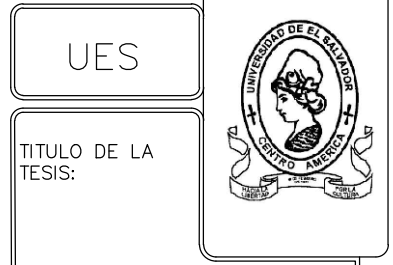


TABLA DE SEVERIDAD DE LOS DAÑOS

BAJO	
MEDIO	
ALTO	

POZO A.POTABLE	
POZO ANTEL	
POZO A.LL	
POZO A.N	
TRAGANTE	



TITULO DE LA TESIS:
AUSCULTACIÓN VISUAL DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN SAN MIGUEL, EL SALVADOR

PLANOS
- TRAMOS DE CARRETERA

AUTOR:
FRANCISCO ARISTIDES GRANADOS CAÑAS
ALVARO JOSÉ RODRÍGUEZ RUBIO

DESCRIPCIÓN:
"NIVELES DE SEVERIDAD EN LAS LOSAS"

COTAS: 1/5
ESCALA: 1:1000

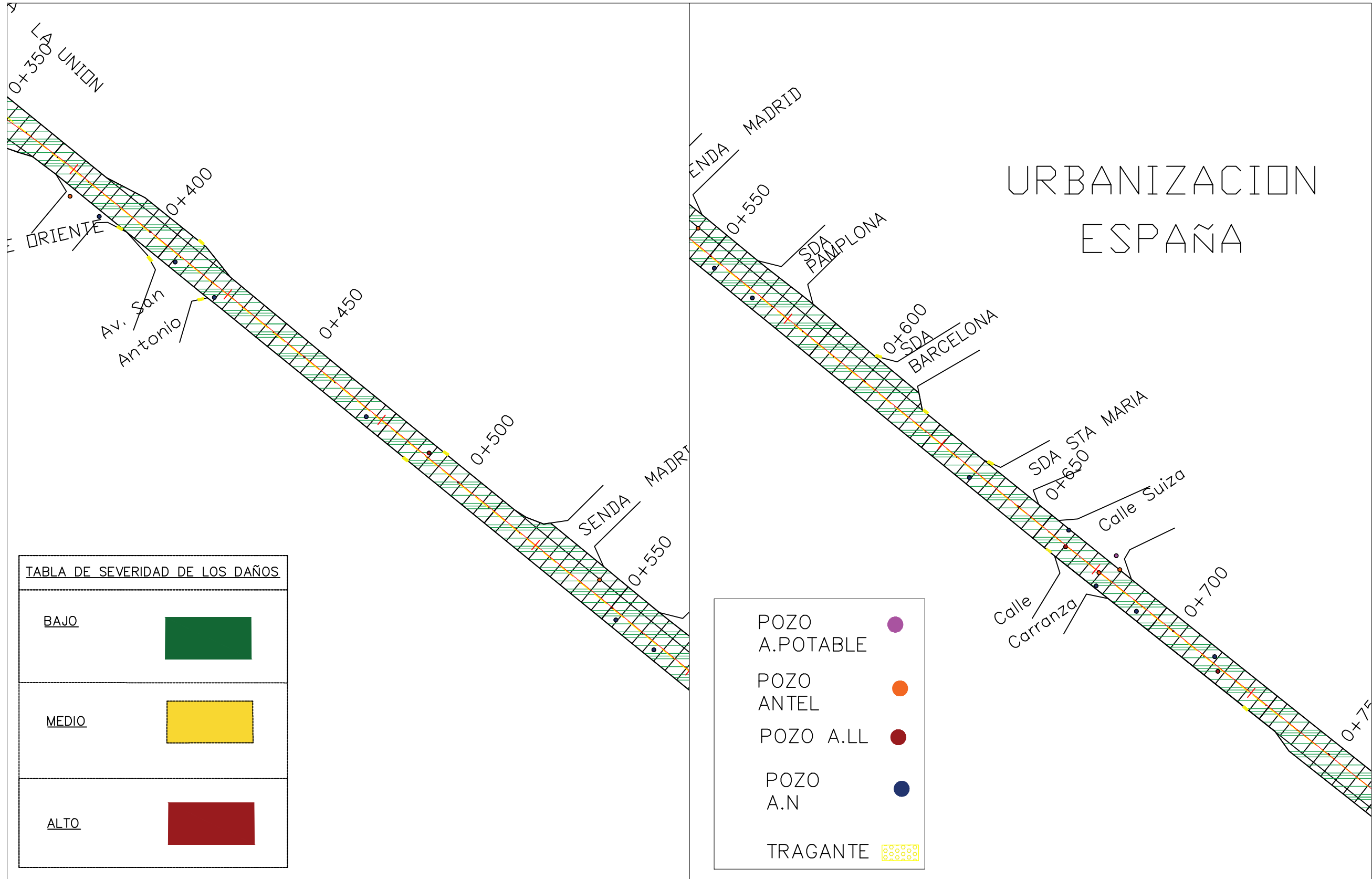


TABLA DE SEVERIDAD DE LOS DAÑOS

BAJO	
MEDIO	
ALTO	

- POZO A.POTABLE
- POZO ANTEL
- POZO A.LL
- POZO A.N
- TRAGANTE

URBANIZACION ESPAÑA



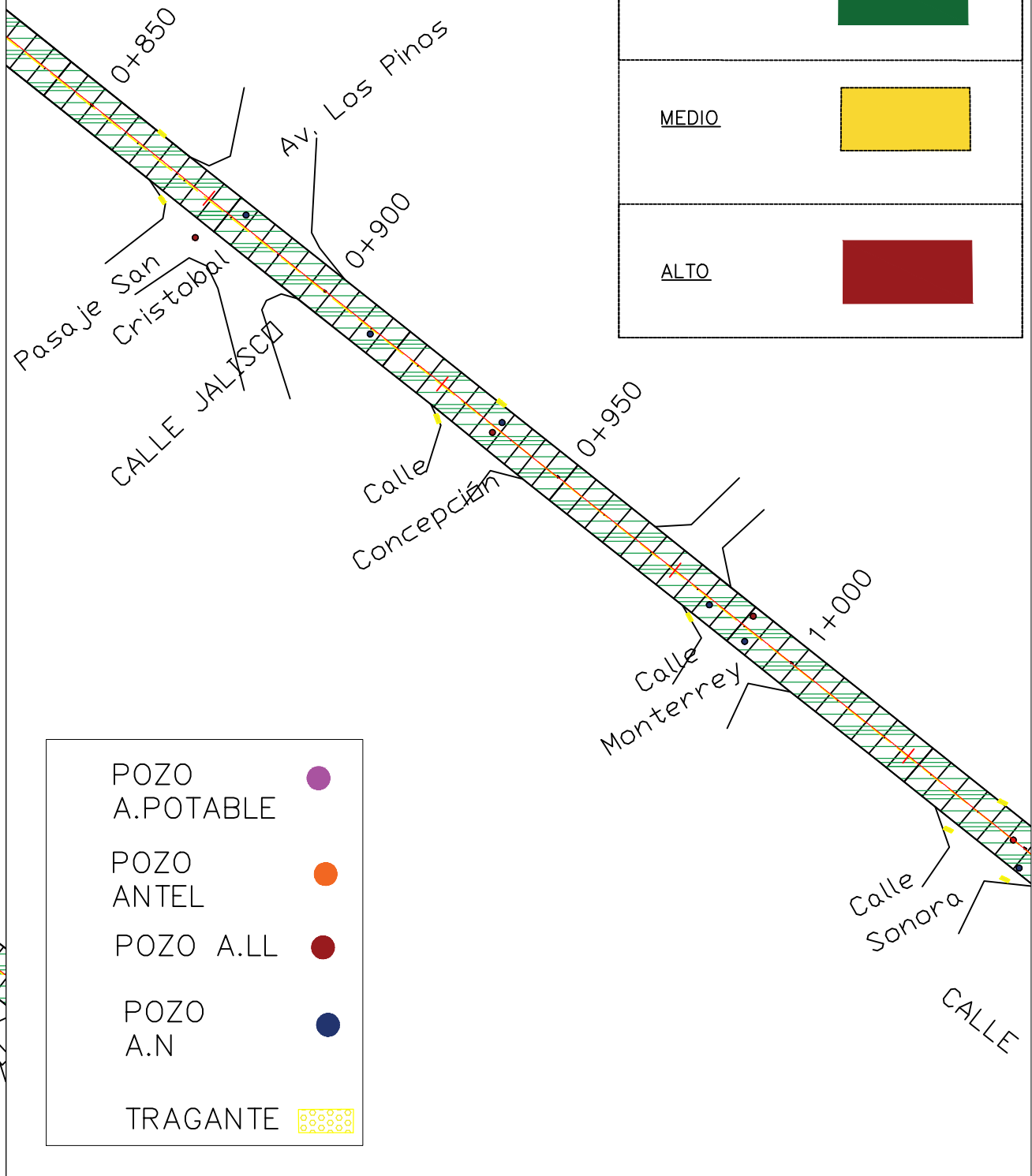
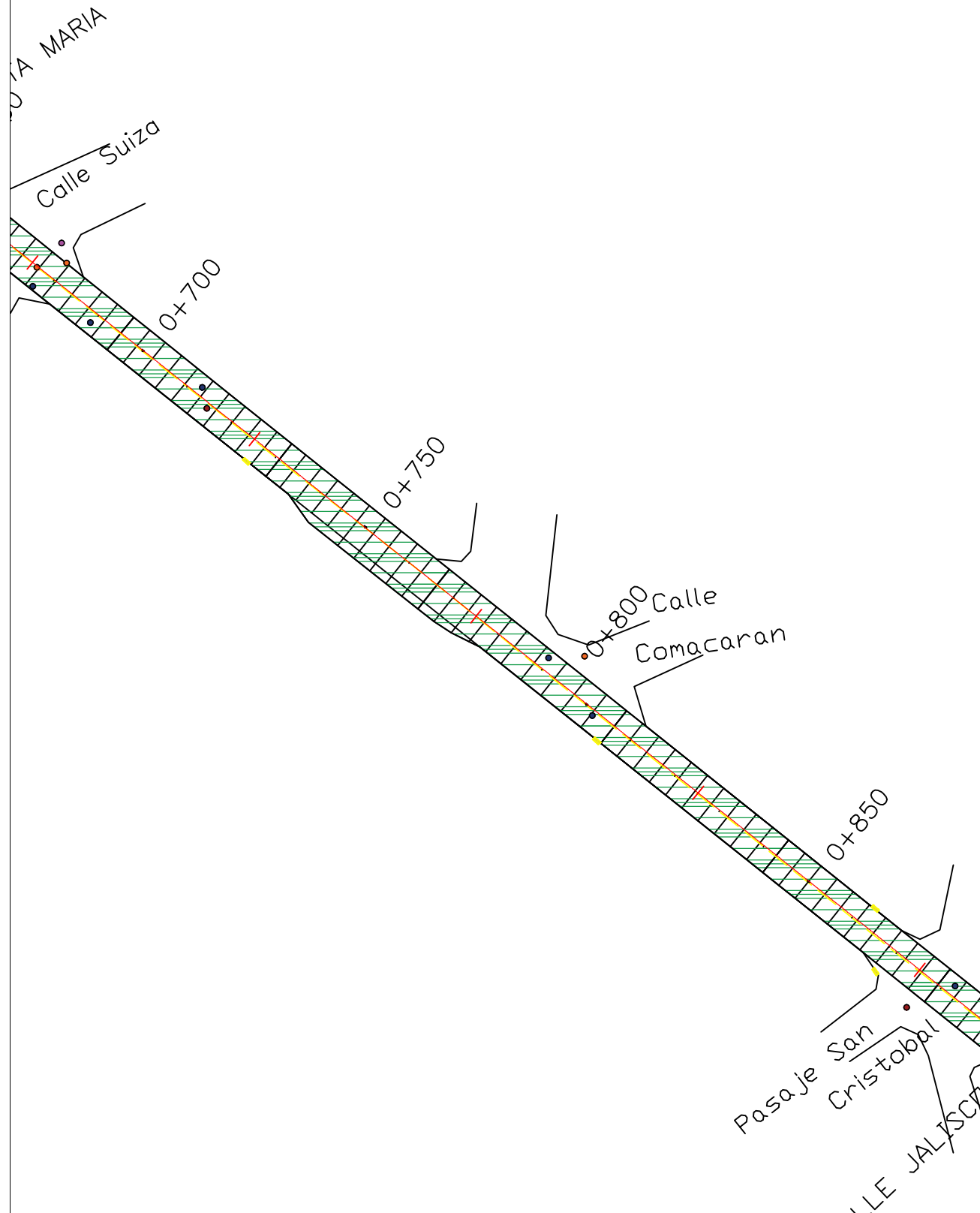
TITULO DE LA TESIS:
 AUSCULTACIÓN VISUAL DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN SAN MIGUEL, EL SALVADOR

PLANOS
 - TRAMOS DE CARRETERA

AUTOR:
 FRANCISCO ARISTIDES GRANADOS CAÑAS
 ALVARO JOSÉ RODRÍGUEZ RUBIO

DESCRIPCIÓN:
 "NIVELES DE SEVERIDAD EN LAS LOSAS"

COTAS: MTS
 ESCALA: 1:1000
 2/5



- POZO A.POTABLE ●
- POZO ANTEL ●
- POZO A.LL ●
- POZO A.N ●
- TRAGANTE ●●●●

TABLA DE SEVERIDAD DE LOS DAÑOS	
BAJO	
MEDIO	
ALTO	



TITULO DE LA TESIS:
 AUSCULTACIÓN VISUAL DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN SAN MIGUEL, EL SALVADOR

PLANOS
 - TRAMOS DE CARRETERA

AUTOR:
 FRANCISCO ARISTIDES GRANADOS CAÑAS
 ALVARO JOSÉ RODRÍGUEZ RUBIO

DESCRIPCIÓN:
 "NIVELES DE SEVERIDAD EN LAS LOSAS"

COTAS: MTS 3/5
 ESCALA: 1:1000

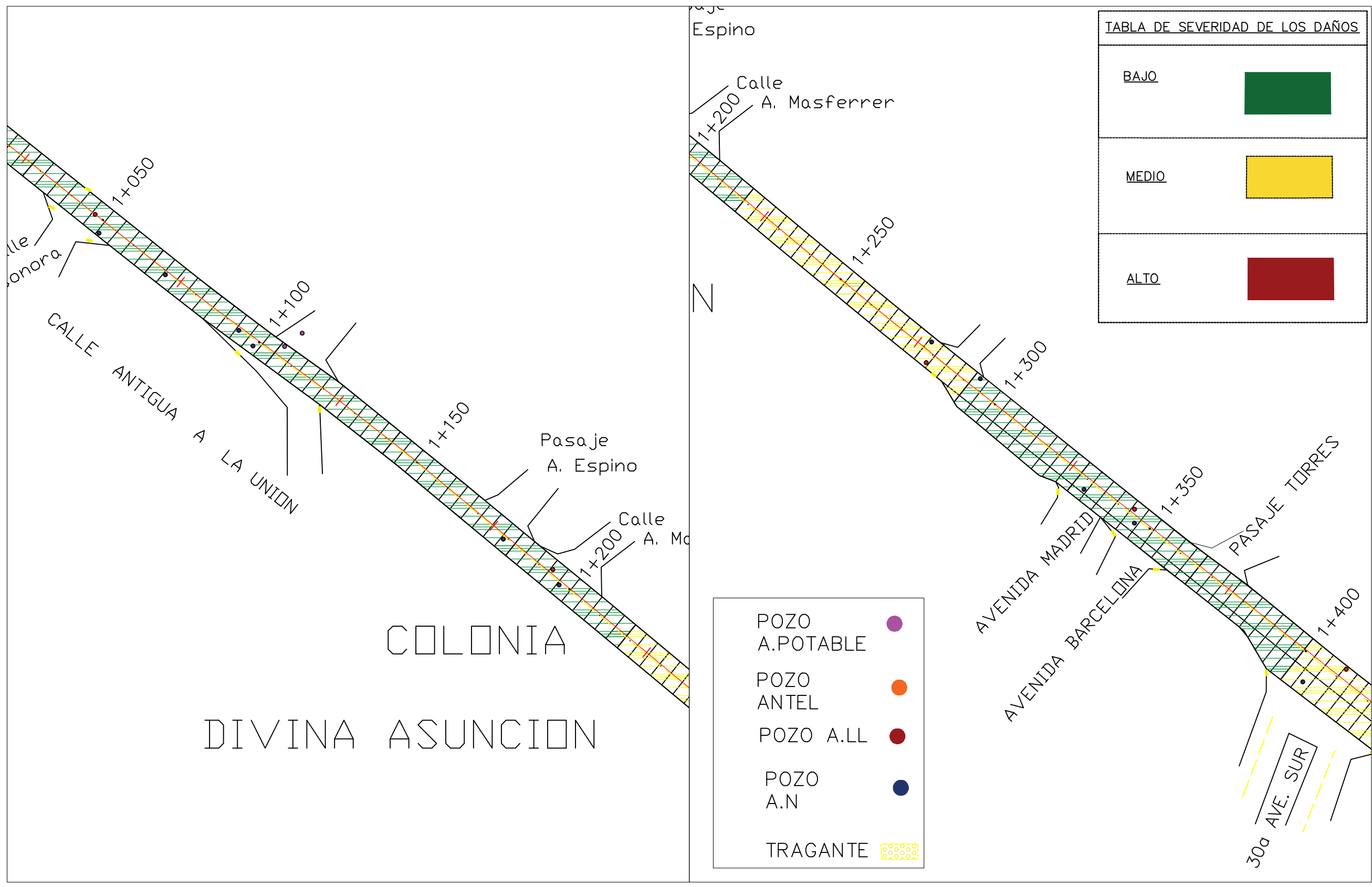
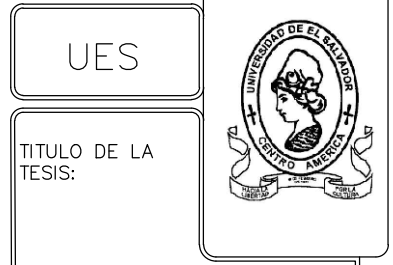


TABLA DE SEVERIDAD DE LOS DAÑOS

BAJO	
MEDIO	
ALTO	



TITULO DE LA TESIS:
 AUSCULTACIÓN VISUAL DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN SAN MIGUEL, EL SALVADOR

PLANOS
 - TRAMOS DE CARRETERA

AUTOR:
 FRANCISCO ARISTIDES GRANADOS CAÑAS
 ALVARO JOSÉ RODRÍGUEZ RUBIO

DESCRIPCIÓN:
 "NIVELES DE SEVERIDAD EN LAS LOSAS"

COTAS: MTS
 4/5
 ESCALA: 1:1000

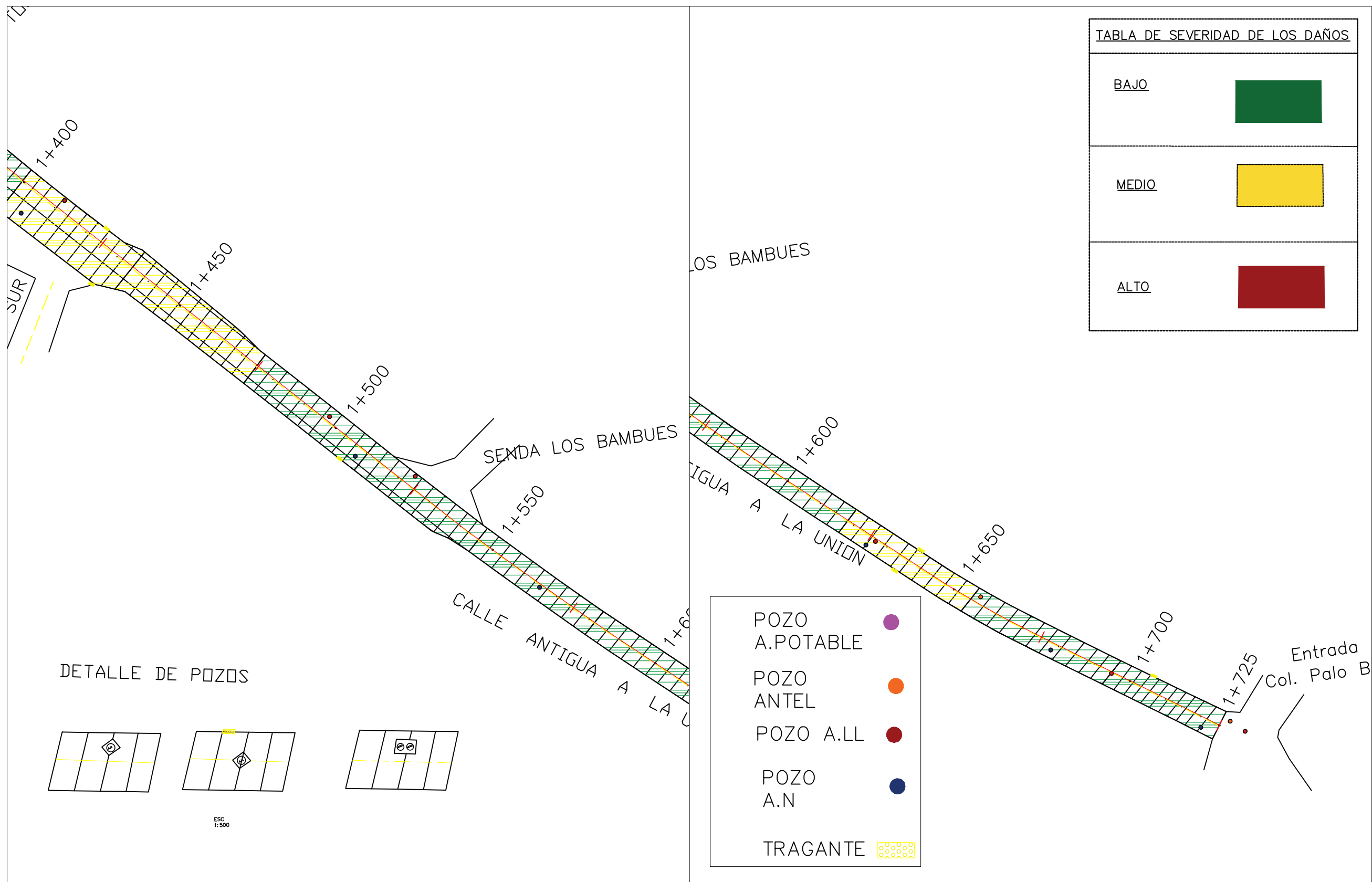
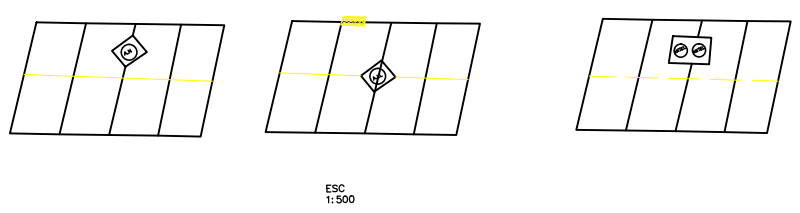


TABLA DE SEVERIDAD DE LOS DAÑOS

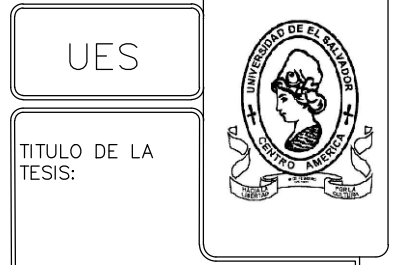
BAJO	
MEDIO	
ALTO	

- POZO A.POTABLE
- POZO ANTEL
- POZO A.LL
- POZO A.N
- TRAGANTE

DETALLE DE POZOS



ESC. 1:500



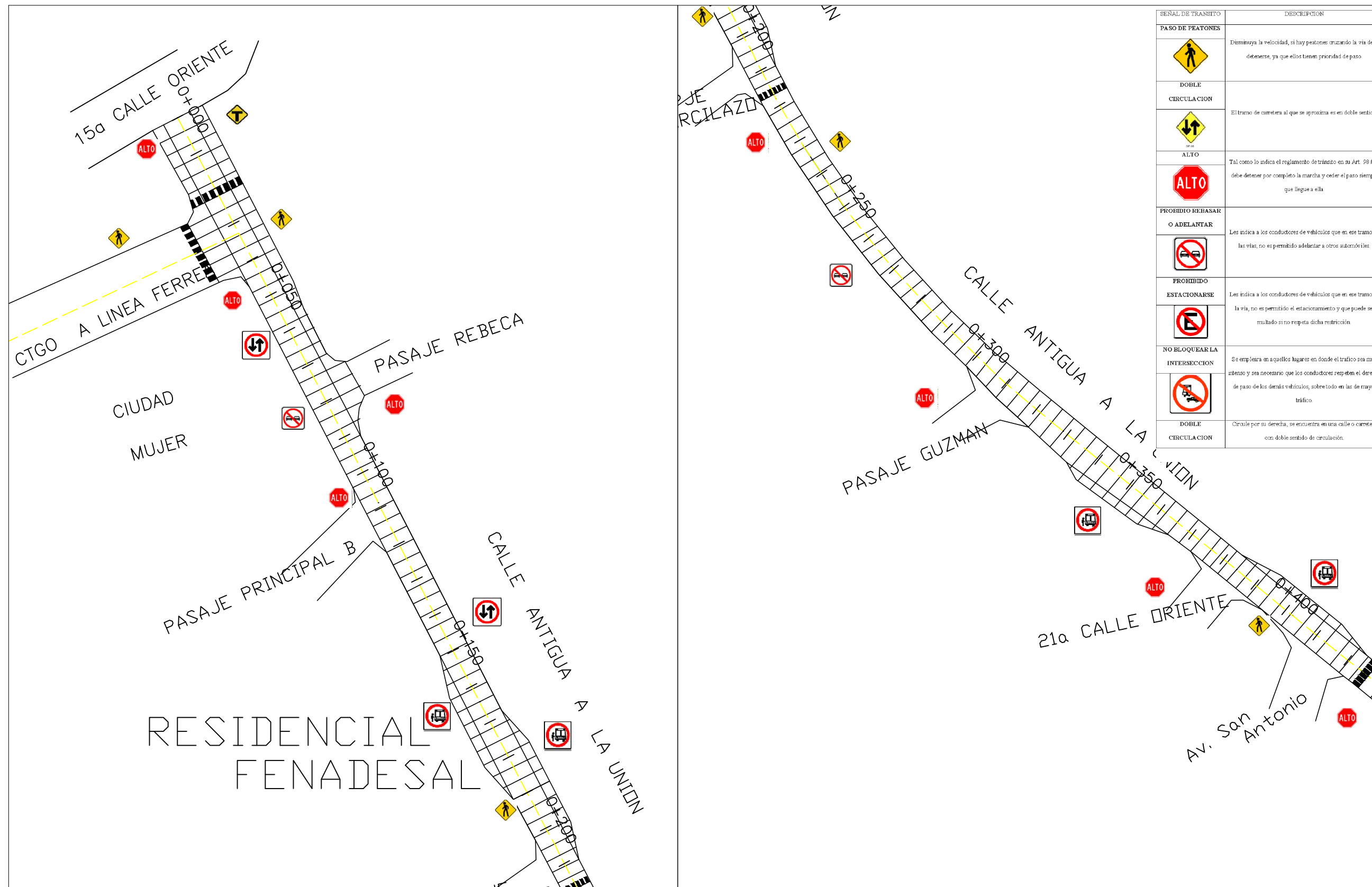
TITULO DE LA TESIS:
AUSCULTACIÓN VISUAL DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN SAN MIGUEL, EL SALVADOR

PLANOS
- TRAMOS DE CARRETERA

AUTOR:
FRANCISCO ARISTIDES GRANADOS CAÑAS
ALVARO JOSÉ RODRÍGUEZ RUBIO

DESCRIPCIÓN:
"NIVELES DE SEVERIDAD EN LAS LOSAS"

COTAS: MTS 5/5
ESCALA: 1:1000



SEÑAL DE TRANSITO	DESCRIPCION
 PASO DE PEATONES	Disminuya la velocidad, si hay peatones cruzando la vía debe detenerse, ya que ellos tienen prioridad de paso.
 DOBLE CIRCULACION	El tramo de carretera al que se aproxima es en doble sentido.
 ALTO	Tal como lo indica el reglamento de tránsito en su Art. 98 #4, debe detener por completo la marcha y ceder el paso siempre que llegue a ella.
 PROHIBIDO REBASAR O ADELANTAR	Les indica a los conductores de vehículos que en ese tramo de las vías, no es permitido adelantar a otros automóviles.
 PROHIBIDO ESTACIONARSE	Les indica a los conductores de vehículos que en ese tramo de la vía, no es permitido el estacionamiento y que puede ser multado si no respeta dicha restricción.
 NO BLOQUEAR LA INTERSECCION	Se emplea en aquellos lugares en donde el tráfico sea muy intenso y sea necesario que los conductores respeten el derecho de paso de los demás vehículos, sobre todo en las de mayor tráfico.
 DOBLE CIRCULACION	Círculo por su derecha, se encuentra en una calle o carretera con doble sentido de circulación.



UES



TITULO DE LA TESIS:

AUSCULTACIÓN VISUAL DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN SAN MIGUEL, EL SALVADOR

PLANOS

-TRAMOS DE CARRETERA

AUTOR:

FRANCISCO ARISTIDES GRANADOS CAÑAS
ALVARO JOSÉ RODRÍGUEZ RUBIO

DESCRIPCIÓN:

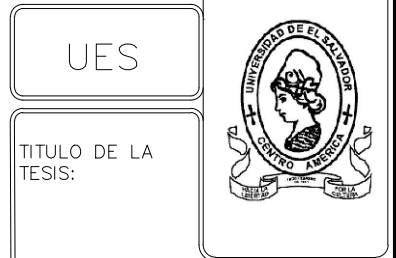
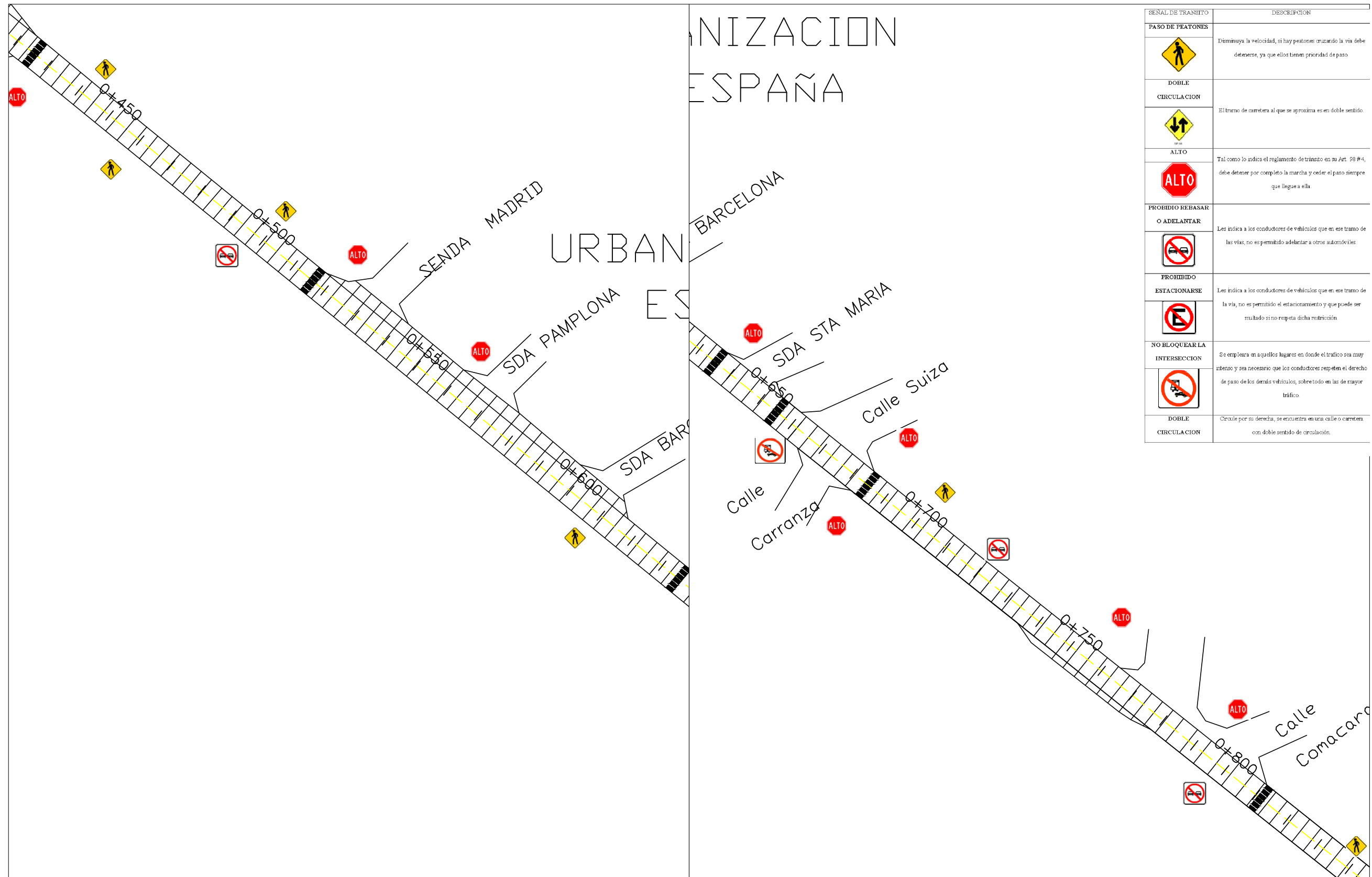
PROPUESTA DE SEÑALIZACIÓN VIAL EN LA AV. MIGUEL A. BENETT

COTAS:
MTS

1/5

ESCALA:

1:1000



TITULO DE LA TESIS:

AUSCULTACIÓN VISUAL DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN SAN MIGUEL, EL SALVADOR

PLANOS

- TRAMOS DE CARRETERA

AUTOR:

FRANCISCO ARISTIDES GRANADOS CAÑAS
ALVARO JOSÉ RODRÍGUEZ RUBIO

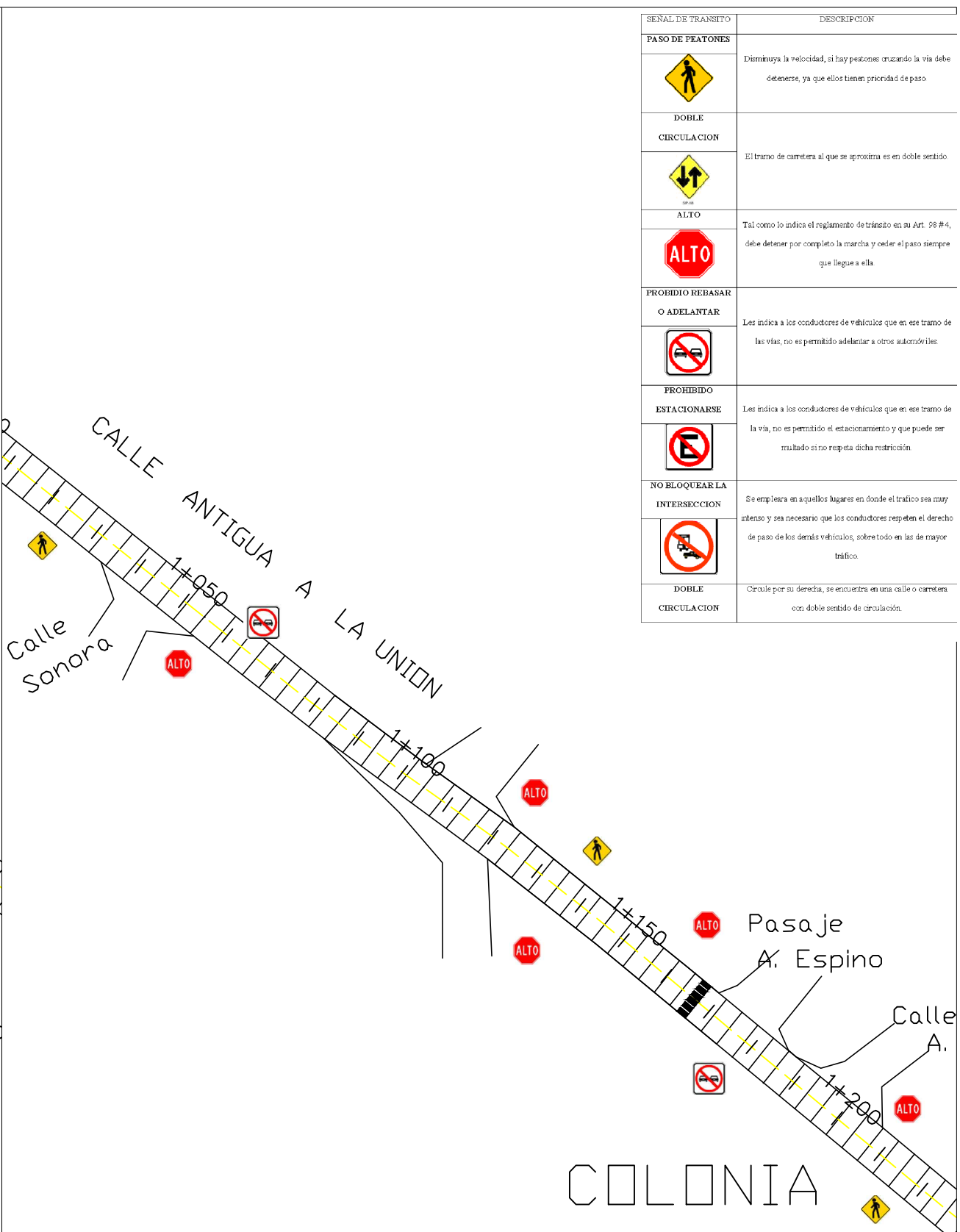
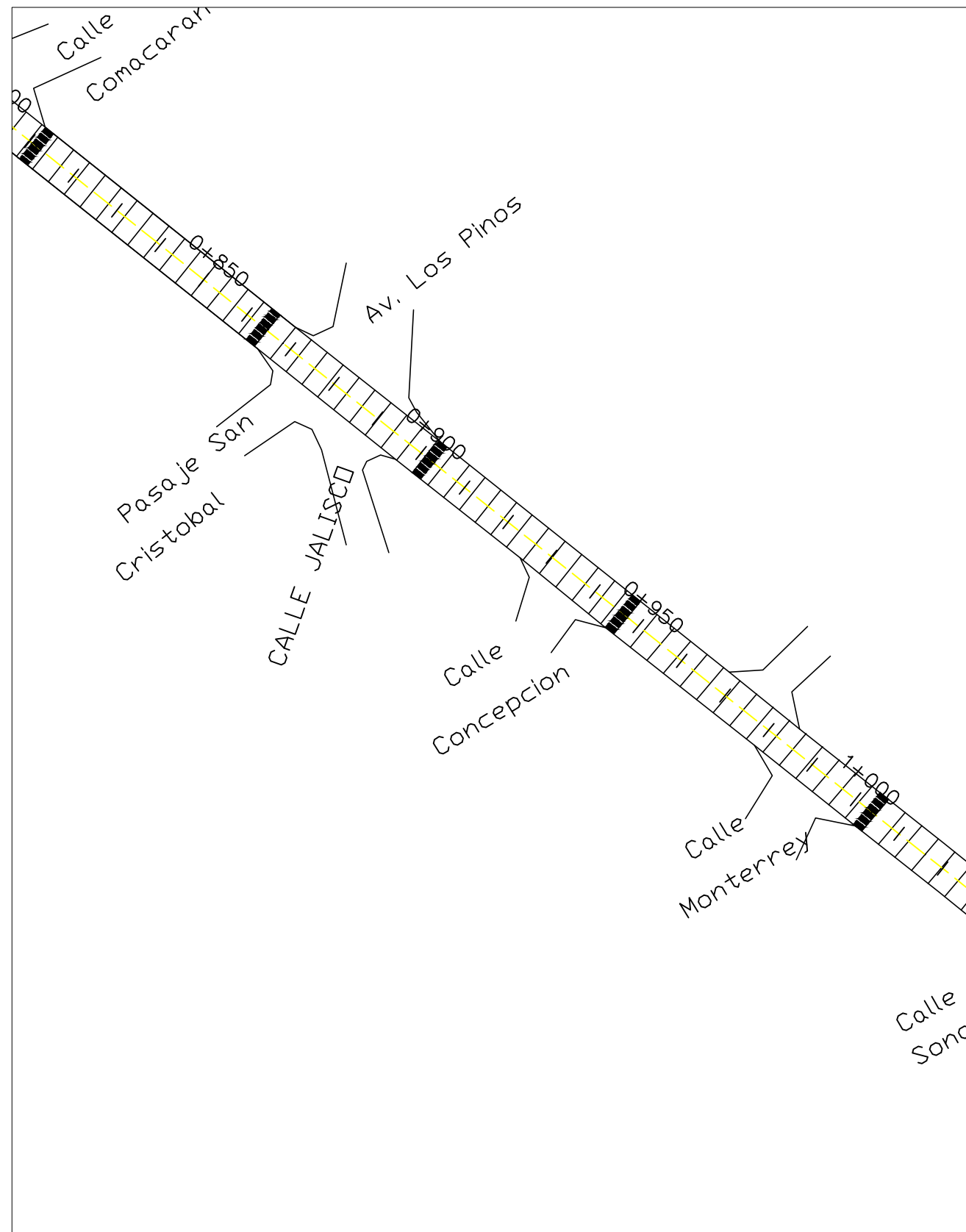
DESCRIPCIÓN:

PROPUESTA DE SEÑALIZACIÓN VIAL EN LA AV. MIGUEL A. BENETT

COTAS: MTS

2/5

ESCALA: 1:1000



SEÑAL DE TRANSITO	DESCRIPCION
	Disminuya la velocidad, si hay peatones cruzando la via debe detenerse, ya que ellos tienen prioridad de paso.
	El tramo de carretera al que se aproxima es en doble sentido.
	Tal como lo indica el reglamento de tránsito en su Art. 98 #4, debe detener por completo la marcha y ceder el paso siempre que llegue a ella.
	Les indica a los conductores de vehículos que en ese tramo de las vías, no es permitido adelantar a otros automóviles.
	Les indica a los conductores de vehículos que en ese tramo de la vía, no es permitido el estacionamiento y que puede ser multado si no respeta dicha restricción.
	Se emplea en aquellos lugares en donde el tráfico sea muy intenso y sea necesario que los conductores respeten el derecho de paso de los demás vehículos, sobre todo en las de mayor tráfico.
	Circule por su derecha, se encuentra en una calle o carretera con doble sentido de circulación.



TITULO DE LA TESIS:
AUSCULTACIÓN VISUAL DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN SAN MIGUEL, EL SALVADOR

PLANOS
 -TRAMOS DE CARRETERA

AUTOR:
FRANCISCO ARISTIDES GRANADOS CAÑAS
ALVARO JOSÉ RODRÍGUEZ RUBIO

DESCRIPCIÓN:
PROPUESTA DE SEÑALIZACIÓN VIAL EN LA AV. MIGUEL A. BENETT

COTAS: MTS 3/5
 ESCALA: 1:1000



ORIENTACION: NORTE



UES



TITULO DE LA TESIS:

AUSCULTACIÓN VISUAL DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN SAN MIGUEL, EL SALVADOR

PLANOS

-TRAMOS DE CARRETERA

AUTOR:

FRANCISCO ARISTIDES GRANADOS CAÑAS
ALVARO JOSÉ RODRÍGUEZ RUBIO

DESCRIPCIÓN:

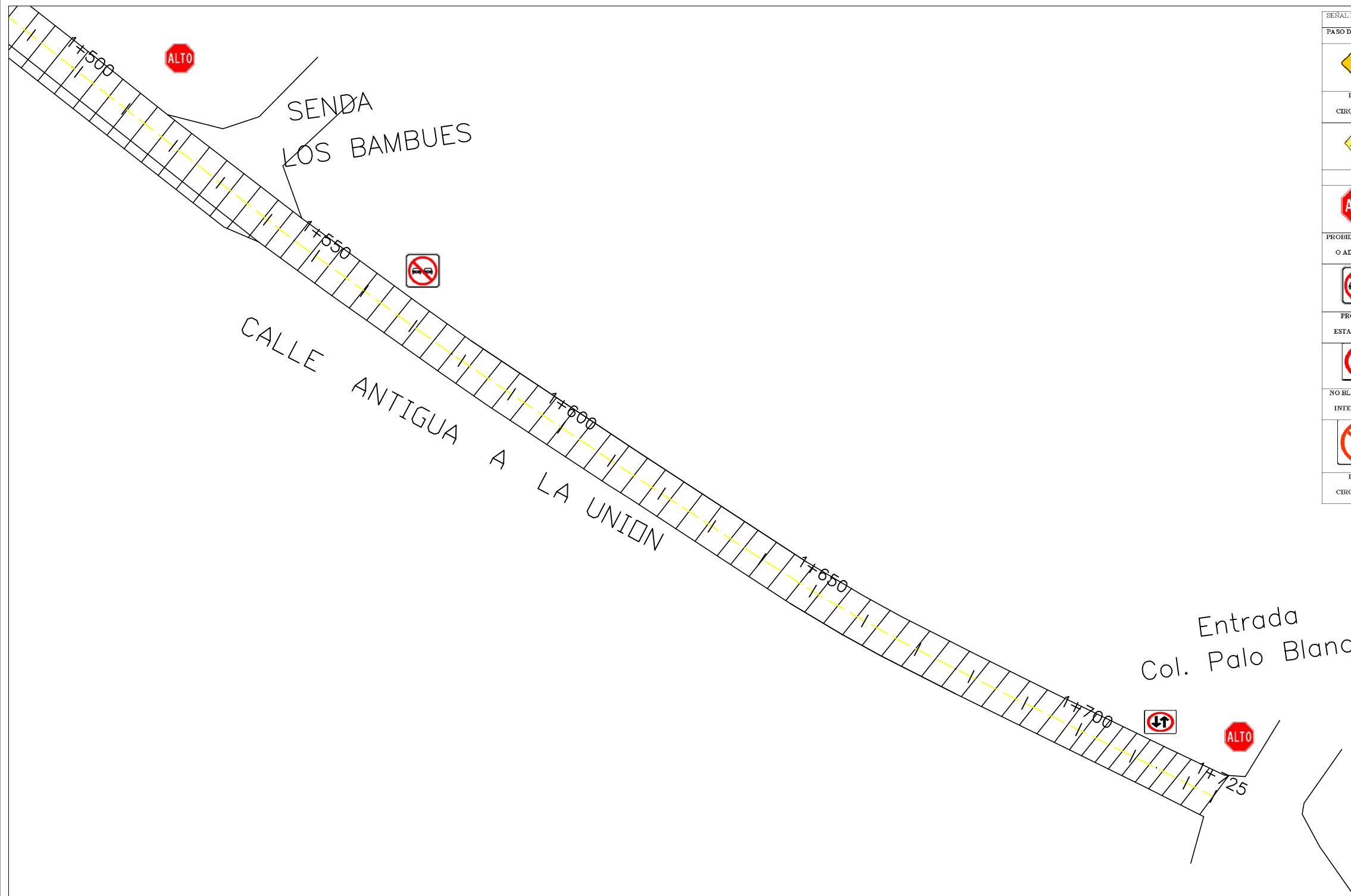
PROPUESTA DE SEÑALIZACIÓN VIAL EN LA AV. MIGUEL A. BENETT

COTAS: MTS

4/5

ESCALA:


1:1000



SEÑAL DE TRANSITO	DESCRIPCION
PASO DE PEATONES 	Disminuya la velocidad, si hay peatones cruzando la via debe detenerse, ya que ellos tienen prioridad de paso.
DOBLE CIRCULACION 	El tramo de carretera al que se aproxima es en doble sentido.
ALTO 	Tal como lo indica el reglamento de tránsito en su Art. 98 #4, debe detener por completo la marcha y ceder el paso siempre que llegue a ella.
PROHIBIDO REBASAR O ADELANTAR 	Les indica a los conductores de vehículos que en ese tramo de las vías, no es permitido adelantar a otros automóviles.
PROHIBIDO ESTACIONARSE 	Les indica a los conductores de vehículos que en ese tramo de la vía, no es permitido el estacionamiento y que puede ser multado si no respeta dicha restricción.
NO BLOQUEAR LA INTERSECCION 	Se emplea en aquellos lugares en donde el tráfico sea muy intenso y sea necesario que los conductores respeten el derecho de paso de los demás vehículos, sobre todo en las de mayor tráfico.
DOBLE CIRCULACION 	Circule por su derecha, se encuentra en una calle o carretera con doble sentido de circulación.

ORIENTACION:
 NORTE

UES



TITULO DE LA TESIS:
AUSCULTACIÓN VISUAL DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN SAN MIGUEL, EL SALVADOR

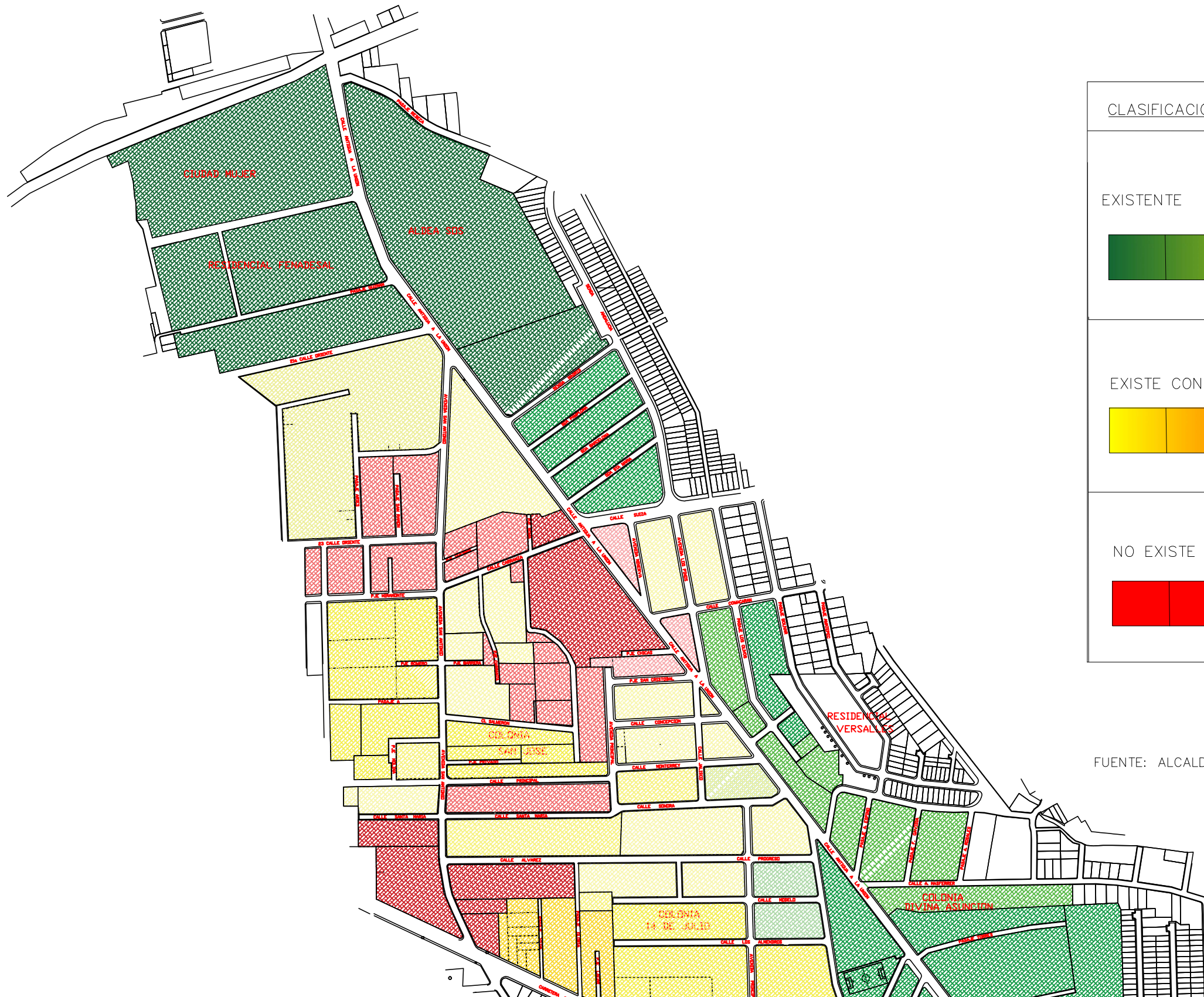
PLANOS
 - TRAMOS DE CARRETERA

AUTOR:
FRANCISCO ARISTIDES GRANADOS CAÑAS
ALVARO JOSÉ RODRÍGUEZ RUBIO

DESCRIPCIÓN:
PROPUESTA DE SEÑALIZACIÓN VIAL EN LA AV. MIGUEL A. BENETT

COTAS: MTS
 5/5

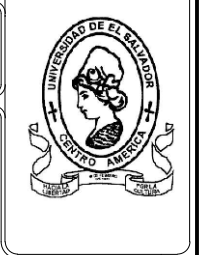
ESCALA:
 1: 750



FUENTE: ALCALDIA MUNICIPAL DE SAN MIGUEL, EL SALVADOR.



UES



TITULO DE LA TESIS:

AUSCULTACIÓN VISUAL DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN SAN MIGUEL, EL SALVADOR

PLANOS
-MAPEO DE ALCANTARILLADO

AUTOR:

FRANCISCO ARISTIDES GRANADOS CAÑAS
ALVARO JOSÉ RODRÍGUEZ RUBIO

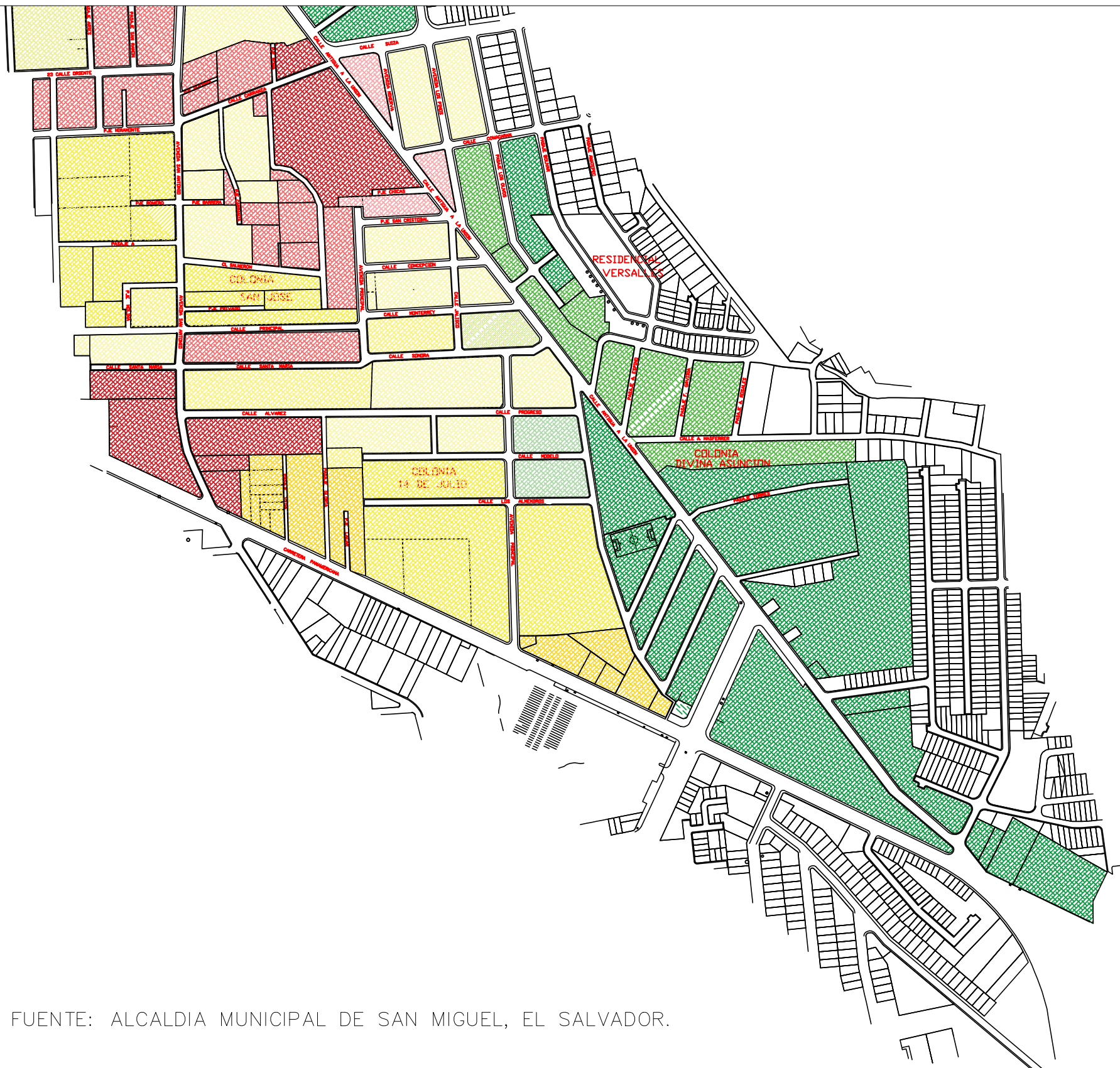
DESCRIPCIÓN:

MAPEO DEL ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA DE A.L.L. EN LAS ZONAS ALEDAÑAS A LA AV. MIGUEL ÁNGEL BENETT

COTAS: MTS

1/2

ESCALA: 1:5000



FUENTE: ALCALDIA MUNICIPAL DE SAN MIGUEL, EL SALVADOR.

CLASIFICACION DE LAS ZONAS

EXISTENTE

EXISTE CON DEFICIENCIAS

NO EXISTE DRENAJE



UES



TITULO DE LA TESIS:

AUSCULTACIÓN VISUAL DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN SAN MIGUEL, EL SALVADOR

PLANOS

-MAPEO DE ALCANTARILLADO

AUTOR:

FRANCISCO ARISTIDES GRANADOS CAÑAS
ALVARO JOSÉ RODRÍGUEZ RUBIO

DESCRIPCIÓN:

MAPEO DEL ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA DE A.L.L. EN LAS ZONAS ALEDAÑAS A LA AV. MIGUEL ÁNGEL BENETT

COTAS: MTS

2/2

ESCALA:

1:5000