

Facultad de Tecnología de la Construcción

DISEÑO GEOMÉTRICO VIAL Y DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN BARRIOS JORGE SALAZAR Y ANEXO CONCEPCIÓN DE MARÍA.

Trabajo Monográfico para optar al título de
Ingeniero civil

Elaborado por:

Tutor:

Br. Jairo Antonio
Matus Mejía.
Carnet: 2006-6014

Br. Silena Ordoñez
Jarquín.
Carnet: 2009-1748

Ing. José René
Urtecho Páramo

24 de abril de 2022
Managua, Nicaragua

RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento está orientado a la propuesta de Diseño de Pavimento Rígido y del Sistema de Alcantarillado Sanitario, en los Barrios Jorge Salazar y Anexo Concepción de María, del Distrito VI de la ciudad de Managua

El documento está constituido en tres aspectos fundamentales, tales como la introducción, el desarrollo en donde se muestran todos los análisis y resultados de los estudios realizados, así como también el proceso de diseño de pavimento y alcantarillado sanitario, y por último se presentan las conclusiones y recomendaciones.

El cuerpo de este trabajo monográfico está compuesto de ocho (8) capítulos, los cuales se describen a continuación:

Capítulo 1: Generalidades. En este primer capítulo se desarrolla la introducción, objetivos planteados, los antecedentes, justificación y la localización del proyecto. En general, este capítulo tiene como propósito principal ubicar al lector en el tema a tratar.

Capítulo 2: Estudios de Tránsito. Abarca los conceptos referentes al tránsito, su composición y volúmenes, tránsito promedio diario anual (TPDA), tasas de crecimiento y metodología a utilizar para proyectarlo al período de diseño seleccionado, esto servirá también como base para calcular el número de repeticiones esperadas de cada tipo de eje.

Capítulo 3: Estudios Geotécnicos. Es una de las variantes que se involucran para el diseño de la estructura de pavimento.

Este capítulo, encierra los aspectos fundamentales y el estudio de las características físico – mecánicas de los suelos sobre la que se apoyara la plataforma o losa de concreto, así como aquellas fuentes de materiales que pueden ser útiles en la etapa de construcción de la carretera.

Capítulo 4: Diseño de Pavimento. Se desarrolla el diseño de la estructura de pavimento rígido por el método de la Portland Cement Association (PCA) empleando el software BS - PCA. Se definen algunos conceptos generales, consideraciones básicas y criterios del método, presentándose el resultado de los cálculos e iteraciones para obtener el espesor de pavimento que satisface la demanda del tránsito de diseño.

Capítulo 5: Diseño de Red de Alcantarillado Sanitario. En este capítulo se desarrolla el diseño de la red de alcantarillado sanitario, a la vez la realización de planos de los mismos.

Capítulo 6: Evaluación de Impacto Ambiental. Este capítulo tiene como objeto Identificar y determinar a través de distintas metodologías de evaluación ambiental, los posibles impactos ambientales que serán generados por la construcción y/o mejoramiento de un camino al interior de un área protegida, y establecer con dicho análisis, la metodología que mejor responde a los procesos

Capítulo 7: Conclusiones y Recomendaciones. Las conclusiones y recomendaciones se fundamentan en los resultados obtenidos en los capítulos anteriores, tanto en los estudios como en los diseños. Las recomendaciones deberán ser tomadas en cuenta para la futura construcción del tramo en mención y a la vez para el desarrollo de otros diseños similares.

Al final del documento se muestran las referencias bibliográficas, así como todos los anexos relacionados con el desarrollo de este documento.

INDICE GENERAL

CAPITULO I.	GENERALIDADES.....	1
1.1	INTRODUCCION	1
1.2	ANTECEDENTES	2
1.3	JUSTIFICACION	3
1.4	OBJETIVOS	4
1.4.1	OBJETIVO GENERAL	4
1.4.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	4
1.5	LOCALIZACION DEL PROYECTO	5
CAPITULO II.	ESTUDIOS DE TRANSITO	8
2.1	INTRODUCCION	8
2.2	CLASIFICACION VEHICULAR.....	8
2.3	VOLUMENES DE TRANSITO (AFORO VEHICULAR)	8
2.3.1	TRANSITO PROMEDIO DIARIO (TPD)	9
2.3.2	DISTRIBUCION DIRECCIONAL DEL TRÁFICO	9
2.3.3	EXPANSION DE VOLUMENES DE TRANSITO	10
2.4	PERIODO DE DISEÑO.....	11
2.5	TASA ANUAL DE CRECIMIENTO (TAC).....	11
2.6	CALCULO DE LAS PROYECCIONES DEL TRANSITO	12
2.7	TRANSITO DE DISEÑO	12
2.7.1	FACTOR DE CRECIMIENTO ANUAL (FCA)	13
2.7.2	FACTOR DIRECCIONAL (FD)	13
2.7.3	FACTOR CARRIL (FC).....	14
2.7.4	CALCULO DE LAS REPETICIONES ESPERADAS	14
2.8	METODOLOGIA	15

2.8.1	INFORMACION EXISTENTE	15
2.8.2	AFORO VEHICULAR.....	16
2.8.3	CALCULO DEL TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL	16
2.8.4	PERIODO DE DISEÑO.....	19
2.8.5	TASA ANUAL DE CRECIMIENTO (TAC).....	19
2.8.6	PROYECCION DEL TRANSITO	20
2.9	PRESENTACION DE RESULTADOS	21
2.9.1	FACTOR DE CRECIMIENTO ANUAL (FCA)	23
2.9.2	FACTOR DIRECCIONAL.....	23
2.9.3	FACTOR CARRIL	23
2.9.4	CALCULO DE LAS REPETICIONES ESPERADAS	24
CAPITULO III.	ESTUDIOS GEOTECNICOS	27
3.1	INTRODUCCION	27
3.2	TRABAJOS DE CAMPO	27
3.3	ESTUDIOS DE LABORATORIO	28
3.3.1	ENSAYES DE LAS MUESTRAS	28
3.3.2	TIPOS DE ENSAYES	28
3.3.2.1	Análisis granulométrico de suelos	28
3.3.2.2	Propiedades plásticas	29
3.3.2.3	Clasificación Higway Research Board, o clasificación AASHTO 29	
3.3.2.4	Capacidad relativa soporte del suelo (CBR)	31
3.4	METODOLOGIA Y PRESENTACION DE RESULTADOS	31
3.4.1	SONDEOS SOBRE LA LINEA	32
3.4.2	TRABAJOS DE LABORATORIO	32
3.5	ANALISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS	33
3.5.1	SELECCIÓN DEL BANCO DE PRESTAMO	34
CAPITULO IV.	DISEÑO DE PAVIMENTO	36
4.1	INTRODUCCION	36

4.2	CARACTERISTICAS DEL PAVIMENTO	36
4.3	CLASIFICACION DE LOS PAVIMENTOS	37
4.3.1	PAVIMENTOS FLEXIBLES	37
4.3.2	PAVIMENTOS ARTICULADOS.....	37
4.3.3	PAVIMENTOS RIGIDOS	37
4.4	DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO	38
4.4.1	METODO DE DISEÑO AASHTO	38
4.4.2	METODO DE LA ASOCIACION DEL CEMENTO PORTLAND (PCA) 39	
4.4.2.1	Resistencia a la flexión (Modulo de Ruptura MR)	39
4.4.2.2	Terreno de apoyo o base.....	40
4.4.2.3	Las repeticiones esperadas y la magnitud de cargas por ejes	43
4.5	METODOLOGIA Y PRESENTACION DE RESULTADOS	45
4.5.1	CALCULO DEL DISEÑO DEL ESPESOR.....	45
4.5.1.1	Análisis por Fatiga	48
4.5.1.2	Análisis por Erosión	50
4.5.2	UTILIZACION DEL SOFTWARE BS - PCA.....	55
4.5.3	ASPECTOS COMPLEMENTARIOS AL DISEÑO	57
4.5.3.1	Modulación de Losas	57
4.5.3.2	Diseño de Juntas	59
CAPITULO V. DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y AGUAS		
	RESIDUALES	63
5.1	INTRODUCCION	63
5.2	PROYECCION DE LA POBLACION	65
5.2.1	METODO DE CÁLCULO	65
5.2.1.1	Método geométrico	65
5.3	CANTIDAD DE AGUA RESIDUAL	66
5.3.1	CONSUMO DOMSTICO.....	66
5.3.2	CONSUMO COMERCIAL, INDUSTRIAL Y PÚBLICO.....	66

5.3.3	CAUDAL DE INFILTRACIÓN	66
5.3.4	GASTO MEDIO (Q_m)	67
5.3.5	GASTO MINIMO (Q_m).....	67
5.3.6	GASTO MÁXIMO DE AGUAS RESIDUALES ($Q_{m\acute{a}x}$).	68
5.3.7	GASTO DE DISEÑO (Q_d).	68
5.4	ERÍODO DE DISEÑO ECONÓMICO PARA LAS ESTRUCTURAS DE LOS SISTEMAS	69
5.5	HIDRÁULICA DE ALCANTARILLAS	70
5.5.1	FÓRMULA Y COEFICIENTE DE RUGOSIDAD.....	70
5.5.2	DIÁMETRO MÍNIMO.....	70
5.5.3	TENSIÓN DE ARRASTRE.	70
5.5.4	PÉRDIDA DE CARGA ADICIONAL.....	71
5.5.5	CAMBIO DE DIÁMETRO.....	71
5.5.6	ÁNGULO ENTRE TUBERÍAS.....	72
5.5.7	COBERTURA SOBRE LA TUBERÍA.....	72
5.5.8	UBICACIÓN DE LAS ALCANTARILLAS.....	72
5.6	POZOS DE VISITAS SANITARIOS (PVS).....	73
5.6.1	UBICACIÓN.	73
5.6.2	DISTANCIA MÁXIMA ENTRE POZOS.....	73
5.6.3	CARACTERÍSTICA DEL POZO DE VISITA.....	73
5.7	CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO	74
5.7.1	SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO CONVENCIONALES.....	74
5.7.2	SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO NO CONVENCIONALES.....	75
5.7.3	CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO NO CONVENCIONALES.....	75
5.7.4	CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADOS	76

5.8	METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE ALCANTARILLADO	
SANITARIO		77
5.8.1	PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN	77
5.8.2	MÉTODO DE CRECIMIENTO GEOMÉTRICO	77
5.8.3	CANTIDAD DE AGUAS RESIDUALES	78
5.8.3.1	Consumo Doméstico.....	78
5.8.3.2	Consumo comercial, industrial y público.	79
5.8.4	TOPOGRAFÍA Y LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICOS	79
5.9	ANÁLISIS DE CÁLCULOS Y RESULTADOS	80
5.9.1	DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GENERALES	
	DEL ÁREA DE ESTUDIOS.....	80
5.9.1.1	Ubicación del área de estudio.	80
5.9.1.2	Población y viviendas de los barrios.....	81
5.9.1.3	Morfología	82
5.9.1.4	Abastecimiento de Agua Potable.....	82
5.9.1.5	Disposición de Aguas Residuales Domésticas y Excretas:	82
5.9.1.6	Drenaje Pluvial	82
5.9.2	DISEÑO DEL SISTEMA PROPUESTO DE ALCANTARILLADO	
	SANITARIO PERIODO DE DISEÑO	83
5.9.2.1	Población del proyecto.....	83
5.9.2.2	Cálculo de caudales de agua residual.....	84
5.9.3	CÁLCULOS PARA EL DISEÑO DE LA RED DE	
	RECOLECCIÓN	85
5.9.3.1	Parámetros de Diseño	85
2.8.6.1	Cálculo de caudales.....	85
CAPITULO VI.	EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL	90
6.1	INTRODUCCION	90
6.2	OBJETIVOS DE LA VALORACION AMBIENTAL	90
6.3	DEFINICIONES.....	91
6.4	LEGISLACIÓN PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL	97

6.5	DESCRIPCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE.....	101
6.5.1	MEDIO FÍSICO	101
6.5.1.1	Clima	101
6.5.2	MEDIO BIÓTICO.....	102
6.5.2.1	Flora	102
6.5.2.2	Fauna	102
6.6	DETERMINACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES	102
6.6.1	METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN AMBIENTAL.....	102
6.6.1.1	Matriz de Leopold	103
6.7	PRESENTACION DE RESULTADOS	103
6.8	MATRIZ DE VALORACIÓN DE IMPACTOS.....	106
6.9	LÍNEA BASE DEL PROYECTO.....	111
6.9.1	ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO	111
6.9.1.1	Área de Influencia Directa (AID)	112
6.9.1.2	Área de Influencia Indirecta (AII)	113
6.9.1.3	Matrices de impactos sociales positivos y negativos.	113
6.9.2	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	116
CAPITULO VII.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	118
7.1	CONCLUSIONES	118
7.2	RECOMENDACIONES.....	121
BILIOGRAFIA	123	
ANEXOS	124	
	ANEXOS A - ESTUDIOS DE TRANSITO	125
	ANEXOS B - ESTUDIOS GEOTECNICOS.....	130
	ANEXOS C - DISEÑO DE PAVIMENTO.....	136
	ANEXOS D - DISEÑO ALCANTARILLADO SANITARIO	138

INDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1	Cálculo del Transito Promedio diario Anual (TPDA)	18
Tabla 2. 2	Proyección del Transito al Periodo de Diseño.....	21
Tabla 2. 3	Proyección de Tránsito en Barrios Concepción de María y Jorge Salazar	22
Tabla 2. 4	Distribución Direccional del Transito	23
Tabla 2. 5	Factor Carril	24
Tabla 2. 6	Cálculo de las Repeticiones Esperadas por tipo de Vehículo.	24
Tabla 2. 7	Repeticiones esperadas por tipo de eje y peso.....	25
Tabla 2. 8	Sumatoria de las repeticiones esperadas de vehículos pesados	25
Tabla 3. 1	Ensayes de laboratorio y designación ASTM.	28
Tabla 3. 2	Resultados obtenidos de CBR según el informe de laboratorio de I.M.S.	34
Tabla 4. 1	Incremento en el valor K del suelo según el espesor de una base granular	42
Tabla 4. 2	K suelo - Base	42
Tabla 4. 3	Sumatoria y agrupación de las repeticiones esperadas	44
Tabla 4. 4	Esfuerzo Equivalente para Pavimentos con Apoyo Lateral para un Espesor propuesto de 7 pulgadas.	47
Tabla 4. 5	Factores de Erosión para Pavimentos Sin Pasajuntas y con Apoyo Lateral para un Espesor propuesto de 7 pulgadas	50
Tabla 4. 6	Resultados Obtenidos para un espesor propuesto de 7 pulgadas.	54
Tabla 5. 1	Dotación según Rango de población	66

Tabla 5. 2	Período de diseño económico para las estructuras de los sistemas	69
Tabla 5. 3	Espaciamiento máximo entre PVS	73
Tabla 5. 4	Dotaciones de agua para Managua	78
Tabla 5. 5	Consumo comercial, industrial y público	79
Tabla 5. 6	Datos de población total para el diseño de alcantarillado	84
Tabla 6. 1	Matriz de Leopold	105

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1	Mapa de Macro localización del proyecto.	5
Figura 1. 2	Mapa de Micro localización del Proyecto	6
Figura 4. 1	Correlación aproximada entre la clasificación de los suelos y sus valores de resistencia.	41
Figura 4. 2	Nomograma de Análisis por fatiga para un espesor propuesto de 7 pulgadas.	49
Figura 4. 3	Nomograma de Análisis por Erosión con Apoyo Lateral y sin pasajuntas para un Espesor propuesto de 7 pulgadas.	52
Figura 4. 4	Datos de entrada del programa BS - PCA	55
Figura 4. 5	Digitación de Cargas y repeticiones esperadas para ejes sencillos	56
Figura 4. 6	Digitación de Cargas y repeticiones esperadas para ejes Tandem	56
Figura 4. 7	Resultados porcentajes de daño para 7" de espesor, Software BS – PCA	57
Figura 4. 8	Dimensionamientos de las Juntas.	59

CAPÍTULO

I

GENERALIDADES



Las recientes necesidades de desarrollo, la búsqueda de soluciones perdurables y la demanda de contar con más y mejores vías, contribuyen a la modernización y ampliación de la red vial de una ciudad con el uso de pavimentos de concreto hidráulico que resistan eficientemente las cargas transmitidas por el creciente tráfico vehicular bajo estándares de calidad internacional.

CAPITULO I. GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCION

Los barrios Jorge Salazar y Anexo Concepción de María, son dos asentamientos pertenecientes al distrito seis de Managua, limita al norte con carretera Norte y el Aeropuerto Augusto C. Sandino, al sur con el barrio Concepción de María, al este con el Barrio Canadá Sureste, y al oeste bodegas del ejército de Nicaragua.

En el presente trabajo monográfico se plantea el mejoramiento de la superficie de rodamiento actual con una estructura de pavimento rígido diseñada en base a las exigencias del tráfico actual, tráfico esperado, condiciones de carga y las propiedades de los suelos in situ, diseñada por el método de Portland Cement Association (P.C.A.).

Además, se propone un diseño de alcantarillado sanitario el cual se conectará a la colectora principal existente de la ciudad, éste estará en correspondencia con las normas técnicas del INAA.

1.2 ANTECEDENTES

Los barrios Jorge Salazar y Anexo Concepción de María son dos asentamientos pertenecientes al distrito seis de Managua cuentan con una población de 5,412 habitantes y un área de 173,072.43 metros cuadrados.

Ninguna de las calles presenta algún tipo de infraestructura vial creando problemas de accesibilidad y de escorrentía pluvial para las viviendas de los habitantes, esta problemática impide el acceso de la recolección de la basura por lo que los pobladores de dichos barrios deben trasladarla hasta puntos de recolección establecidos por la alcaldía de Managua provocando la propagación de enfermedades en estos sectores, por otra parte el mal estado de sus accesos disminuye la efectividad de reacción de la policía y bomberos cuando estos son requeridos por las personas afectadas de los sectores antes mencionados, todas estas problemáticas aumentan o empeoran en época de invierno.

Otro aspecto es que no cuentan un sistema de alcantarillado sanitario, por lo que algunos de los ciudadanos del sector de Jorge Salazar han conectado las aguas servidas al canal abierto existente de la zona, lo que provoca un hedor muy desagradable para las personas que colindan con dicho canal.

1.3 JUSTIFICACION

El proyecto consiste en la conceptualización del diseño de estructura de pavimento rígido para el mejoramiento y la accesibilidad de las calles de los barrios Jorge Salazar y Anexo Concepción de María, a través de rodamiento de concreto hidráulico, el cual facilitará confort y seguridad vial en las calles de dichos barrios beneficiados con el diseño ; y el diseño de una red de tubería sanitaria para ser conectada al sistema de alcantarillado sanitario existente de la ciudad de Managua, logrando de esta manera mejorar en parte las condiciones de vida de los pobladores de los barrios Jorge Salazar y Anexo Concepción de María, esto en cuanto al manejo de aguas servidas y aguas negras, aspecto muy importante en el desarrollo urbanístico y en la salud de los habitantes.

El proyecto consistirá en la construcción de las siguientes obras:

Obras viales: 17 mil 530 metros cuadrados de calles con concreto hidráulico con su respectivo bordillo integrados.

Obras hidrosanitarias: Instalación de 2 mil 156 metros lineales de tubería de aguas negras y 39 pozos de visita.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

- Proponer el Diseño de Pavimento y Alcantarillado Sanitario para los barrios Jorge Salazar y Anexo Concepción de María.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Elaborar un estudio de tránsito de las calles para analizar el volumen de tránsito.
- Realizar los estudios de suelos necesarios para el diseño de pavimento con el apoyo de Alcaldía de Managua.
- Proponer una estructura de pavimento rígido considerando las condiciones de carga y las propiedades físicas - mecánicas de los suelos, aplicando el método de la Portland Cement Association (PCA).
- Diseñar una red alcantarillado sanitario aplicando las normas técnicas de INAA, el cual se conectará a la colectora principal existente de la ciudad.
- Elaborar un diagnóstico de la evaluación ambiental de las obras a desarrollar.

1.5 LOCALIZACION DEL PROYECTO

Managua está dividida en Siete Distritos, y como ya se ha mencionado anteriormente, el proyecto está comprendido en los Barrios Jorge Salazar y Anexo Concepción de María, el cual se encuentran localizado en el Distrito Seis, como se muestra en la figura 1. 1

Figura 1. 1 Mapa de Macro localización del proyecto.



Fuente: Imagen tomada de Google earth – editada por el mismo Autor.

Figura 1. 2 Mapa de Micro localización del Proyecto



Fuente: Imagen tomada de Google earth – editada por el mismo Autor.

CAPÍTULO II

ESTUDIOS DE TRANSITO



Este capítulo aborda el marco teórico de los estudios de tránsito, y al final se presenta la metodología y descripción de los resultados, una de las variables más importantes para el diseño de una vía.

CAPITULO II. ESTUDIOS DE TRANSITO

2.1 INTRODUCCION

Una de las variables más importantes para el diseño de una vía es la distribución del tránsito y su proyección al período de diseño seleccionado, puesto que el volumen, dimensiones de los vehículos y su distribución en el tiempo influyen en el diseño geométrico de la carretera, y el número y el peso de los ejes es el parámetro a tomar en cuenta en el diseño de pavimento o carpeta de rodamiento.

Los estudios de transporte tienen como demanda presentar el soporte para tomar decisiones sobre los diferentes aspectos específicos del proyecto, tales como:

- Necesidades impuestas por la capacidad del proyecto.
- Especificaciones del diseño geométrico y estructural de la vía en horizontes de 10, 15 y 20 años.
- Elaboración de planos constructivos y especificaciones del proyecto.

2.2 CLASIFICACION VEHICULAR

La Tabla I ([Ver Anexos A](#)), presenta la tipología de vehículos y su descripción de conformidad con el Sistema de Administración de Pavimentos (PMS) del MTI.

2.3 VOLUMENES DE TRANSITO (AFORO VEHICULAR)

El aforo vehicular se realiza para conocer la cantidad y tipos de vehículos que circulan en un determinado lugar en un tiempo determinado. Los volúmenes de

tránsito están referidos a unidades de tiempo que pueden ser minutos, horas, días, semanas y años. El objetivo final de los conteos vehiculares es el de estimar el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) en cada uno de los puntos que se realice.

2.3.1 TRANSITO PROMEDIO DIARIO (TPD)

Es el número total de vehículos que pasan durante un período de tiempo dado (en días completos) igual o menor a un año y mayor que un día, dividido entre el número de días del período. De acuerdo al número de días de este período, se presentan los siguientes volúmenes de tránsito promedios diarios dados en vehículos por día:

- a. Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA): $TPDA = \frac{TA}{365}$
- b. Tránsito Promedio Diario Mensual (TPDM): $TPDA = \frac{TM}{28,29,30,31}$
- c. Tránsito Promedio Diario Semanal (TPDS): $TPDA = \frac{TS}{7}$

Siendo el TPDA uno de los elementos primarios para el diseño de las carreteras.

2.3.2 DISTRIBUCION DIRECCIONAL DEL TRÁFICO

Durante la hora pico en una carretera de dos o múltiples carriles, uno de los sentidos se encuentra más cargado de vehículos que su sentido contrario, llegando a ser este superior al 60% en algunos casos, ya que se tiene que generar la cantidad de carriles suficientes para mantener el nivel de servicio de la vía.

2.3.3 EXPANSION DE VOLUMENES DE TRANSITO

En la mayoría de las vías, no siempre se dispone de toda la información de volúmenes a través de períodos largos como un año, por lo tanto, es necesario contar con estaciones maestras de aforo permanente o periódico, que permitan determinar factores de expansión y ajuste aplicables a otros lugares que tengan comportamientos similares, y en los cuales se efectuaría la medición de aforos en períodos cortos. Existen 2 tipos de estaciones que ayudan a realizar ajustes de expansión al volumen de tráfico aforado.

- Estaciones Permanentes o de mayor cobertura: Se realizan aforos dos o tres veces al año durante 24 horas, de esta forma se conoce la intensidad del tráfico durante los períodos de verano e invierno.
- Estaciones Sumarias: En este tipo de estación se realiza como mínimo un aforo anual durante 12 horas diarias (de 6:00 am a 6:00 pm) en períodos de 3 días (martes, miércoles y jueves) generalmente en todo el transcurso del año y se efectúan en épocas de verano y/o invierno.

2.3.3.1 Factores de expansión

Cuando los conteos no son realizados durante las 24 horas o durante largos períodos de tiempo, se hace uso de los factores de expansión, tales como: factor de expansión día, factor de expansión semana y factor de expansión temporada. Cada uno de estos factores es calculado para cada tipo de vehículo que exista dentro de la clasificación que se utiliza en los conteos volumétricos.

2.4 PERIODO DE DISEÑO

Se refiere al período que debe cubrir una estrategia de diseño. En el pasado eran usados típicamente períodos de diseño de 20 años hasta finales del año 1976. La selección definitiva del período de diseño para un proyecto específico debe basarse tanto en el juicio ingenieril como en un análisis económico de los costos del pavimento, el volumen del tráfico que circula y el servicio que este proporcione a lo largo de todo el período.

2.5 TASA ANUAL DE CRECIMIENTO (TAC)

Se refiere al cambio en el número de vehículos en un lugar determinado durante un período de tiempo, este valor es expresado en porcentaje (%). Para determinar la tasa anual de crecimiento del tránsito de una carretera se utilizan dos procedimientos.

El primero se fundamenta en el análisis de las tendencias históricas del comportamiento del tránsito, conocidas mediante registros de los volúmenes durante un periodo mínimo de tres años de duración, para desprender de ellas las hipótesis de crecimiento más probable del tránsito durante los años venideros, en sus diferentes componentes de la corriente vehicular.

El segundo método reconoce que los pronósticos del tránsito guardan estrecha relación con indicadores socioeconómicos nacionales o locales, que tienen incidencia en el transporte automotor, como el comportamiento del Producto Interno Bruto (PIB) y el crecimiento de la población, lo que permite obtener proyecciones más aceptables acerca de los futuros volúmenes de tránsito por la carretera.

2.6 CALCULO DE LAS PROYECCIONES DEL TRANSITO

Para el cálculo de las proyecciones del tránsito se debe partir por el modelo exponencial expresado mediante la siguiente fórmula:

$$TPDA_{Final} = TPDA_{Inicial} * (1 + i)^n$$

Donde:

$TPDA_{Final}$: Tránsito promedio diario anual al final del período de diseño.

$TPDA_{Inicial}$: Tránsito promedio diario anual al inicio del período de diseño.

n : Período de diseño.

i : Tasa anual del crecimiento del tránsito.

2.7 TRANSITO DE DISEÑO

El tránsito de diseño o número de las repeticiones esperadas de los vehículos es uno de los factores principales que se toma en cuenta para el diseño de la estructura del pavimento.

El método de diseño que se utilizará para el cálculo del espesor del pavimento es el de la Asociación del Cemento Portland (PCA por sus siglas en inglés) y este método recomienda que se considere únicamente el tráfico pesado, como microbuses+15¹ y camiones con 6 ruedas o más.

¹ Micro+15: Microbuses con capacidad de más de 15 pasajeros.

Es decir que se desprecie todo tráfico ligero, como automóviles, pick-ups de 4 llantas y microbuses-15². Es conveniente para propósitos de diseño calcular el número total de vehículos pesados esperados durante el período de diseño.

2.7.1 FACTOR DE CRECIMIENTO ANUAL (FCA)

Se procede a realizar una estimación del crecimiento del tráfico por cada tipo de vehículo, también es necesario realizar la estimación del peso de los vehículos por ejes y la clasificación de acuerdo con la tabla de pesos y dimensiones del MTI, la cual se muestra en la tabla XIV ([Ver Anexos C](#)).

Para obtener el factor de crecimiento anual del tráfico, es necesaria la siguiente expresión:

$$FCA = \frac{(1 + g)^n - 1}{(g)(n)}$$

Donde:

<i>FCA</i> :	Factor de crecimiento anual.
<i>g</i> :	Tasa de crecimiento anual.
<i>n</i> :	Período de diseño en años.

2.7.2 FACTOR DIRECCIONAL (FD)

El factor direccional o factor de sentido se emplea para diferenciar las vialidades de un sentido de las de doble sentido, de manera que, para vialidades en doble sentido, se utiliza un factor de 0.5, o en otro caso se determinará mediante la condición más crítica del tráfico.

² Micro-15: Microbuses con capacidad de 15 pasajeros como máximo

2.7.3 FACTOR CARRIL (FC)

Depende del número de carriles por sentido del tráfico y varía de 0.8 a 1.

2.7.4 CALCULO DE LAS REPETICIONES ESPERADAS

Aplicando la siguiente fórmula para determinar las repeticiones esperadas para el período de diseño, partiendo del Tránsito Promedio Diario Anual en el año base y se afecta por los factores Direccional, Carril y de Crecimiento:

$$Re = TPDA_{año\ base} * \%Te * FD * FC * Pd * FCA * 365$$

Donde:

Re: Repeticiones esperadas.

TPDA: Tránsito Promedio Diario Anual en el año base.

%Te: % del tránsito cargado para cada tipo de eje.

FD: Factor Direccional.

FC: Factor Carril.

Pd: Período de diseño, Años.

FCA: Factor de Crecimiento Anual.

365: Días en un año.

2.8 METODOLOGIA

En esta sección se abordan los datos obtenidos del tráfico, con su respectivo análisis, así como también se establecen los elementos que definirán el diseño de la estructura de pavimento de la vía.

2.8.1 INFORMACION EXISTENTE

Las Estaciones de Conteos Volumétricos del tráfico del Sistema de Administración de Pavimentos – PMS, de la División General de Planificación – DGP y del Ministerio de Transporte e Infraestructura – MTI, que se localizan en la red de carreteras, aportan información histórica y actuales de sus flujos a la corriente vehicular de los barrios Jorge Salazar y Concepción de María del Distrito VI de la ciudad de Managua.

Para ello se revisó el tráfico histórico de las estaciones sumarias No. 301 (Empalme El Guayacán - Matagalpa) y la estación de mayor cobertura o permanente No. 401 (Masaya - Granada) correspondiente al aforo del año 2023, localizada en el tramo de carretera NIC – 4, debido a que esta es la estación maestra de la zona y son los datos más recientes, además la estación a tomar debe tener similitudes en cuanto a volúmenes de tráfico, porcentajes de vehículos pesados C2, porcentaje de vehículos Cx/Tx, posición geográfica, estos son los vectores más importantes a tomar en cuanto para la escogencia de la estación sumaria de comparación.

Las tablas II y III respectivamente ([Ver Anexo A](#)), presentan las series históricas de estas estaciones.

2.8.2 AFORO VEHICULAR

Para la realización del aforo vehicular, se analizaron las estaciones de conteo que relativamente pueden cumplir con los parámetros y se determinó que la estación que cumple en mayor proximidad es la estación sumaria No. 301 (Emp. El Guayacan - Matagalpa) y la estación de mayor cobertura o permanente No. 401 (Masaya - Granada) y de modo que se permitiera captar el tráfico en ambos sentidos de la vía.

El conteo y la clasificación vehicular se realizaron durante 5 días (lunes 17/02/23 – viernes 21/02/23), durante 12 horas continuas entre las 07:00 horas y las 19:00 horas. Estando ubicada la estación de conteo en la intersección del mercado Mayoreo, realizando el aforo en cada uno de los puntos de esta (norte, sur, este y oeste), se escogió este punto por considerar que aporta flujo vehicular a los barrios Jorge Salazar y Concepción de María.

Para obtener resultados precisos, se contó y clasificó el cien por ciento de los vehículos que circulan en todas las direcciones, los resultados del aforo realizado en el período se muestran en la Tabla IV ([Ver Anexo A](#)).

2.8.3 CALCULO DEL TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL

Para obtener el TPDA, se necesita conocer el número total de vehículos que pasan durante todo un año por un punto de referencia, para lograr esto los volúmenes de tráfico diario de doce horas se expandieron a tráfico de 24.0 horas, haciendo uso del Factor de expansión día por tipo de vehículo de la estación Sumaria N°. 301 del Sistema de Administración de Pavimento (PMS) del MTI, localizada en el tramo de carretera NIC. 3 (El Guayacan - Matagalpa), correspondiente al conteo del año 2023.

Además, debido a que la investigación de campo se realizó durante un cinco días, durante 12 horas se hizo uso de los Factores de expansión semana de la Estación Sumaria de Conteos Volumétricos de Tráfico N° 301 (El Guayacan - Matagalpa). Los factores se presentan en la Tabla III ([Ver Anexo A](#)), cabe señalar que los factores utilizados de esta estación fueron los antes mencionado, Factor Día y Factor Semana.

Para la corrección estacional se hizo uso de los factores de ajustes de la Estación de mayor cobertura N° 401, tramo: Masaya - Granada, Conteo 3, localizada en el tramo de Carretera NIC - 4 , la Tabla II ([Ver Anexo A](#)) presenta los factores de ajustes por tipo de vehículos, debido a que ésta es la estación maestra de la zona y son los datos más recientes disponibles y garantizan una mayor veracidad para la desestacionalización de los datos obtenidos de campo, no haciéndose uso de los factores día y semana de esta estación permanente, debido a que al realizarse 24.0 horas continuas y siete días de la semana, estos factores son igual a uno.

En la siguiente tabla se presenta la expansión vehicular del aforo realizado:

Tabla 2. 1 Cálculo del Tránsito Promedio diario Anual (TPDA)

Estación: Intersección el Mayoreo													
Día	Vehículos Livianos				Vehículos de Pasajeros			Veh. Pesados de Carga		Equipo Pesado		Otros	Total (vpd)
	Motos	Autos	Jeep	Camioneta	McBus -15s	MnBus 15-30s	Bus	C2	C3	Veh. Const.	Veh. Agric		
Lunes	4,311	16,593	413	11,546	67	312	2,536	1,002	1,086	0	0	0	37,866
Martes	3,021	18,906	217	9,315	125	617	2,163	814	1,252	0	0	0	36,430
Miércoles	4,512	13,710	156	14,563	213	514	1,988	818	1,622	0	0	0	38,096
Jueves	4,798	20,092	98	8,524	252	564	1,696	1,005	1,005	0	0	0	38,034
Viernes	4,021	16,182	418	12,415	315	612	2,013	917	1,404	0	0	0	38,297
Total	20,663	85,483	1,302	56,363	972	2,619	10,396	4,556	6,369	0	0	0	188,723
TPDS 12 hrs (vpd)	4,133	17,097	260	11,273	194	524	2,079	911	1,274	0	0	0	37,745

Factor Día	1.32	1.35	1.24	1.3	1.35	1.3	1.27	1.45	1.35	1	1	1.2	
Lunes	5,691	22,401	512	15,010	90	406	3,221	1,453	1,466	0	0	0	50,249
Martes	3,988	25,523	269	12,110	169	802	2,747	1,180	1,690	0	0	0	48,478
Miércoles	5,956	18,509	193	18,932	288	668	2,525	1,186	2,190	0	0	0	50,446
Jueves	6,333	27,124	122	11,081	340	733	2,154	1,457	1,357	0	0	0	50,702
Viernes	5,308	21,846	518	16,140	425	796	2,557	1,330	1,895	0	0	0	50,814
Total	27,275	115,402	1,614	73,272	1,312	3,405	13,203	6,606	8,598	0	0	0	250,688
TPDS 24 hrs (vpd)	5,455	23,080	323	14,654	262	681	2,641	1,321	1,720	0	0	0	50,138

Factor Semana	0.96	1.04	1.08	0.98	0.91	0.97	0.97	0.88	0.83	1	1	0.9	
Factor Temporada	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	

TPDA (vpd)	5,237	24,004	349	14,362	239	661	2,562	1,163	1,428	0	0	0	50,005	
TPDA (%)	10.47	48.00	0.70	28.72	0.48	1.32	5.12	2.33	2.86	0.00	0.00	0.00	100.00	
% Veh. Liv							89.70		% Veh. Pesados				10.30	100.00

Fuente: Factores tomados de la estación sumaria N° 301, y estación permanente N° 401.

La Tabla 2. 1 muestra que este tramo tiene un volumen de tráfico actual con un Tránsito Promedio Diario Anual – TPDA de 50,005 vehículos por día (vpd), siendo un tráfico eminentemente urbano.

2.8.4 PERIODO DE DISEÑO

En la siguiente tabla se muestra los períodos de diseño en dependencia de la clasificación de la carretera. Los tramos en estudio están clasificados como colectora rural, por ende, se utilizará 20 años como datos de diseño.

TIPO DE CARRETERA	PERIODOS DE DISEÑO (años)
Autopista Regional	30 - 50
Troncal Suburbana	15 - 30
Troncal Rural	
Colectora Suburbana	10 - 20
Colectora Rural	

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales SIECA 2001.

2.8.5 TASA ANUAL DE CRECIMIENTO (TAC)

Es el incremento anual de volumen de tránsito en una vía, expresado en porcentaje. En el presente proyecto se calculó la tasa de crecimiento de 1.71% (Ver Anexos A, tabla V) que se aplicó al crecimiento normal, producto de la evaluación de correlaciones de series históricas de las siguientes variables macroeconómicas:

- Población de Managua.
- Producto Interno Bruto.
- Valor Bruto de producción de obras de Ingeniería.
- Compra de bienes y servicios de la Alcaldía de Managua.

2.8.6 PROYECCION DEL TRANSITO

Los resultados de las proyecciones del TPDA Normal de la vía, por cada tipo de vehículo, se presentan en la Tabla 2. 2 en la presentación de resultados, estos se presentan año con año, y fueron realizados en base a los resultados del conteo 2013 proyectándose al año 2016, año de inicio de operación

2.9 PRESENTACION DE RESULTADOS

Tabla 2. 2 Proyección del Transito al Periodo de Diseño

Estación: Intersección el Mayoreo													
AÑO	Vehículos Livianos				Vehículos de Pasajeros			Veh. Pesados de Carga		Equipo Pesado		Otros	Total (vpd)
	Motos	Autos	Jeep	Camioneta	McBus -15s	MnBus 15-30s	Bus	C2	C3	Veh. Const.	Veh. Agric		
TPDA (vpd) 2013	5,237	24,004	349	14,362	239	661	2,562	1,163	1,428	0	0	0	50,005
2014	5,327	24,414	355	14,608	243	672	2,606	1,183	1,452	0	0	0	50,860
2015	5,418	24,832	361	14,857	247	684	2,650	1,203	1,477	0	0	0	51,730
AÑO 1 - 2016	5,510	25,257	367	15,111	251	695	2,696	1,224	1,503	0	0	0	52,614
2017	5,605	25,688	373	15,370	256	707	2,742	1,245	1,528	0	0	0	53,514
2018	5,700	26,128	380	15,633	260	719	2,789	1,266	1,554	0	0	0	54,429
2019	5,798	26,575	386	15,900	265	732	2,836	1,288	1,581	0	0	0	55,360
2020	5,897	27,029	393	16,172	269	744	2,885	1,310	1,608	0	0	0	56,307
2021	5,998	27,491	400	16,448	274	757	2,934	1,332	1,635	0	0	0	57,269
2022	6,100	27,961	407	16,730	278	770	2,984	1,355	1,663	0	0	0	58,249
2023	6,205	28,439	413	17,016	283	783	3,035	1,378	1,692	0	0	0	59,245
2024	6,311	28,926	421	17,307	288	797	3,087	1,401	1,721	0	0	0	60,258
2025	6,419	29,420	428	17,603	293	810	3,140	1,425	1,750	0	0	0	61,288
2026	6,528	29,923	435	17,904	298	824	3,194	1,450	1,780	0	0	0	62,336
2027	6,640	30,435	443	18,210	303	838	3,248	1,475	1,811	0	0	0	63,402
2028	6,754	30,956	450	18,521	308	852	3,304	1,500	1,842	0	0	0	64,486
2029	6,869	31,485	458	18,838	313	867	3,360	1,525	1,873	0	0	0	65,589
2030	6,987	32,023	466	19,160	319	882	3,418	1,552	1,905	0	0	0	66,711
2031	7,106	32,571	474	19,488	324	897	3,476	1,578	1,938	0	0	0	67,851
2032	7,228	33,128	482	19,821	330	912	3,536	1,605	1,971	0	0	0	69,012
2033	7,351	33,694	490	20,160	335	928	3,596	1,632	2,004	0	0	0	70,192
2034	7,477	34,270	498	20,505	341	944	3,658	1,660	2,039	0	0	0	71,392
2035	7,605	34,857	507	20,855	347	960	3,720	1,689	2,074	0	0	0	72,613

Fuente: Cálculos realizados por el autor.

La composición vehicular en la estación de estudio (Intersección en Mayoreo) está distribuida de manera que del total de vehículos en el año 2016 (52,614 vpd) los vehículos livianos representan el 89.69% del TPDA y el 10.31% son vehículos pesados (de carga y transporte público), sin embargo, de este volumen de vehículos, solo un porcentaje es el que se aporta para los barrios en estudio, en donde los vehículos pesados de carga y de transporte público representan una cantidad muy baja, y es el que se utilizara para el estudio de diseño de pavimento el cual se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 2. 3 Proyección de Tránsito en Barrios Concepción de María y Jorge Salazar

La proyección del tránsito de una carretera a su período de diseño, tiene muchas aplicaciones, ya que constituye un importante parámetro de referencia para la identificación y cuantificación de los componentes primarios del diseño geométrico, tales como el número de carriles, el ancho del carril, la velocidad de diseño y el vehículo de diseño

TPDA AÑO 2016	
Motos	1,653
Autos	7,577
Jeep	110
Camioneta	4,533
McBus -15s	25
MnBus 15-30s	14
Bus	54
C2	37
C3	45
Otros	0
Total (vpd)	14,048

2.9.1 FACTOR DE CRECIMIENTO ANUAL (FCA)

El Factor de Crecimiento Anual (FCA) da como resultado:

$$FCA = \frac{(1 + 0.0171)^{20} - 1}{(0.0171)(20)} = 1.180397$$

2.9.2 FACTOR DIRECCIONAL

Debido al equilibrio direccional del tránsito presentado en la Tabla 2. 4, se considera distribuir el 50 % del tráfico para cada sentido de la vía, obteniendo así un factor FD = 0.5.

Tabla 2. 4 Distribución Direccional del Transito

ESTACIÓN DE CONTEO	
DÍA	DISTRIBUCIÓN DIRECCIONAL
Lunes	56/47
Martes	53/47
Miercoles	58/42
Jueves	45/55
Viernes	49/51

2.9.3 FACTOR CARRIL

En una vía de un solo carril en el sentido de circulación de diseño, obviamente el 100% del tráfico circulará por ese carril que al mismo tiempo será el carril de diseño de pavimento, por lo que el factor carril será 1. La AASHTO recomienda algunos valores para determinar el factor carril, y se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 2. 5 Factor Carril

Numero de Carriles en una sola dirección.	Fc
1	1
2	0.8 - 1.00
3	0.60 - 0.80
4	0.50 - 0.75

Fuente: AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 93, Cap. II, pág. II-9.

2.9.4 CALCULO DE LAS REPETICIONES ESPERADAS

Aplicando la Formula de la sección 2.7.4, para el periodo de diseño de 20 años da como resultado la siguiente tabla:

Tabla 2. 6 Cálculo de las Repeticiones Esperadas por tipo de Vehículo.

TIPO DE VEHICULO	TPDA año base	% Te	FD	Fc	Pd años	FCA	Días de un año	Repeticiones Esperadas
JEEP	110	100.00%	0.50	1.00	20	1.180397	365	473,929
CAMIONETA	4,533	100.00%	0.50	1.00	20	1.180397	365	19,530,200
MICRO-15	25	100.00%	0.50	1.00	20	1.180397	365	107,711
MICRO+15	14	100.00%	0.50	1.00	20	1.180397	365	60,318
BUS	54	100.00%	0.50	1.00	20	1.180397	365	232,656
C2	37	100.00%	0.50	1.00	20	1.180397	365	159,413
C3	45	100.00%	0.50	1.00	20	1.180397	365	193,880

Fuente: Elaboración propia del autor.

Como no se poseen datos de la cantidad de vehículos cargados se considerará que el 100% de ellos lo están (Te=100%).

Se presenta en la siguiente tabla las repeticiones esperadas por tipo de eje y sus respectivos pesos:

Tabla 2. 7 Repeticiones esperadas por tipo de eje y peso

TIPO DE VEHICULO	TIPO DE EJE	PESO DE EJE (KIP)	Re por vehículo	Re por eje
JEEP	Sencillo	2.2	473,929	473,929
	Sencillo	2.2		473,929
CAMIONETA	Sencillo	2.2	19,530,200	19,530,200
	Sencillo	4.4		19,530,200
MICRO-15	Sencillo	4.4	107,711	107,711
	Sencillo	8.8		107,711
MICRO+15	Sencillo	8.8	60,318	60,318
	Sencillo	17.60		60,318
BUS	Sencillo	11.00	232,656	232,656
	Sencillo	22.00		232,656
C2	Sencillo	11.00	159,413	159,413
	Sencillo	22.00		159,413
C3	Sencillo	11.00	193,880	193,880
	Doble	35.00		193,880
Re Totales:			20.76E+06	041.52E+06

Fuente: Elaboración propia del autor.

Tabla 2. 8 Sumatoria de las repeticiones esperadas de vehículos pesados

Repeticiones Esperadas por Ejes		
Tipo de Ejes	Peso en KIPS	Total de Repeticiones esperadas
Sencillos	8.8	60,318
	11	585,949
	17.6	60,318
	22	392,069
Doble	35	193,880
TOTAL		1.293E+06

Fuente: Elaboración propia del autor.

Según la Tabla 2. 8, las repeticiones esperadas por ejes de los vehículos pesados en toda la vida útil de la vía, equivalen a 1,292,534 (1.293E+06).

CAPÍTULO III

ESTUDIOS GEOTECNICOS



El propósito de este capítulo es la descripción y evaluación de las características físicas y mecánicas de los suelos, resultados que son necesarios para el diseño de los espesores de la estructura de pavimento de las calles de los barrios.

CAPITULO III. ESTUDIOS GEOTECNICOS

3.1 INTRODUCCION

El estudio geotécnico tiene por finalidad analizar y cuantificar las características geomecánicas de los terrenos atravesados o afectados por las obras y su entorno o zona de influencia.

En este capítulo se describen los procedimientos a seguir para la caracterización geotécnica de los suelos que conforman los estratos del terreno de cimentación a lo largo de las calles, así como las fuentes de materiales a fin de determinar su uso en el diseño de la estructura de pavimento en función de su calidad. Los estudios geotécnicos se realizan en dos etapas:

3.2 TRABAJOS DE CAMPO

La primera labor por llevar a cabo en la investigación de suelos consiste en la ejecución sistemática de perforaciones en el terreno con el objeto de determinar la cantidad, extensión de los diferentes tipos de suelos y la forma como estos están dispuestos en capas.

Todas las muestras tomadas deberán ser llevadas al laboratorio para realizar los ensayos correspondientes y así poder dar una clasificación a los suelos y conocer sus características físicas y mecánicas.

3.3 ESTUDIOS DE LABORATORIO

3.3.1 ENSAYES DE LAS MUESTRAS

Las muestras obtenidas en los sondeos realizados se sometieron a los siguientes ensayos de laboratorio, de acuerdo a las especificaciones ASTM.

Tabla 3. 1 Ensayes de laboratorio y designación ASTM.

Tipo de Ensaye	Especificación ASTM
Análisis granulométrico de los suelos	D – 423
Limite liquido de los suelos	D – 423
Limite plástico e índice de plasticidad	D – 424
California Bearing Ratio (C.B.R.)	D – 1883

Fuente: Manual para la Revisión de Estudios Geotécnicos, pág. 8.

3.3.2 TIPOS DE ENSAYES

3.3.2.1 Análisis granulométrico de suelos

El objetivo es determinar el tamaño de las partículas o granos que constituyen un suelo y fijar, en porcentaje de su peso total, la cantidad de granos de distinto tamaño que contiene y clasificar los áridos en finos (limos y arcillas) y gruesos (arena y grava), siendo limos y arcillas los suelos que pasan por la malla No. 200 (0.074 mm), arenas los retenidos por la malla No. 200, pero pasan la malla No. 4 (4.76 mm) y gravas los retenidos por la malla No. 4.

3.3.2.2 Propiedades plásticas

La plasticidad es la propiedad que presentan los suelos de poder deformarse, hasta cierto límite, sin romperse, por medio ella se mide el comportamiento de los suelos. Las arcillas presentan esta propiedad en grado variable, para conocer la plasticidad de un suelo se hace uso de los límites de Atterberg.

- Límite líquido (LL): es el contenido de humedad expresado en porcentaje con respecto al peso de la muestra, con el cual el suelo cambia del estado líquido al plástico. De esta forma, los suelos plásticos tienen en el límite líquido una resistencia muy pequeña al esfuerzo de corte y según Atterberg es de 25 g/cm^2 .
- Límite plástico (LP): es el contenido de humedad, expresado en porcentaje con respecto al peso seco de la muestra secada en el horno, para el cual los suelos cohesivos pasan de un estado semisólido a un estado plástico.

Mediante estos límites de consistencia se puede conocer el tipo de suelo en estudio y dar una clasificación previa según la gráfica de plasticidad del USCS³.

Todos los límites de consistencia se determinan empleando los suelos que pasan por la malla No. 40. La diferencia entre los valores del límite líquido y límite plástico da como resultado el índice de plástico (IP) del suelo.

3.3.2.3 Clasificación Highway Research Board, o clasificación AASHTO

La clasificación AASHTO agrupa los suelos en función de comportamiento como capa de soporte o asiento al firme. Es el sistema más utilizado en la clasificación de los suelos en carreteras.

³ Unified Soil Classification System – Sistema Unificado de clasificación de suelos.

En esta, los suelos se clasifican en siete grupos, según su granulometría y plasticidad. Más concretamente, en función del porcentaje que pasa por los tamices No. 200, 40 y 10, y de los límites de Atterberg de la fracción que pasa por el tamiz No. 40. Estos siete grupos se corresponden a dos grandes categorías de suelos, suelos granulares (con no más del 35% que pasa por el tamiz No. 200) y suelos limo – arcillosos (más del 35% que pasa por el tamiz No. 200). La Tabla B. VI ([Ver Anexo B](#)) muestra la clasificación de los suelos según el sistema AASHTO.

La categoría de los suelos granulares; gravas, arenas y zahorras; está compuesta por los grupos A – 1, A – 2, A – 3, y su comportamiento en explanadas es en general, de bueno a excelente, salvo los sub grupos A – 2 – 6 y A – 2 – 7, que se comportan como los suelos arcillosos debido a la alta plasticidad de los finos que contienen, siempre que el porcentaje de estos supere el 15%. La categoría de los limos – arcillosos está compuesta por los grupos A – 4, A – 5, A – 6 y A – 7, cuyo comportamiento en explanadas va de regular a malo. En esta categoría los suelos se clasifican en los distintos grupos atendiendo únicamente a su límite líquido y a su índice de plasticidad.

La clasificación realizada de esta manera se complementa con el índice de grupo (IG), que permita caracterizar mejor cada suelo dentro de los grupos, ya que estos admiten suelos con porcentajes finos y plasticidad muy diferentes.

El IG se expresa en números enteros positivos (un numero negativo se expresa como $IG = 0$) y se escribe en paréntesis a continuación de los símbolos de grupo o subgrupo correspondiente, generalmente cuando menor es el IG de un suelo, mejores son las cualidades del suelo como explanada o capa de asiento del firme. Los suelos de los grupos A – 1, A – 3, A – 2 – 4 y A – 2 – 5, se pueden clasificar de buenos a excelentes, tienen un $IG = 0$. Un $IG = 20$ o mayor corresponde a un suelo de mala calidad, en condiciones medias de drenaje y compactación.

3.3.2.4 Capacidad relativa soporte del suelo (CBR)

El CBR (California Bearing Ratio), es la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, permitiendo obtener un porcentaje de la relación de soporte. El porcentaje CBR, está definido como la fuerza requerida para que un pistón normalizado penetre a una profundidad determinada, expresada en porcentaje de fuerza necesaria para que el pistón penetre, a esa misma profundidad y con igual velocidad, en una probeta normalizada constituida por una muestra patrón de material chancado⁴.

La expresión que define al CBR, es la siguiente:

$$CBR = \frac{\text{Carga Unitaria del Ensayo}}{\text{Carga Unitaria Patrón}} * 100$$

3.4 METODOLOGIA Y PRESENTACION DE RESULTADOS

En esta sección se abordan los datos obtenidos de los estudios geotécnicos, con su respectivo análisis, así como también se establecen los elementos que definirán la estructura de pavimento. La metodología describe los procedimientos utilizados en los trabajos de campo, desarrollados durante el estudio geotécnico, reconocimiento del sitio, clasificación visual de las muestras y los respectivos ensayos de laboratorio para la determinación de las propiedades físico – mecánicas y el CBR de diseño.

⁴ Proceso mediante el cual se disminuye el tamaño de las rocas mineralizadas.

3.4.1 SONDEOS SOBRE LA LINEA

Se realizaron sondeos manuales de manera alterna al centro, derecha e izquierda de la línea central del camino a una profundidad máxima de 1.50 metros, realizando un total de diez (10) sondeos, siendo 15 las muestras representativas de las diferentes capas de materiales encontrados.

Todas las muestras recuperadas de los sondeos fueron identificadas de forma preliminar en el campo por medio de procedimientos rutinarios de vista y tacto principalmente. Luego en base a los resultados preliminares obtenidos, se agruparon las muestras de iguales características y/o propiedades, para su posterior ensaye de laboratorio.

3.4.2 TRABAJOS DE LABORATORIO

A las muestras de materiales obtenidas, se les determinó su distribución de tamaño (Granulometría), y propiedades plásticas, es decir, Limite Liquido (LL), Limite Plástico (LP) e Índice de Plasticidad (IP).

Cabe mencionar que todos los análisis y ensayos de laboratorio fueron efectuados en base a la normativa y procedimientos de la American Society for Testing Materials (ASTM), indicados en la Tabla 3.1 de este capítulo.

En base a los resultados obtenidos, las muestras se clasificaron de acuerdo al sistema H.R.B (ASTM D – 3282), Tabla VI ([Anexos B](#))

3.5 ANALISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS

De acuerdo a los resultados de Laboratorio, en los sondeos realizados en las calles investigadas, predominan Suelos Gravosos Arenosos que clasifican como A-1-a y A-1-b con Índice de Grupo de 0 en las capas superficiales y subyaciendo a estos materiales Suelos Arcillosos que Clasifican como A-7-6 con Índice de Grupo de 11 y 16 y Suelos Limosos que clasifican como A-4, A-5 con Índice de Grupo de 2 y 5.

La clasificación y las características de los suelos ensayados se muestran detalladamente en la tabla VII y VIII ([Anexos B](#)).

El valor de CBR de diseño utilizado para la sub – rasante es de 9 % obtenido a un 95% de compactación Proctor estándar, que corresponde al tipo de suelo A – 5, de la muestra N° 8. Se escoge por indicar el valor más bajo de resistencia en el tipo de suelo predominante, el cual se considerará como crítico para el diseño de espesor de pavimento. El informe de la prueba de CBR para la muestra N° 8 se muestra en la Tabla X ([Anexos B](#)). El resto de los informes de las demás muestras se encuentran en nexos tablas IX, X, XI ([Anexos B](#)).

Los valores de CBR para las muestras N° 7, N° 8, N° 13 y N° 14 se observan a manera de resumen en la Tabla 3. 2.

Tabla 3. 2 Resultados obtenidos de CBR según el informe de laboratorio de I.M.S.

Muestra Nº	CBR Alcanzado a 95% de Compactación Próctor Estándar	Tipo de Suelo
7	11.00%	A - 4 (1)
8	9.00%	A - 5 (2)
13	3.00%	A - 7 - 6 (11)
14	2.00%	A - 7 - 6 (14)

Fuente: Informe de laboratorio IMS

3.5.1 SELECCIÓN DEL BANCO DE PRESTAMO

Como material de base del pavimento se recomienda utilizar una mezcla en las proporciones siguientes, Hormigón Rojo (60%) del Banco “Pista Suburbana”, y Material Selecto (40%) del Banco “Los Martínez”. ya que a pesar de que posee las características y posee la mayoría de los requisitos técnicos para ser usado como material de préstamo. Se deberá realizar retiro de material existente en una profundidad de 0.20m, antes de colocar la base se deberá realizar una escarificación y conformación de la sub rasante

Los resultados de los análisis y ensayos de laboratorio del material utilizado como base se encuentran en la Tabla XIII ([Anexos B](#)).

CAPÍTULO IV

DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RIGIDO



El Pavimento es la superficie de rodamiento para los distintos tipos de vehículos, formada por el agrupamiento de capas, en este capítulo se realiza el diseño de la estructura del pavimento.

CAPITULO IV. DISEÑO DE PAVIMENTO

4.1 INTRODUCCION

El Diseño de Pavimentos tiene por finalidad analizar y cuantificar los factores presentes o futuros en una carretera sean internos o externos a la misma, para establecer los parámetros y características de un pavimento eficaz y eficiente. Los factores externos representan variables relacionadas con los volúmenes y composición del tránsito, los materiales de construcción, las condiciones climáticas. Los factores internos están representados por la calidad de la sub rasante, los materiales existentes en la vía y de los terrenos atravesados o afectados por las obras.

4.2 CARACTERISTICAS DEL PAVIMENTO

La mayor parte de autores consideran que un pavimento debe reunir los siguientes requisitos:

- Resistente a las cargas provocadas por el tránsito.
- Capacitado para las circunstancias impuestas por el medio ambiente y la exposición a los agentes climatológicos especialmente a la lluvia y variaciones de temperatura.
- Minimizar las afectaciones del drenaje. El peor enemigo del pavimento es el agua.

4.3 CLASIFICACION DE LOS PAVIMENTOS

De manera general los pavimentos se clasifican atendiendo lo que se denomina una clasificación mecánica de su función, de esta manera:

4.3.1 PAVIMENTOS FLEXIBLES

Un pavimento flexible es una estructura que mantiene un contacto íntimo con las cargas y las distribuye a la sub rasante; su estabilidad depende del entrelazamiento de los agregados, de la fricción de las partículas y de la cohesión. Están formados por una capa bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub base.

4.3.2 PAVIMENTOS ARTICULADOS

Están compuestos por pequeños bloques prefabricados, normalmente de concreto, que se denominan en nuestro medio como adoquines; se asientan sobre un colchón de arena soportado por una capa de sub-base o directamente sobre la sub rasante. Su diseño, como todo pavimento, debe estar en acuerdo con la capacidad de soporte de la sub rasante para prevenir su deformación.

4.3.3 PAVIMENTOS RIGIDOS

Fundamentalmente están constituidos por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la sub rasante o sobre una capa, de material seleccionado, la cual se denomina sub base del pavimento rígido. Debido a la alta rigidez del concreto hidráulico, así como de su elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de los esfuerzos se produce en una zona muy amplia.

De los diferentes tipos de pavimentos que se han descrito en este capítulo, se ha estimado para el tramo en estudio, proponer una carpeta de rodamiento de pavimento rígido, debido a que este presenta grandes ventajas en cuanto a construcción y mantenimiento en comparación con los pavimentos flexibles y semirrígidos.

4.4 DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO

Existen diferentes métodos y aproximaciones para el diseño del pavimento de concreto. Dos de los métodos más comunes son el de Portland Cement Association (PCA) y los de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO 1993), de los dos descritos anteriormente se usará el de la PCA para el diseño de los espesores del pavimento, sin embargo, se hará una breve definición de lo que significa el método de la AASHTO.

4.4.1 METODO DE DISEÑO AASHTO

La metodología AASTHO considera la vida útil de un pavimento relacionada al número de repeticiones de carga que podrá soportar el pavimento antes de llegar a las condiciones de servicio final predeterminadas para el camino. El método AASTHO utiliza en su formulación el número de repeticiones esperadas de carga de ejes equivalentes, es decir, que antes de entrar a las fórmulas de diseño, debemos transformar los Ejes de Pesos Normales de los vehículos que circularán por el camino, en ejes sencillos equivalentes de 18 kips (8.2 Ton) también conocidos como ESAL's.

4.4.2 METODO DE LA ASOCIACION DEL CEMENTO PORTLAND (PCA)

El método de diseño de Portland Cement Association es exclusivamente un método de diseño desarrollado para pavimentos de concreto. Derivado de lo anterior se generó finalmente que este método considera dos criterios específicos, uno relativo a la resistencia a la fatiga del concreto y el otro a la erosión de la base.

Resistencia a la Fatiga: sirve para mantener los esfuerzos que se producen dentro de los límites de seguridad, ya que el paso de cargas sobre las losas del pavimento produce esfuerzos que se convierten en agrietamientos.

Resistencia a la Erosión de la Base: Este sirve para evitar los esfuerzos de deflexión que se producen en los bordes de las losas, juntas y esquinas del pavimento; también para tener control sobre la erosión que se produce en la sub base o sub rasante y los materiales que conforman los hombros.

4.4.2.1 Resistencia a la flexión (Modulo de Ruptura MR)

Esta resistencia se considera en el procedimiento del diseño por el criterio de fatiga, el cual controla el agrietamiento del pavimento bajo la acción repetida de las cargas de los vehículos pesados.

La deformación que se produce en el pavimento de concreto por efecto de las cargas, hace que las losas estén sometidas a esfuerzos de tensión y compresión. La relación existente entre las deformaciones debido a las cargas y los esfuerzos de compresión es muy baja como para incidir en el diseño del espesor de la losa, la relación entre la tensión y la flexión son mayores, situación que si afecta el espesor de esta. De lo anterior se deduce que los esfuerzos y la resistencia a la flexión son factores principales a considerar en el diseño de pavimentos rígidos.

La resistencia a la flexión del concreto es determinada por la prueba del módulo de ruptura, ingresando el valor de la resistencia a la compresión (f'_c) del concreto a los 28 días. Este valor a usarse es de 4,000 psi, cuyo valor nos permite considerar una resistencia adecuada a las características del concreto proporcionado en el país, además nos permite utilizar un valor considerable de la resistencia a la flexión del concreto (MR). La relación entre el módulo de ruptura y la resistencia a la compresión puede ser calculada mediante la siguiente fórmula:

$$f'_c = \frac{(MR)^2}{100}$$

Donde:

f'_c : Resistencia a la compresión del concreto, (Psi).

MR^2 : Módulo de Ruptura del concreto a los 28 días, (Psi).

Despejando la formula en función del módulo de ruptura, obtenemos el siguiente resultado:

$$MR = 10 \sqrt{f'_c} \text{ psi}$$

$$MR = 10 \sqrt{4,000 \text{ psi}} = 632 \text{ psi}$$

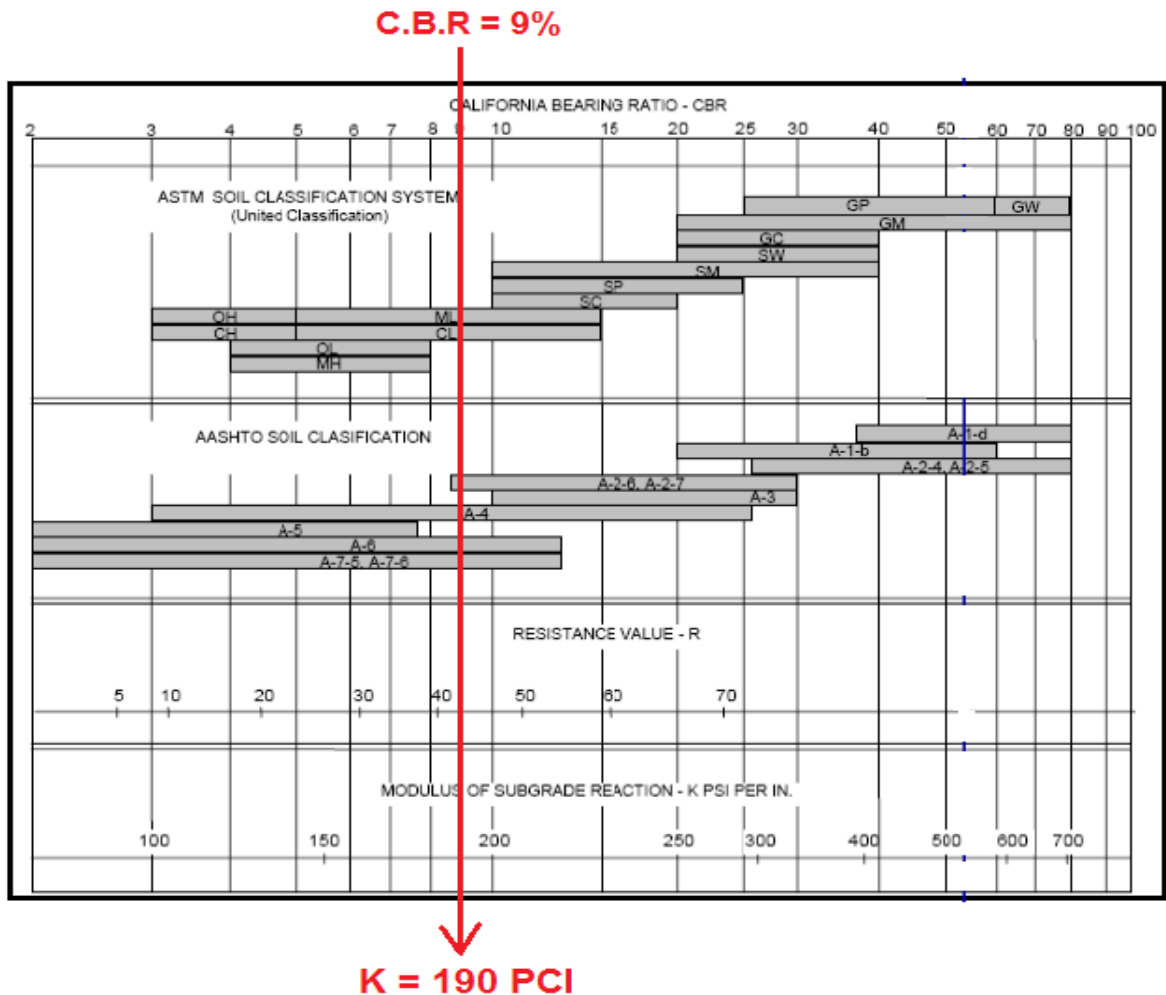
4.4.2.2 Terreno de apoyo o base

El terreno de apoyo está definido en términos del módulo de reacción de la sub rasante de Westergaard (k). Es igual a la carga en libras por pulgada cuadra de un área cargada, dividido entre la deformación en pulgadas que provoca dicha carga. Los valores “k” son expresados como libras por pulgada cuadrada por pulgada (psi/in) o más comúnmente, por libra por pulgadas cúbica (pci).

Dado que la prueba de placa lleva tiempo y dinero, los valores de k son usualmente estimados mediante una correlación a pruebas más simples como la del CBR. El

resultado es válido porque no se requiere una exacta determinación del valor de k ; ya que variaciones normales del valor no afecta significativamente los requerimientos del espesor del pavimento. La relación mostrada en la Figura 4. 3 es correcta para estos propósitos, donde se muestra que para el valor de CBR de diseño equivalente a 9.00 % (sección 3.5 de estudios de suelo), corresponde a un valor de $k = 190$ PCI.

Figura 4. 1 Correlación aproximada entre la clasificación de los suelos y sus valores de resistencia.



Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos (SIECA 2002). Capítulo 7. Pág.70.

Ahora bien, se propone usar dentro de la estructura del pavimento, una base granular de 8" (20 cm) de material mixto Rel. 60/40 de los bancos "Pista Suburbana" y "Los Martínez", con el fin de mejorar la capacidad soporte del suelo.

Esta alternativa propuesta se hace en vistas de que el terreno no cumple con las exigencias para funcionar como una subrasante natural, ya que el CBR de la capa de rodadura actual no cumple con los requerimientos mínimos para utilizarla como soporte de la losa de concreto. Por lo tanto, el módulo de reacción de la subrasante (k) se altera o se modifica en función del espesor de la base en la siguiente tabla.

Tabla 4. 1 Incremento en el valor K del suelo según el espesor de una base granular

k suelo - Sub-base (pci)				
k del suelo (pci)	Espesor de la sub - base			
	4"	6"	9"	12"
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430

Fuente: Manual de Diseño y Construcción de Pavimento, CEMEX.

Debido a que tanto el valor de k, no se encuentra directamente en la tabla, se realizan una serie de interpolaciones mostrándose los resultados en la siguiente tabla, en donde se observa que el módulo de reacción se altera a 246 PCI.

Tabla 4. 2 K suelo - Base

k del suelo (pci)	Espesor de Base
	8"
100	153
190	246
200	257

Fuente: Elaboración propia del autor.

4.4.2.3 Las repeticiones esperadas y la magnitud de cargas por ejes

- Factor de seguridad de carga (F_{sc}): Una vez que se conozca la distribución de carga por eje, se multiplican por el factor de seguridad para prever cualquier imprevisto en la variación repentina del peso de un eje no considerado sobre la vía, para lo cual se recomienda lo siguiente:

Para vías que tienen múltiples carriles, en los cuales se espera un flujo de tráfico interrumpido, con un elevado volumen de tráfico pesado, $F_{sc} = 1.2$

Para carreteras y vías urbanas en las que el tránsito esperado es de un volumen moderado de vehículos pesados, $F_{sc} = 1.1$

Para caminos y calles secundarias que soporten bajo volumen de tráfico pesado, $F_{sc} = 1.0$

Se utilizará el valor de 1.1, debido a las características que se asemejan al tramo en estudio.

El cálculo del tránsito de diseño y repeticiones esperadas para cada vehículo y para cada tipo de eje fue realizado en la sección 2.9.4 del capítulo 2, multiplicado por el factor de seguridad de carga (F_{sc}), da como resultado la siguiente tabla:

Tabla 4. 3 Sumatoria y agrupación de las repeticiones esperadas

Repeticiones Esperadas por Ejes			
Tipo de Ejes	Peso en KIPS	Peso en KIPS por Fsc	Total de Repeticiones esperadas
Sencillos	8.8	9.68	60,318
	11	12.1	585,949
	17.6	19.36	60,318
	22	24.2	392,069
Doble	35	38.5	193,880
TOTAL			1.293E+06

Fuente: Elaboración propia del autor.

Para asuntos de facilitar la actividad de diseño se considera de gran utilidad el uso de software como herramienta que permite fácilmente evaluar los cambios que se pueden presentar dentro del proceso constructivo cuando alguna variable difiera de las consideraciones inicialmente planteadas en el diseño. El programa llamado BS – PCA requiere la introducción de los diferentes parámetros y efectuando los análisis de fatiga y erosión permite obtener el dimensionamiento de la estructura de pavimento.

4.5 METODOLOGIA Y PRESENTACION DE RESULTADOS

4.5.1 CALCULO DEL DISEÑO DEL ESPESOR

El cálculo de diseño del espesor se realizará introduciendo los parámetros analizados anteriormente y efectuando los análisis de fatiga y erosión que permiten obtener el dimensionamiento de la estructura de pavimento.

Debido a que el diseño de espesores es un proceso iterativo, se realizó un total de 2 tanteos para escoger el espesor que cumpla con los criterios de fatiga y erosión y haciendo uso de las tablas simplificadas que utiliza la CEMEX en su manual de diseño de pavimentos, proponiendo inicialmente un espesor de 7" determinando que este era el espesor óptimo dado que los porcentajes de daño determinados eran los que más se acercaban al 100% sin exceder dicho porcentaje. Seguidamente se procedió a realizar el segundo tanteo proponiendo un espesor de losa de 6 pulgadas, dando como resultado que no es un espesor satisfactorio debido a que la sumatoria de daños por fatiga y erosión excedía el 100%. Los resultados de este tanteo se realizan de manera resumida.

Se presenta a continuación el procedimiento de diseño empleado, que nos permitió determinar el espesor de losa óptimo de 7 pulgadas.

- Esfuerzos Equivalentes. Esta magnitud física relaciona la resistencia del suelo de apoyo con el espesor de la losa, bajo condiciones de apoyo y esfuerzos por transferencia de cargas. En el procedimiento de diseño de la PCA, la determinación de este esfuerzo está basado en el esfuerzo máximo de flexión en el borde de la losa, lugar donde se supone que ocurren los máximos esfuerzos en el pavimento cuando los camiones circulan cerca del borde exterior.

Se calculan los esfuerzos equivalentes, proponiendo emplear una losa con apoyo lateral y sin pasajuntas, basados en las consideraciones siguientes:

1. Se considera como apoyo lateral los bordillos de concreto que pertenecen a la sección transversal de la vía y que van integrados a la losa de concreto.
2. Como el porcentaje del tráfico pesado que circulara por la vía se estimó en un 11.63% del tráfico total proyectado, no es necesario el uso de barras de transferencia de cargas entre las losas adyacentes, ya que la CEMEX en su manual de diseño recomienda que se consideren pasajuntas cuando el tráfico pesado sea mayor al 25% del tráfico total⁵. Dicha transferencia de cargas se realizará mediante la trabazón entre los agregados de las caras agrietadas de las losas contiguas, formadas por el aserrado o ranurado de la junta. Para que la transferencia de carga sea efectiva, es preciso disponer espaciamientos de corta longitud entre las juntas.

Con los datos de un espesor propuesto de 7 pulgadas y un valor k de diseño de 246 pci, se accede a la Tabla 4. 4 para encontrar los esfuerzos equivalentes para los ejes sencillos y tándem. Debido a que el valor $k = 246$ pci, no se encuentra directamente en la tabla, se procede a interpolar entre los valores que se encuentran comprendidos como lo es para $k = 200$ pci y $k = 300$ pci, ya sea para ejes sencillos como para ejes tándem.

⁵ Pavimentos de Concreto CEMEX. Pág. 47.

Tabla 4. 4 Esfuerzo Equivalente para Pavimentos con Apoyo Lateral para un Espesor propuesto de 7 pulgadas.

Espesor de Losa, (pulgadas)	Esfuerzo equivalente - Con Apoyo Lateral Eje Sencillo / Eje Tándem / Eje Tridem																				
	k de la subrasante, pci																				
	50			100			150			200			300			500			700		
	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri
4.0	640	534	431	559	468	392	517	439	377	489	422	369	452	403	362	409	388	360	383	384	359
4.5	547	461	365	479	400	328	444	372	313	421	356	305	390	338	297	355	322	292	333	316	291
5.0	475	404	317	417	349	281	387	323	266	367	308	258	341	290	250	311	274	244	294	267	242
5.5	418	360	279	368	309	246	342	285	231	324	271	223	302	254	214	276	238	208	261	231	206
6.0	372	325	249	327	277	218	304	255	204	289	241	96	270	225	187	247	210	180	234	203	178
6.5	334	295	225	294	251	196	274	230	183	260	218	175	243	203	166	223	188	159	212	180	156
7.0	302	270	204	266	230	178	248	210	165	236	198	158	220	184	149	203	170	142	192	162	138
7.5	275	250	187	243	211	162	226	193	151	215	182	143	201	168	135	185	155	127	176	148	124
8.0	252	232	172	222	196	149	207	179	138	197	168	131	185	155	123	170	142	116	162	135	112
8.5	232	216	159	205	182	138	191	166	128	182	156	121	170	144	113	157	131	106	150	125	102
9.0	215	202	147	190	171	128	177	155	119	169	146	112	158	134	105	146	122	98	139	116	94
9.5	200	190	137	176	160	120	164	146	111	157	137	105	147	126	98	136	114	91	129	108	87
10.0	186	179	127	164	151	112	153	137	104	146	129	98	137	118	91	127	107	84	121	101	81
10.5	174	170	119	154	143	105	144	130	97	137	121	92	128	111	86	119	101	79	113	95	76
11.0	164	161	111	144	135	99	135	123	92	129	115	87	120	105	81	112	95	74	106	90	71
11.5	154	153	104	136	128	93	127	117	86	121	109	82	113	100	76	105	90	70	100	85	67
12.0	145	146	97	128	122	88	120	111	82	114	104	78	107	95	72	99	86	66	95	81	63
12.5	137	139	91	121	117	83	113	106	78	108	99	74	101	91	68	94	82	63	90	77	60
13.0	130	133	85	115	112	79	107	101	74	102	95	70	96	86	65	89	78	60	85	73	57
13.5	124	124	80	109	107	75	102	97	70	97	91	67	91	83	62	85	74	57	81	70	54
14.0	118	122	75	104	103	71	97	93	67	93	87	63	87	79	59	81	71	54	77	67	51

Fuente: Pavimentos de Concreto CEMEX.

Se realiza la interpolación para los ejes sencillos obteniendo los siguientes resultados de esfuerzos equivalentes:

200	-----	236
246	-----	X
300	-----	220

$$X = 228.64$$

De la misma manera se calcula para ejes dobles, resumiendo los resultados en la siguiente tabla:

200	-----	198
246	-----	X
300	-----	184

$$X = 191.56$$

- Relación de Esfuerzos. Se calcula dividiendo el esfuerzo equivalente para cada tipo de eje (sencillos y tandem) entre el módulo de ruptura (MR) del concreto de la losa. Este factor permite determinar, en conjunto con los pesos de cada eje, las repeticiones permisibles para el espesor de la losa propuesto.

$$Rel. Esf = \frac{Esf. Equivalente}{MR}$$

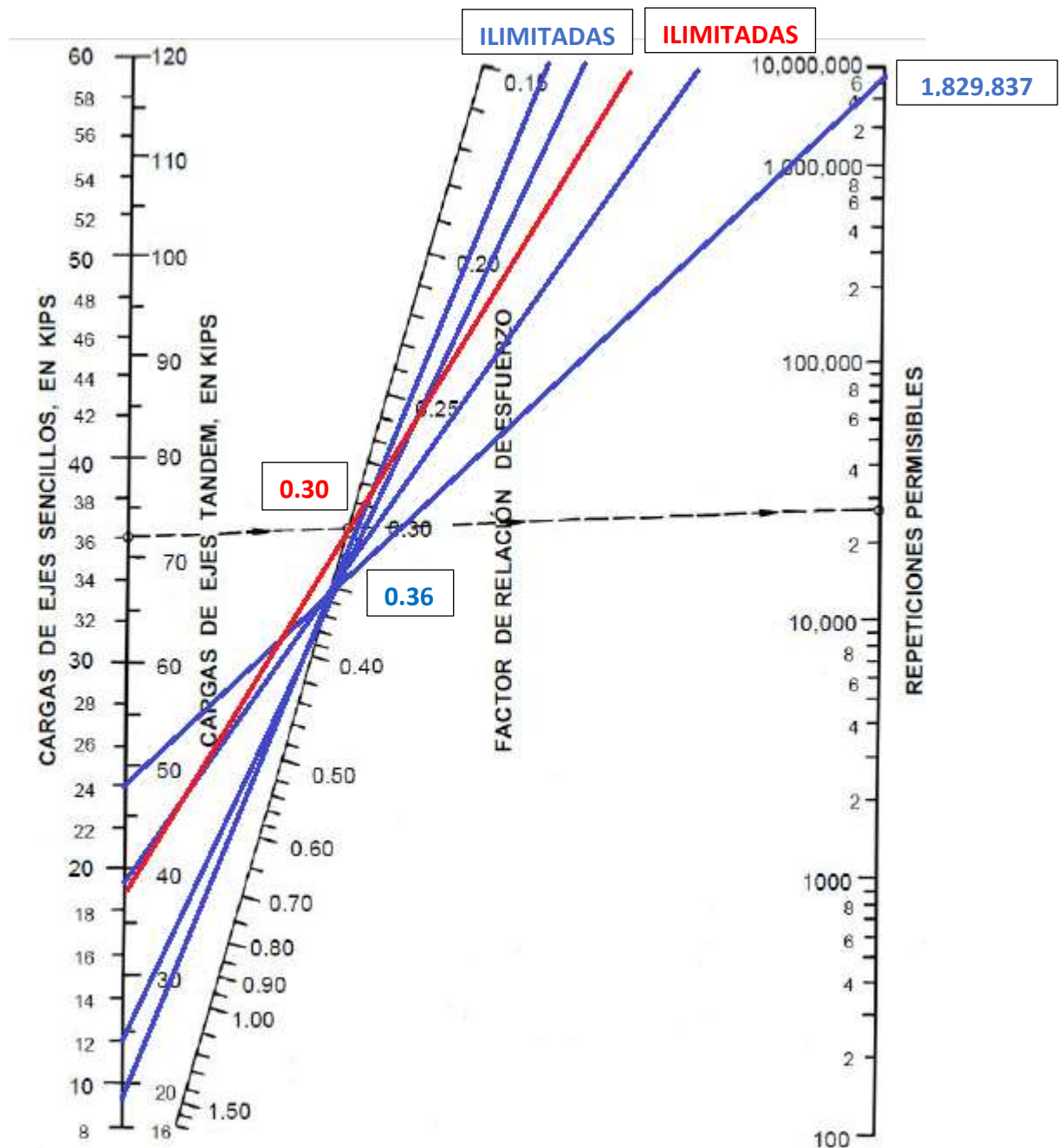
Para ejes sencillos $Rel. Esf = \frac{228.64}{632} = 0.36$

Para ejes tandem $Rel. Esf = \frac{191.56}{632} = 0.30$

4.5.1.1 Análisis por Fatiga

Para calcular las repeticiones permisibles para cada tipo de eje, por el análisis de fatiga, se emplea un nomograma, el peso y el tipo de eje, así como su relación de esfuerzo. Para eje sencillo de 22 Kips, se entra al nomograma con la carga ya factorada por un factor de seguridad, se proyecta una recta que se unirá al valor de relación de esfuerzo de 0.36, de manera que se extienda hasta la escala de repeticiones permisibles, donde no logran proyectarse a la escala de repeticiones quedando dichos valores como repeticiones ilimitadas. Este mismo procedimiento se realiza para todas las cargas según los ejes y se van anotando las repeticiones permisibles encontradas, en este caso resultaron ilimitadas. A continuación, se detalla en la Figura 4. 2 las repeticiones permisibles proyectadas.

Figura 4. 2 Nomograma de Análisis por fatiga para un espesor propuesto de 7 pulgadas.



Fuente: Nomograma: Pavimentos de Concreto CEMEX. Trazado: Elaboración propia del autor.

Ejes Sencillos

Ejes Tandem

4.5.1.2 Análisis por Erosión

El análisis por erosión surge para controlar la erosión del terreno de soporte, bombeo y diferencia de elevación de juntas, para comprender este análisis se determina primero el factor de erosión empleando la Tabla 4. 5 que corresponde al diseño sin pasajuntas y con apoyo lateral que nosotros estamos considerando. El factor de erosión se determina por cada tipo de eje (sencillo, tándem).

Tabla 4. 5 Factores de Erosión para Pavimentos Sin Pasajuntas y con Apoyo Lateral para un Espesor propuesto de 7 pulgadas

Espesor de Losa, (pulgadas)	Factores de Erosión - Sin Pasajuntas - Con Apoyo Lateral																	
	Eje Sencillo / Eje Tándem / Eje Tridem																	
	k de la subrasante, pci																	
	50			100			200			300			500			700		
	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri
4.0	3.46	3.49	3.50	3.42	3.39	3.38	3.38	3.32	3.30	3.36	3.29	3.25	3.32	3.26	3.21	3.28	3.24	3.16
4.5	3.32	3.39	3.40	3.28	3.28	3.28	3.24	3.19	3.18	3.22	3.16	3.13	3.19	3.12	3.08	3.15	3.09	3.04
5.0	3.20	3.30	3.32	3.16	3.18	3.19	3.12	3.09	3.08	3.10	3.05	3.03	3.07	3.00	2.97	3.04	2.97	2.93
5.5	3.10	3.22	3.26	3.05	3.10	3.11	3.01	3.00	3.00	2.99	2.95	2.94	2.96	2.90	2.87	2.93	2.86	2.83
6.0	3.00	3.15	3.20	2.95	3.02	3.05	2.90	2.92	2.92	2.88	2.87	2.86	2.86	2.81	2.79	2.83	2.77	2.74
6.5	2.91	3.08	3.41	2.86	2.96	2.99	2.81	2.85	2.86	2.79	2.79	2.79	2.76	2.73	2.72	2.74	2.68	2.67
7.0	2.83	3.02	3.09	2.77	2.90	2.94	2.73	2.78	2.80	2.70	2.72	2.73	2.68	2.66	2.65	2.65	2.61	2.60
7.5	2.76	2.97	3.05	2.70	2.84	2.89	2.65	2.72	2.75	2.62	2.66	2.67	2.60	2.59	2.59	2.57	2.54	2.54
8.0	2.69	2.92	3.01	2.63	2.79	2.84	2.57	2.67	2.70	2.55	2.61	2.62	2.52	2.53	2.54	2.50	2.48	2.48
8.5	2.63	2.88	2.97	2.56	2.74	2.80	2.51	2.62	2.65	2.48	2.55	2.58	2.45	2.48	2.49	2.43	2.43	2.43
9.0	2.57	2.83	2.94	2.50	2.70	2.77	2.44	2.57	2.61	2.42	2.51	2.53	2.39	2.43	2.44	2.36	2.38	2.38
9.5	2.51	2.79	2.91	2.44	2.65	2.73	2.38	2.53	2.58	2.36	2.46	2.49	2.33	2.38	2.40	2.30	2.33	2.34
10.0	2.46	2.75	2.88	2.39	2.61	2.70	2.33	2.49	2.54	2.30	2.42	2.46	2.27	2.34	2.36	2.24	2.28	2.29
10.5	2.41	2.72	2.85	2.33	2.58	2.67	2.27	2.45	2.51	2.24	2.38	2.42	2.21	2.30	2.32	2.19	2.24	2.26
11.0	2.36	2.68	2.83	2.28	2.54	2.65	2.22	2.41	2.48	2.19	2.34	2.39	2.16	2.26	2.29	2.14	2.20	2.22
11.5	2.32	2.65	2.80	2.24	2.51	2.62	2.17	2.38	2.45	2.14	2.31	2.36	2.11	2.22	2.26	2.09	2.16	2.19
12.0	2.28	2.62	2.78	2.19	2.48	2.59	2.13	2.34	2.43	2.10	2.27	2.33	2.06	2.19	2.23	2.04	2.13	2.16
12.5	2.24	2.59	2.76	2.15	2.45	2.57	2.09	2.31	2.40	2.05	2.24	2.31	2.02	2.15	2.20	1.99	2.10	2.13
13.0	2.20	2.56	2.74	2.11	2.42	2.55	2.04	2.28	2.38	2.01	2.21	2.28	1.98	2.12	2.17	1.95	2.06	2.10
13.5	2.16	2.53	2.72	2.08	2.39	2.53	2.00	2.25	2.35	1.97	2.18	2.26	1.93	2.09	2.15	1.91	2.03	2.07
14.0	2.13	2.51	2.70	2.04	2.36	2.51	1.97	2.23	2.33	1.93	2.15	2.24	1.89	2.06	2.12	1.87	2.00	2.05

Fuente: Pavimentos de Concreto CEMEX.

Con los datos de espesor propuesto de 7 pulgadas y un $k = 246$ pci, se interpola nuevamente y se encuentran los siguientes valores de factor de erosión:

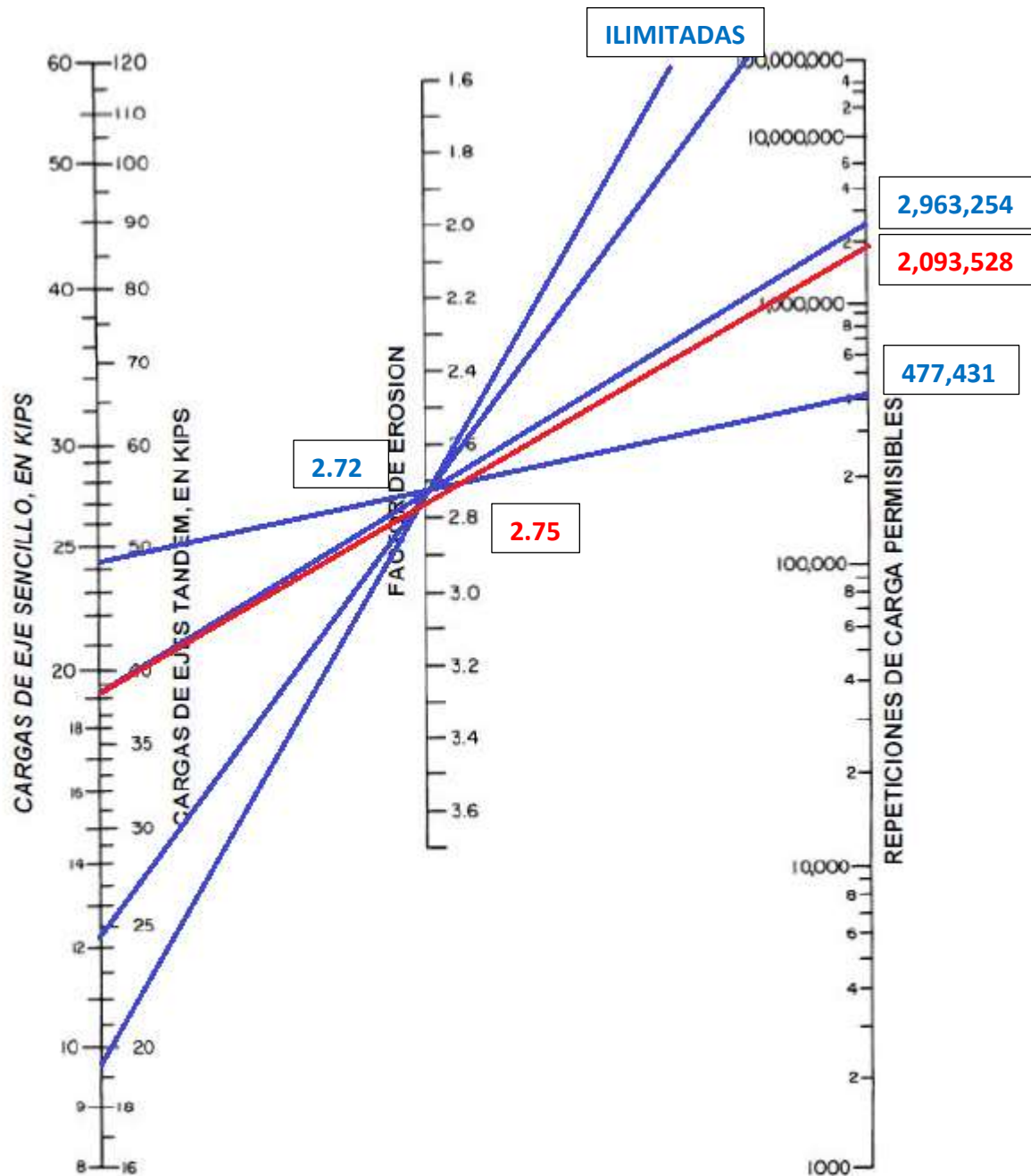
Para Ejes Sencillos = **2.72**

Para Ejes Dobles = **2.75**

Ahora con los valores de factor de erosión, con las diferentes cargas en el eje y con ayuda del siguiente nomograma encontramos las siguientes repeticiones permisibles por erosión.

Para efectos de resumen y fácil interpretación de los resultados del gráfico, se explicará el eje sencillo de 22 Kips que multiplicado por el factor de seguridad es igual a 24.20, y con su correspondencia al factor de erosión en ejes sencillos de 2.72 se logra obtener un número de repeticiones permisibles igual a 477,431 como se puede apreciar en la Figura 4. 3.

Figura 4. 3 Nomograma de Análisis por Erosión con Apoyo Lateral y sin pasajuntas para un Espesor propuesto de 7 pulgadas.



Fuente: Nomograma: Pavimentos de Concreto CEMEX. Trazado: Elaboración propia del autor.

Ejes Sencillos

Ejes Tandem

Posterior al cálculo de cada una de las repeticiones permisibles para los análisis de fatiga y erosión, se procede a calcular el porcentaje de daño. Esto se hace expresando en porcentaje la relación entre las repeticiones esperadas y las repeticiones permisibles, como se muestra en el siguiente ejemplo para el eje de 22 kips que sabemos que las repeticiones esperadas para este eje son 392,069 se obtienen el porcentaje de daño que ese eje provocaría al pavimento:

$$\% \text{ de daño por fatiga (eje 22 kips)} = \frac{392,069}{1,829,837} * 100 = 21.43 \%$$

De igual forma se calculan todos los porcentajes de daños para cada tipo y peso de eje, la sumatoria según los análisis deberá ser menor al 100% para que el espesor cumpla satisfactoriamente. A continuación, se muestra en la siguiente tabla, los resultados del cálculo manual de diseño según el espesor propuesto de 7".

Tabla 4. 6 Resultados Obtenidos para un espesor propuesto de 7 pulgadas.

Proyecto: Barrios Concepción de María y Jorge Salazar, Managua D-VII Espesor de tanteo: 7 pulg Modulo de reacción k: 246 pci Modulo de Ruptura Mr: 632 pci Factor de seguridad de carga: LSF 1.10 Juntas con pasadores (Dovelas): NO Hombros de Concreto: SI Periodo de Diseño: 20 Años f'c : 4000 PSI						
			Análisis por Fatiga		Análisis por Erosión	
Carga del Eje (Kips)	Multiplicada por LSF	Repeticiones Esperadas	Repeticiones Permisibles	% de Fatiga	Repeticiones Permisibles	% de Daño
1	2	3	4	5	6	7

8. Esfuerzo

Equivalente: 228.64

9. Factor de

relación de

esfuerzos: 0.36

10. Factor de

Erosión:

2.72

Ejes Sencillos						
22	24.2	392,069	1829837	21.43	477,431	82.12
17.6	19.36	60,318	ilimitadas	0.00	2,963,254	2.04
11	12.1	585,949	ilimitadas	0.00	ilimitadas	0.00
8.8	9.68	60,318	ilimitadas	0.00	ilimitadas	0.00

8. Esfuerzo

Equivalente 191.56

9. Factor de

relación de

esfuerzos: 0.30

10. Factor de

Erosión:

2.75

Ejes Tándem						
35	38.5	193,880	ilimitadas	0.00	2,093,528	9.26

TOTAL	21.43%	TOTAL	93.42%
--------------	---------------	--------------	---------------

EL ESPESOR PROPUESTO ES SATISFACTORIO

4.5.2 UTILIZACION DEL SOFTWARE BS - PCA

Se muestra la iteración que satisface según los análisis requeridos usando el software BS – PCA.

La siguiente figura muestra la pantalla inicial, en donde se presentan los campos de datos de entrada que solicita el programa para su debido desarrollo:

Figura 4. 4 Datos de entrada del programa BS - PCA

En las siguientes ventanas se muestra que para cada uno de los ejes sencillos y tándem se digitará las cargas y repeticiones esperadas.

Figura 4. 5 Digitación de Cargas y repeticiones esperadas para ejes sencillos

#	Carga Eje (KIPS)	Repeticiones Esperadas
1	22	392069
2	17.60	60318
3	11	585949
4	8.8	60318
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Figura 4. 6 Digitación de Cargas y repeticiones esperadas para ejes Tándem

#	Carga Eje (KIPS)	Repeticiones Esperadas
1	35	193880
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Después de ingresar los datos de entrada que solicita el programa y los valores de los ejes sencillos y tándem, se realiza el cálculo de los esfuerzos de fatiga y erosión.

Figura 4. 7 Resultados porcentajes de daño para 7" de espesor, Software BS – PCA

Para calcular los consumos de Fatiga (esfuerzo) y erosión se realiza haciendo clic en la pestaña **Calcular**.

4.5.3 ASPECTOS COMPLEMENTARIOS AL DISEÑO

En Esta sección se definen otros aspectos que integran el diseño, ya que estos no están contemplados en el diseño de espesores.

4.5.3.1 Modulación de Losas

La modulación de losas va a estar ligada por la separación de las juntas transversales que a su vez depende del espesor del pavimento. La siguiente expresión basada en el manual Centroamericano de Diseños de Pavimento permite dimensionar los tableros para inducir el agrietamiento controlado bajo sus cortes:

$$S_{JT} = (21 \text{ a } 24) * D$$

Donde:

S_{JT} : Separación de Juntas Transversales, (mt).

D : Espesor del Pavimento, (mt).

Se utilizará el valor de 24, debido a que la sub – base (en contacto con la losa) es de material granular.

Para la separación de las juntas transversales será la siguiente:

$$S_{JT} = 24 * 0.15 \text{ m} = \mathbf{3.60 \text{ m}} \leq 4.50 \text{ m}$$

La otra dimensión relacionada con la modulación de losas es la separación de juntas longitudinales. La relación entre largo (L) y ancho (A) de un tablero de losas no deberá estar fuera de los límites 0.71 a 1.4. En la modulación de losa la relación del tablero da como resultado:

$$0.71 \leq \frac{L}{A} \leq 1.4$$

La forma ideal de un tablero de losa es la cuadrada, sin embargo, debido a que el ancho de carril de la vía se definirá en 3.30 metros, se considerará un tablero rectangular que cumpla con la condición de diseño.

$$0.71 \leq \frac{3.60}{3.30} \leq 1.4$$

$$0.71 \leq 1.09 \leq 1.4$$

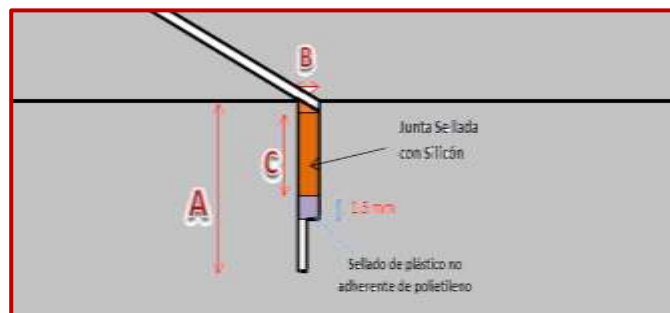
De esta manera quedan dimensionados los tableros de la losa con un ancho de 3.30 m y una longitud de 3.60 m.

4.5.3.2 Diseño de Juntas

De acuerdo a la tabla XV ([Ver Anexos C](#)) en anexos y a la figura 4. 10, se establece para un espesor de 7 pulgadas (17.5 cms) los siguientes dimensionamientos:

- La profundidad de corte de la junta (A), equivalente a $\frac{1}{3}$ del espesor de la losa, resultando 6 cms.
- El ancho del corte de la junta (B), equivalente a $\frac{1}{10}$ de la profundidad de corte de la junta, resultando 0.60 cms.
- La profundidad del material de sellado (C), es $\frac{1}{5}$ de la profundidad de la junta, resultando 1.20 cms.

Figura 4. 8 Dimensionamientos de las Juntas.



Fuente: Elaboración propia del autor.

A continuación, se presenta el segundo tanteo con los datos de un espesor propuesto de 6 pulgadas y un valor k de diseño de 246 pci, se accede a la Tabla 4. 4 y se procede a interpolar.

Esfuerzo equivalente - Con Apoyo Lateral
Eje Sencillo / Eje Tandem / Eje Tridem

Espesor de Losa, (pulgadas)	k de la subrasante, pci																				
	50			100			150			200			300			500			700		
	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri
4.0	640	534	431	559	468	392	517	439	377	489	422	369	452	403	362	409	388	360	383	384	359
4.5	547	461	365	479	400	328	444	372	313	421	356	305	390	338	297	355	322	292	333	316	291
5.0	475	404	317	417	349	281	387	323	266	367	308	258	341	290	250	311	274	244	294	267	242
5.5	418	360	279	368	309	246	342	285	231	324	271	223	302	254	214	276	238	208	261	231	206
6.0	372	325	249	327	277	218	304	255	204	289	241	196	270	225	187	247	210	180	234	203	178
6.5	334	295	225	294	251	196	274	230	183	260	218	175	243	203	166	223	188	159	212	180	156
7.0	302	270	204	266	230	178	248	210	165	236	198	158	220	184	149	203	170	142	192	162	138

Para Ejes sencillos $X = 280.26$, Para Ejes dobles $X = 233.64$

Para ejes sencillos $Rel. Esf = \frac{280.26}{632} = 0.44$

Para ejes tandem $Rel. Esf = \frac{233.64}{632} = 0.37$

Con los datos de espesor propuesto de 7 pulgadas y un $k = 246$ pci, se accede a la tabla 4. 5, se interpola nuevamente y se encuentran los siguientes valores de factor de erosión:

Factores de Erosión - Sin Pasajuntas - Con Apoyo Lateral
Eje Sencillo / Eje Tandem / Eje Tridem

Espesor de Losa, (pulgadas)	k de la subrasante, pci																	
	50			100			200			300			500			700		
	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri
4.0	3.46	3.49	3.50	3.42	3.39	3.38	3.38	3.32	3.30	3.36	3.29	3.25	3.32	3.26	3.21	3.28	3.24	3.16
4.5	3.32	3.39	3.40	3.28	3.28	3.28	3.24	3.19	3.18	3.22	3.16	3.13	3.19	3.12	3.08	3.15	3.09	3.04
5.0	3.20	3.30	3.32	3.16	3.18	3.19	3.12	3.09	3.08	3.10	3.05	3.03	3.07	3.00	2.97	3.04	2.97	2.93
5.5	3.10	3.22	3.26	3.05	3.10	3.11	3.01	3.00	3.00	2.99	2.95	2.94	2.96	2.90	2.87	2.93	2.86	2.83
6.0	3.00	3.15	3.20	2.95	3.02	3.05	2.90	2.92	2.92	2.88	2.87	2.86	2.86	2.81	2.79	2.83	2.77	2.74
6.5	2.91	3.08	3.41	2.86	2.96	2.99	2.81	2.85	2.86	2.79	2.79	2.79	2.76	2.73	2.72	2.74	2.68	2.67
7.0	2.83	3.02	3.09	2.77	2.90	2.94	2.73	2.78	2.80	2.70	2.72	2.73	2.68	2.66	2.65	2.65	2.61	2.60

Para Ejes Sencillos = **2.89**

Para Ejes Dobles = **2.90**

Los porcentajes de daños para cada tipo y peso de eje, la sumatoria según los análisis es mayor al 100%, para que el espesor cumpla satisfactoriamente debe ser menor a 100%. A continuación, se muestra en la siguiente tabla, los resultados del cálculo manual de diseño según el espesor propuesto de 6".

Proyecto: Barrios Concepción de Maria y Jorge Salazar, Managua D-VII Espesor de tanteo: 6 pulg Modulo de reaccion k: 246 pci Modulo de Ruptura Mr: 632 psi Factor de seguridad de carga: Fsc 1.10 Juntas con pasadores (Dovelas): NO Hombros de Concreto: SI Periodo de Diseño: 20 Años f'c : 4000 PSI						
			Análisis por Fatiga		Análisis por Erosión	
Carga del Eje (Kips)	Multiplicada por Fsc	Repeticiones Esperadas	Repeticiones Permisibles	% de Fatiga	Repeticiones Permisibles	% de Daño
1	2	3	4	5	6	7
8. Esfuerzo Equivalente: 280.26 9. Factor de relación de esfuerzos: 0.44 10. Factor de Erosión: 2.89						
Ejes Sencillos						
22	24.2	392,069	37,992	1031.98	126,451	310.06
17.6	19.36	60,318	2,321,650	2.60	540,121	11.17
11	12.1	585,949	ilimitadas	0.00	ilimitadas	0.00
8.8	9.68	60,318	ilimitadas	0.00	ilimitadas	0.00
8. Esfuerzo Equivalente 233.64 9. Factor de relación de esfuerzos: 0.37 10. Factor de Erosión: 2.90						
Ejes Tándem						
35	38.5	193,880	ilimitadas	0.00	577,754	33.56
TOTAL		1034.58%		TOTAL		354.78%
El espesor propuesto NO es satisfactorio. PROPONER UN ESPESOR MAYOR.						

CAPÍTULO V

DISEÑO SANITARIO



Este capítulo tiene como objetivo el diseño y análisis del sistema de alcantarillado sanitario en los barrios que contempla el proyecto

CAPITULO V. DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y AGUAS RESIDUALES

5.1 INTRODUCCION

Las aguas residuales, son todas las aguas de desechos de las diversas actividades del hombre, o bien aguas que contienen excretas o han sido contaminadas por ellas, el término aguas servidas generalmente se emplea para aquellas aguas que han sido usadas para fines domésticos como lavado de ropa, aseo, higiene personal, industrias, fábricas, hospitales.

Un sistema de alcantarillado sanitario se refiere a todas las obras destinadas a la colección, transporte, bombeo, tratamiento y disposición final de las aguas servidas por una concentración de seres humanos incluyendo sus actividades domésticas, comerciales, e industriales.

La importancia de la existencia de una red de alcantarillado sanitario es evidente; pues se reconoce el marcado efecto que tiene en la prevención de enfermedades infecciosas intestinales, basta mencionar el hecho de que se eliminen las posibilidades de transmisión de las mismas alejando las excretas por flujo hidráulico sin exponerlo al contacto con seres humanos o insectos y otros animales que puedan facilitar el ciclo de propagación de las enfermedades.

Un sistema de alcantarillado sanitario está compuesto por una serie de elementos tales como:

Conexiones domiciliarias: Se denominan así a los componentes que recolectan las aportaciones de aguas residuales de una casa o edificio y se disponen a la red municipal.

Atarjeas: Son las tuberías de diámetro mínimo dentro de la red que se instalan a lo largo de los ejes de las calles de una localidad y sirven para recibir las aportaciones de los albañales.

Sub-colectores: Son los conductos que reciben las aportaciones de aguas residuales provenientes de las atarjeas y, por lo tanto, un diámetro mayor, sirven también como líneas auxiliares de los colectores.

Colectores: Son líneas o conductos que se localizan en las partes bajas de la localidad. Su función es capturar todas las aportaciones provenientes de sub-colectores, atarjeas y descargas domiciliarias.

Por razones de economía, los colectores, interceptores y emisores deben tender a ser una réplica subterránea del drenaje superficial natural. El escurrimiento debe ser por gravedad, excepto en condiciones muy particulares donde se requiere el bombeo. A continuación, se describen brevemente cada uno de ellos

- **Emisor:** Es un conducto comprendido entre el final de la zona de una localidad y el sitio de vertido. Su función es transportar la totalidad de las aguas captadas por el resto de la red de alcantarillas.
- **Emisores a gravedad:** Las aguas negras de los emisores que trabajan a gravedad generalmente se conducen por tuberías o canales, o bien por estructuras diseñadas especialmente cuando las condiciones de proyecto (gasto, profundidad, etc.) lo ameritan.

5.2 PROYECCION DE LA POBLACION

Para la determinación de la cantidad de aguas residuales a eliminar de una localidad, es necesario proyectar la población para un número de años, que será fijado por los períodos económicos del diseño.

5.2.1 METODO DE CÁLCULO

Los métodos más comunes implementados a la hora de una proyección poblacional son: método aritmético, método geométrico, método gráfico de tendencia, el método gráfico comparativo, método de saturación, etc.

5.2.1.1 Método geométrico

Este método se aplica a ciudades que no han alcanzado su desarrollo y que se mantienen creciendo a una tasa fija, además, es el de mayor uso en Nicaragua.

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

Donde:

- P_f : Población al final del período analizado (habitantes)
- P_o Población base o inicial (habitantes)
- r_g Tasa de crecimiento geométrico anual (%)
- n Período (años)

5.3 CANTIDAD DE AGUA RESIDUAL⁶

5.3.1 CONSUMO DOMSTICO

Como se muestra en el cuadro 4.1, el consumo doméstico de agua potable para las ciudades del país, excepto Managua, es el siguiente:

Tabla 5. 1 Dotación según Rango de población

Población	Dotación
habitantes	l/p-d
0 - 5000	100
5000 - 10000	105
10000 - 15000	110
15000 - 20000	120
20000 - 30000	130
30000 - 50000	155
50000 – 100000 y más	160

Fuente: Guía Técnica para el Diseño de Alcantarillado Sanitario y Sist. de Trat. de Aguas Residuales, INAA

5.3.2 CONSUMO COMERCIAL, INDUSTRIAL Y PÚBLICO

Consumo comercial, industrial y público. El aporte de estos caudales especiales varía en dependencia del área que éstos ocupen y del caso particular que sean.

5.3.3 CAUDAL DE INFILTRACIÓN

Gasto de infiltración (Q_{inf}). El caudal de infiltración incluye el agua del subsuelo que penetra las redes de alcantarillado y se determina considerando los siguientes aspectos:

⁶ Guía Técnica para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales. INAA.

- Altura del nivel freático sobre el fondo del colector.
- Permeabilidad del suelo y cantidad de precipitación anual.
- Dimensiones, estado y tipo de alcantarillas, y cuidado en la construcción de cámaras de inspección.

A continuación, se recomiendan tasas de infiltración en base al tipo de tubería, al tipo de unión y la situación de la tubería respecto a las aguas subterráneas.

- Para tuberías con juntas de mortero se les deberá asignar un gasto de 10,000 L/ha/día.
- Para tuberías con juntas flexibles se les deberá asignar un gasto de 5000 L/ha/día.
- Para tuberías plásticas (PVC) 2L/hora/100 m de tubería y por cada 25 mm de diámetro, o 1300 Gal/Ha*día.

5.3.4 GASTO MEDIO (Q_m)

$$Q_m = \frac{\text{Dotación} \times \text{Población} \times \text{Factor de retorno}}{86400}$$

Donde:

Dotación:	l/p-d
Población	habitantes
Factor de retorno	0.80

5.3.5 GASTO MINIMO (Q_m)

$$Q_{\min} = \frac{1}{5} Q_m$$

Siendo 2 l/s el valor mínimo en cualquier tramo de la red de alcantarillado sanitario⁷

⁷ Guía para el diseño de tecnología de alcantarillado. OPS/CEPIS

5.3.6 GASTO MÁXIMO DE AGUAS RESIDUALES ($Q_{m\acute{a}x}$).

El caudal máximo de aguas residuales domésticas se deberá determinar utilizando el factor de Harmon, que es igual a:

$$Q_{max} = FH \times Q_m = \left[1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}} \right] \times Q_m$$

Donde:

FH:	Factor de Harmon
$Q_{m\acute{a}x}$:	Caudal máximo de aguas residuales domésticas (l/s)
P:	Población servidas en miles de habitantes (habitantes)
Q_m :	Caudal medio de aguas residuales domésticas (l/s)

El factor de Harmon deberá tener un valor entre:

$$1.80 < FH < 3.00$$

5.3.7 GASTO DE DISEÑO (Q_d).

$$Q_d = Q_{m\acute{a}x} + Q_{com} + Q_{ind} + Q_{inst} + Q_{inf}$$

Donde:

$Q_{m\acute{a}x}$:	Caudal máximo (l/s)
Q_{com} :	Caudal comercial (l/s)
Q_{ind} :	Caudal industrial (l/s)
Q_{inst} :	Caudal institucional o público (l/s)
Q_{inf} :	Caudal de infiltración (l/s)

5.4 PERÍODO DE DISEÑO ECONÓMICO PARA LAS ESTRUCTURAS DE LOS SISTEMAS

Cuando se diseña un Sistema de Alcantarillado Sanitario se debe definir hasta qué punto podría satisfacer las necesidades futuras de la población; para eso es necesario fijar períodos de diseño para cada componente del sistema como lo muestra el cuadro 5.2, de las normativas del INAA.

Tabla 5. 2 Período de diseño económico para las estructuras de los sistemas

Tipo de estructura	Características especiales	Período de diseño
		años
Colectores principales, emisarios de descarga	Difíciles y costosos de agrandar	10 a 50
Tuberías secundarias hasta 375 mm		25 o más
Plantas de tratamiento de aguas servidas	Pueden desarrollarse por etapas. Deben considerarse las tasas de interés por los fondos a invertir	10 a 25
Edificaciones y estructuras de concreto		50
Equipo de bombeo:		
a) De gran tamaño		15 a 20
b) Normales		10 a 15

Fuente: normas del INAA

5.5 HIDRÁULICA DE ALCANTARILLAS

5.5.1 FÓRMULA Y COEFICIENTE DE RUGOSIDAD.

El cálculo hidráulico de los sistemas de alcantarillado convencionales se deberá hacer en base a la fórmula de Manning.

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

Donde:

- n: Coeficiente de Manning
- R: Radio hidráulico (m)
- S: Pendiente longitudinal (m/m)
- V: Velocidad del flujo (m/s)

5.5.2 DIÁMETRO MÍNIMO.

El diámetro mínimo de las tuberías deberá ser de 150 mm (6")

5.5.3 TENSIÓN DE ARRASTRE.

La pendiente longitudinal mínima deberá ser aquella que produzca una velocidad de auto lavado, la cual se podrá comprobar en sistemas simplificados aplicando el criterio de la tensión de arrastre, según la siguiente fórmula:

$$f = W \times R \times S$$

Donde:

- f : Tensión de arrastre (Pa)
- W : Peso específico del líquido (N/m^3)
- R : Radio hidráulico a caudal mínimo (m)
- S Pendiente mínima (m/m)

Se recomienda un valor mínimo de $f = 1.0$ Pa

5.5.4 PÉRDIDA DE CARGA ADICIONAL.

Para todo cambio de alineación sea horizontal o vertical se incluirá una pérdida de carga igual a $0.25 V_m^2/2g$ entre la entrada y la salida del pozo de visita sanitario (PVS) correspondiente, no pudiendo ser en ningún caso menor a 3 cm.

5.5.5 CAMBIO DE DIÁMETRO.

El diámetro de cualquier tramo de tubería deberá ser igual o mayor, que el diámetro del tramo aguas arriba, por ningún motivo podrá ser menor. En el caso de que en un pozo de visita descarguen dos o más tuberías, el diámetro de la tubería de salida deberá ser igual o mayor que el de la tubería de entrada de mayor diámetro.

En los cambios de diámetro, deberán coincidir los puntos correspondientes a los 8/10 de la profundidad de ambas tuberías. En el caso de que en un pozo de visita descarguen dos o más tuberías, deberán de coincidir los puntos correspondientes a los 8/10 de la profundidad de la tubería de entrada a nivel más bajo con el de la tubería de salida

5.5.6 ÁNGULO ENTRE TUBERÍAS.

En todos los pozos de visita o cajas de registro, el ángulo formado por la tubería de entrada y la tubería de salida deberá tener un valor mínimo de 90° y máximo de 270° medido en sentido del movimiento de las agujas del reloj y partiendo de la tubería de entrada.

5.5.7 COBERTURA SOBRE LA TUBERÍA.

En el diseño se deberá mantener una cobertura mínima sobre la corona de la tubería en toda su longitud de acuerdo con su resistencia estructural y que facilite el drenaje de las viviendas hacia las recolectoras.

Si por salvar obstáculos o por circunstancias muy especiales se hace necesario colocar la tubería a profundidades inferiores a 1.2 m, la tubería será encajonada en concreto simple con un espesor mínimo de 0.15 m alrededor de la pared exterior del tubo

5.5.8 UBICACIÓN DE LAS ALCANTARILLAS.

En las vías de circulación dirigidas de Este a Oeste, las tuberías se deberán ubicar al Norte de la línea central de la vía. En las vías de circulación dirigidas de Norte a Sur, las tuberías se deberán ubicar al Oeste de la línea central de la vía.

En caso de pistas de gran anchura se deberán colocar dos líneas, una en cada banda de la pista. Las alcantarillas deberán colocarse debajo de las tuberías de agua potable y con una separación mínima horizontal de 1.50 m.

5.6 POZOS DE VISITAS SANITARIOS (PVS)

5.6.1 UBICACIÓN.

Se deberán ubicar pozos de visita (PVS) o cámaras de inspección, en todo cambio de alineación horizontal o vertical, en todo cambio de diámetro; en las intersecciones de dos o más alcantarillas, en el extremo de cada línea cuando se prevean futuras ampliaciones aguas arriba, en caso contrario se deberán instalar "Registros terminales" (cleanout).

5.6.2 DISTANCIA MÁXIMA ENTRE POZOS.

El espaciamiento máximo entre PVS deberá variar de acuerdo con los métodos y equipos de mantenimiento disponibles, en el cuadro 5.3 se muestra la forma siguiente:

Tabla 5. 3 Espaciamiento máximo entre PVS

Tipo de equipo	Diámetro (mm)	Separación máxima (m)
Con equipo técnicamente avanzado	150 - 400	150
	450 y mayores	200
Con equipo tradicional	150 - 400	100
	450 y mayores	120

Fuente: normas del INAA

5.6.3 CARACTERÍSTICA DEL POZO DE VISITA.

El PVS podrá ser construido totalmente de concreto, o con el cuerpo de ladrillo cuarterón apoyado sobre una plataforma de concreto. Para pozos con profundidades mayores de 3 m, el proyectista deberá determinar el grosor de la pared, para que resista los esfuerzos a que será sometida durante el funcionamiento del sistema.

El diámetro interno (D) del pozo será 1.20 m, para alcantarillas con diámetros de 750 mm y menores; para alcantarillas con mayores de 750 mm, D deberá ser igual al diámetro de la Alcantarilla más 600 mm.

5.7 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO

Los sistemas de alcantarillado pueden ser de dos tipos: convencionales o no convencionales. Los sistemas de alcantarillado sanitario han sido ampliamente utilizados, estudiados y estandarizados. Son sistemas con tuberías de grandes diámetros que permiten una gran flexibilidad en la operación del sistema, debida en muchos casos a la incertidumbre en los parámetros que definen el caudal: densidad poblacional y su estimación futura, mantenimiento inadecuado o nulo.

5.7.1 SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO CONVENCIONALES.

Los alcantarillados Convencionales son redes grandes de tuberías subterráneas que transportan aguas negras, aguas grises y aguas pluviales de viviendas individuales a unas instalaciones de tratamiento centralizado usando gravedad (y bombas donde sea necesario). Este se diseña con muchos ramales. Típicamente la red se subdivide en redes primaria (líneas principales de alcantarillado a lo largo de las avenidas principales), secundaria, y terciaria (a nivel vecindario y viviendas).

Si embargo el costo de estos sistemas convencionales es muy alto, y el costo de pagar por ellos se hace difícil.

5.7.2 SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO NO CONVENCIONALES.

Los sistemas de alcantarillado no convencionales surgen como una respuesta de saneamiento básico de poblaciones de bajos recursos económicos, son sistemas poco flexibles, que requieren de mayor definición y control de los parámetros de diseño, en especial del caudal, mantenimiento intensivo y en gran medida, de la cultura en la comunidad que acepte y controle el sistema dentro de las limitaciones que éstos pueden tener.

Los sistemas de alcantarillado no convencionales describen una red de alcantarillado que se construye usando tubería de diámetro dispuesta a una profundidad y en pendientes menores al alcantarillado convencional, permitiendo un diseño más flexible asociado con menores costos (excavación, material del alcantarillado, pozos de registros convencionales, conexiones domiciliarias), y un mayor número de viviendas conectadas.

Este sistema incluye una exigencia de trabajos preliminares y permanentes (educación sanitaria y asistencia social para el involucramiento de la comunidad en el proceso constructivo, de operación y de mantenimiento del alcantarillado). Y hay posibilidad de surgimiento de algunas dificultades teniendo en cuenta: derecho de paso, servidumbre, expropiación, ampliación de áreas construidas, etc.

5.7.3 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO NO CONVENCIONALES.

Los sistemas de alcantarillado no convencionales se clasifican según el tipo de tecnología aplicada.

Alcantarillado simplificado de pequeño diámetro: un sistema de alcantarillado sanitario simplificado se diseña con los mismos lineamientos de un alcantarillado convencional, pero teniendo en cuenta la posibilidad de reducir diámetros y disminuir distancias entre pozos al disponer de mejores equipos de mantenimiento.

Alcantarillado condominiales: Son los alcantarillados que recogen las aguas residuales de un pequeño grupo de viviendas, menor a una hectárea, y las conduce a un sistema de alcantarillado convencional.

Alcantarillado sin arrastre de sólidos: Conocidos también como alcantarillados a presión, son sistemas en los cuales se eliminan los sólidos de los efluentes de la vivienda por medio de un tanque interceptor. El agua es transportada luego a una planta de tratamiento o sistema de alcantarillado convencional a través de tuberías de diámetro de energía uniforme y que, por tanto, pueden trabajar a presión en algunas secciones.

5.7.4 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADOS

Los sistemas convencionales de alcantarillado se clasifican en:

Alcantarillado separado: es aquel en el cual se independiza la evacuación de aguas residuales y lluvia.

a) Alcantarillado sanitario: sistema diseñado para recolectar exclusivamente las aguas residuales domésticas e industriales.

b) Alcantarillado pluvial: sistema de evacuación de la escorrentía superficial producida por la precipitación.

Alcantarillado combinado: conduce simultáneamente las aguas residuales, domesticas e industriales, y las aguas de lluvia. En este tipo de sistema las dimensiones de los conductos resultan relativamente grandes y las inversiones industriales frecuentemente son muy altas.

5.8 METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO

5.8.1 PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN

Existen diversos métodos para el cálculo de la población de diseño del sistema de alcantarillado sanitario. Los dos con más usos son:

Método de proyección geométrica

Método de saturación

5.8.2 MÉTODO DE CRECIMIENTO GEOMÉTRICO

Este método es más aplicable a ciudades que no han alcanzado su desarrollo y que se mantienen creciendo a una tasa fija y es el de mayor uso en Nicaragua. Se recomienda usar las siguientes tasas en base al crecimiento histórico:

1. Ninguna de las localidades tendrá una tasa de crecimiento urbano mayor de 4%.
2. Ninguna de las localidades tendrá una tasa de crecimiento urbano menor del 2.5%.
3. Si el promedio de la proyección de población por los dos métodos adoptados presenta una tasa de crecimiento:

- a. Mayor del 4%, la población se proyectará en base al 4%, de crecimiento anual.
- b. Menor del 2.5%, la proyección final se hará basada en una tasa de crecimiento del 2.5%.
- c. No menor del 2.5%, ni mayor del 4%, la proyección final se hará basada en el promedio obtenido.

5.8.3 CANTIDAD DE AGUAS RESIDUALES

El proyectista deberá revisar las estadísticas operativas del sistema de agua potable de la localidad en estudio para determinar las dotaciones, justificando su selección.

5.8.3.1 Consumo Doméstico

Para la ciudad de Managua e deberán usar en los barrios los valores mostrados en la siguiente tabla:

Tabla 5. 4 Dotaciones de agua para Managua

Clasificación de los barrios	Dotación
	l/p-d
Zona de máxima densidad y de actividades mixtas	160
Zona de alta densidad	140
Zona de media densidad	340
Zona de baja densidad	568

Fuente: Guía técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales INAA (2005).

5.8.3.2 Consumo comercial, industrial y público.

Para la ciudad de Managua se deberán usar los valores mostrados en la tabla 5.2.

Tabla 5. 5 Consumo comercial, industrial y público

Consumo	Dotación
	l/p-d
Comercial	25000
Público o institucional, industrial	De acuerdo al desarrollo de la población

Fuente: Guías técnicas para el diseño de alcantarillados sanitarios y tratamiento de aguas residuales INAA. (2005).

5.8.4 TOPOGRAFÍA Y LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICOS

Topografía.

La topografía es la ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie terrestre, con sus formas y detalles; tanto naturales como artificiales.

Levantamientos topográficos.

El principal objetivo de un levantamiento topográfico es determinar la posición relativa entre varios puntos sobre un plano horizontal, es decir define las inclinaciones del terreno. Esto se realiza mediante un método llamado altimetría; determina la altura entre varios puntos en relación con el plano horizontal definido anteriormente, esto se lleva a cabo mediante la nivelación directa. Luego de realizarse este trabajo, es posible trazar planos y mapas a partir de los resultados obtenidos consiguiendo un levantamiento topográfico. Un levantamiento topográfico consta de dos etapas:

Trabajo de campo:

Consiste en la realización de un levantamiento planimétrico y altimétrico del lugar, a partir de los diferentes equipos topográficos.

Trabajo de gabinete:

Se realiza luego de tener planteados los datos del trabajo de campo, en este trabajo se calculan las verdaderas distancias, ubicación, etc. En la actualidad para esta parte del trabajo topográfico existen softwares para el procesamiento de los datos obtenidos en el trabajo de campo de una manera más rápida, entre los cuales destacan el AutoCAD civil 3D.

5.9 ANÁLISIS DE CÁLCULOS Y RESULTADOS

5.9.1 DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIOS.

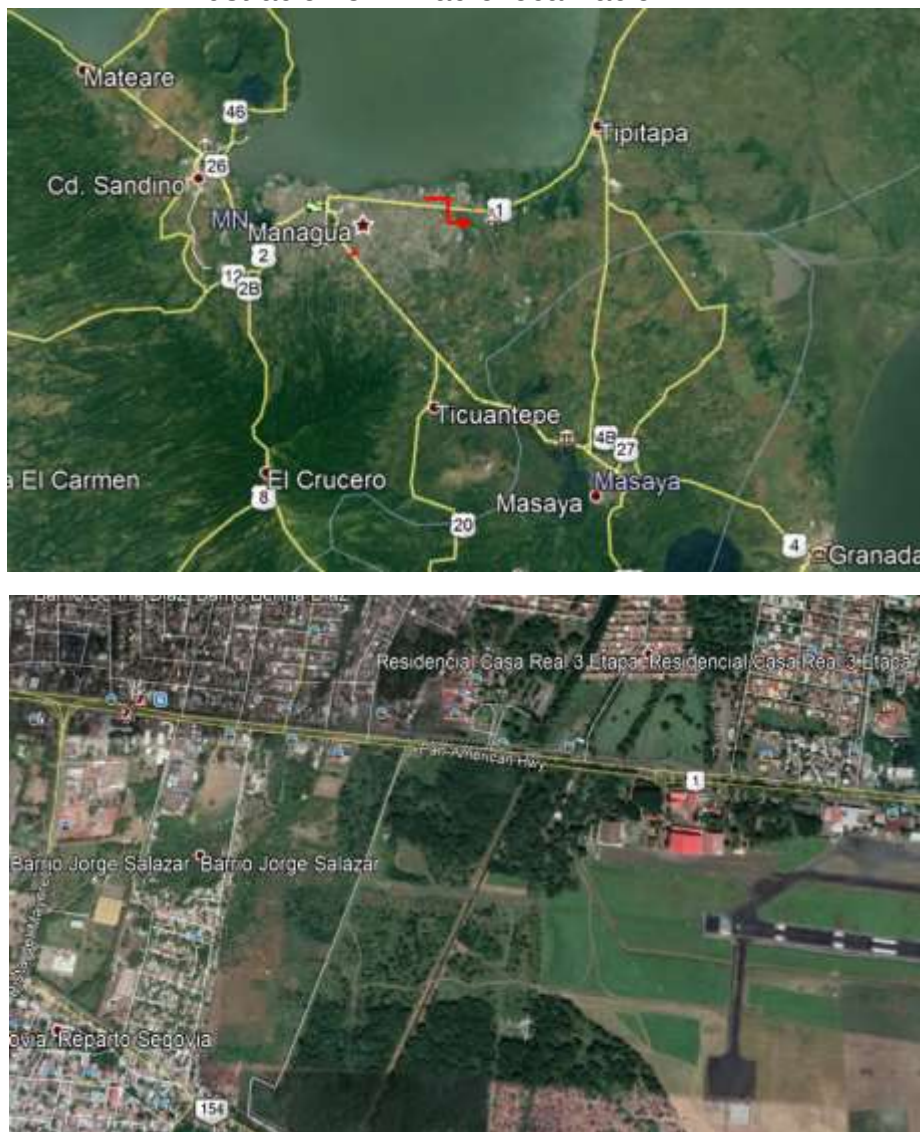
Los barrios Jorge Salazar y Anexo Concepción de María, son dos asentamientos pertenecientes al distrito seis de Managua, los cuales no cuentan con un sistema de alcantarillado sanitario, lo que ha provocado que algunos de los ciudadanos del sector de Jorge Salazar han conectado las aguas servidas al canal abierto existente de la zona, lo que provoca un hedor muchas desagradable para las personas que colindan con dicho canal.

5.9.1.1 Ubicación del área de estudio.

Los barrios en estudio limitan al norte con carretera Norte y el Aeropuerto Augusto Cesar Sandino, al sur con el barrio Concepción de María, al este con el Barrio

Canadá Sureste, y el Aeropuerto Augusto Cesar Sandino y al oeste bodegas del ejército de Nicaragua.

Ilustración 5.1: Macro localización



5.9.1.2 Población y viviendas de los barrios.

Los barrios Jorge Salazar y Anexo Concepción de María son dos asentamientos pertenecientes al distrito seis de Managua cuentan con un área de 173,072.43 m², en donde se distribuyen 400 lotes, con una población de 5,412 habitantes.

5.9.1.3 Morfología

La Topografía del Sector para intervenir en su totalidad, se caracteriza por ser bastante plana, sin embargo, algunas viviendas se encuentran en la parte superior de una hondonada la cual era utilizada como una mina de extracción de material granular (hormigón) con taludes que presentan ángulos mayores a 45°. En su mayoría los lotes presentes en este barrio son rectangulares y sus áreas promedios oscilan en 189 y 210 metros cuadrados.

5.9.1.4 Abastecimiento de Agua Potable

El sector de los asentamientos a intervenir cuenta con el servicio de agua potable, a través de un sistema de red que abastece de manera individual a cada lote o vivienda, sin embargo, el servicio es deficiente actualmente ya que sus pobladores solo tienen servicio por algunas horas en el día y en su mayoría son conexiones artesanales.

5.9.1.5 Disposición de Aguas Residuales Domésticas y Excretas:

El Barrio Jorge Salazar no cuenta con el servicio de Disposición de Aguas Residuales, Domésticas y Excretas, la mayoría de las viviendas su disposición final de excretas es través de pompones y muy pocas poseen sumideros.

5.9.1.6 Drenaje Pluvial

El Barrio Jorge Salazar tiene en su interior un cauce natural del cual en los proyectos de inversión 2012 se realizó la construcción de una canaleta abierta para garantizar dirección del flujo pluvial. Sin embargo, el barrio en si no posee sistemas de captación de escorrentías en sus calles por lo que todas las aguas se van dirigidas a la obra hidráulica recién construida.

5.9.2 DISEÑO DEL SISTEMA PROPUESTO DE ALCANTARILLADO SANITARIO PERIODO DE DISEÑO

El periodo de diseño se determinó realizando un listado de las estructuras, equipos y accesorios relevantes tomando en cuenta que éste siempre debe ser menores a la vida útil de estas estructuras o elementos que los integren en cuanto a sus condiciones básicas como la capacidad del sistema para entender la demanda futura, densidad actual, saturación, durabilidad de los materiales y equipos empleados, calidad de la construcción, operación y mantenimientos.

Tomando los factores ante mencionados para la propuesta de alcantarillado sanitario fue definido a 20 años, período de diseño económico para las estructuras de los sistemas de las Guías técnicas para el diseño de alcantarillados sanitarios y tratamiento de aguas residuales. INAA (2005).

5.9.2.1 Población del proyecto

Para calcular la población se utilizaron los métodos des tasa de crecimiento geométrico y de saturación. La tasa de crecimiento poblacional para el proyecto oscila entre el 2.9% y el 3.4 %, pero según la ficha municipal recomiendan una tasa promedio del 3.0%.

Según censo del 2005, la población del barrio Jorge Salazar fue de 1925 habitantes, distribuidos en 349 viviendas, para un índice de hacinamiento de 5.52 habitantes por vivienda.⁸

La población del B° Jorge Salazar y Anexo Concepción de María (específicamente lugar en donde pasa la conexión al punto de descarga) fue estimado por el índice

⁸ INIDE, Managua en cifras, Censo de Población y Vivienda 2005

de 6 hab/viv, el cual es el recomendado por ENACAL, para dar resultado a una población de saturación igual a:

$P_s = \text{Números de viviendas} \times 6 \text{ habitantes/viviendas}$

$P_s = 168 \text{ viviendas} \times 6 \text{ habitantes/viviendas} = 1,008 \text{ hab.}$

En el sitio más cercano al punto de descarga sector del barrio Anexo Concepción de María no se estimó crecimiento en la población, ya que según la Alcaldía afirma que es un sector en total saturación. Por lo tanto, la población tomada para el diseño será la planteada en la tabla 5.6.

Tabla 5. 6 Datos de población total para el diseño de alcantarillado

Lugar	Nº. viviendas	Nº. Habitantes.
Anexo Concepción de María	168	1008

Fuente: propia

5.9.2.2 Cálculo de caudales de agua residual

Dotación de Agua

Revisando las estadísticas operativas del sistema de agua potable de la localidad en estudio para determinar las dotaciones de aguas de acuerdo al valor de la guía de dotación que se especifica la guía técnica se tomó 160 l/p-d, correspondiente a zonas con alta densidad poblacional y actividades mixtas.

Áreas de Servicio

Los caudales para el diseño de cada tramo fueron obtenidos en función de su área tributaria. Para la delimitación de áreas, se tomó en cuenta el trazado de los colectores: así como, su influencia presente y futura.

Se asignó áreas proporcionales de acuerdo a la figura geométrica que el trazado configura, aclarando que la figura dependerá de la característica de las calles y de la topografía del terreno. La unidad de medida es hectárea.

5.9.3 CÁLCULOS PARA EL DISEÑO DE LA RED DE RECOLECCIÓN

5.9.3.1 Parámetros de Diseño

Proyección de población futura.

Datos:

Población actual o inicial= 1008 habitantes

Índice de crecimiento = 3.00 %

Periodo de diseño= 20 años

Población proyectada 20 años de vida útil (2037).

$$Pf = Pac[1 + \%]^n$$

$$Pf = 1008 [1 + 0.03]^{(2037-2017)}$$

$$Pf = 1821 \text{ hab}$$

2.8.6.1 Cálculo de caudales.

Datos:

- Población Total: 1821 habitantes
- Área Total de Lotes: 17.3 Ha
- Longitud de la tubería: 62.50 m
- Dotación: 160 l/p-d.

Los cálculos se realizaron en una hoja de EXCEL y se hizo el trazado y el análisis hidráulico, resultando un sistema de alcantarillado sanitario tipo convencional que drena el área de estudio hacia pozos de visitas sanitarios existente de una manera rápida y eficiente. Estos cálculos se muestran a continuación:

Barrio Jorge Salazar:

BARRIO JORGE SALAZAR																		
Tramo		Nº lotes tributarios	Nº de lotes acum	Densidad	Poblacion	Dotacion	Factor de Retorno	Prod. A.R.	Q prom	FH		Qmáximo	Longitud (m)		Factor Infilt	Qinfiltración	Qpuntual	Qdiseño
Ni	Nf			habit./viv.	habitantes	l/p-d		l/p-d	l/s	Calculado	Selecci.	l/s	propia	Acumulada	l/s	l/s	l/s	
PVS-18	PVS-17	13	13	6	78	160	0.8	9984	0.12	4.27	3	0.35	80.51	80.51	0.000033	0.0027	0.00	0.35
PVS-17	PVS-16	13	26	6	156	160	0.8	19968	0.23	4.19	3	0.69	49.31	129.82	0.000033	0.0043	0.00	0.70
PVS-16	PVS-22	0	94	6	564	160	0.8	72192	0.84	3.95	3	2.51	29.39	553.93	0.000033	0.0185	0.00	2.53
PVS-32	PVS-1	10	10	6	60	160	0.8	7680	0.09	4.30	3	0.27	92.02	92.02	0.000033	0.0031	0.00	0.27
PVS-1	PVS exist	3	13	6	78	160	0.8	9984	0.12	4.27	3	0.35	28.48	120.50	0.000033	0.0040	0.00	0.35
PVS-19	PVS-20	15	15	6	90	160	0.8	11520	0.13	4.26	3	0.40	64.54	64.54	0.000033	0.0022	0.00	0.40
PVS-20	PVS-21	16	31	6	186	160	0.8	23808	0.28	4.16	3	0.83	95.33	159.87	0.000033	0.0053	0.00	0.83
PVS-25	PVS-26	8	8	6	48	160	0.8	6144	0.07	4.32	3	0.21	50.32	50.32	0.000033	0.0017	0.00	0.22
PVS-23	PVS-24	8	8	6	48	160	0.8	6144	0.07	4.32	3	0.21	40.73	40.73	0.000033	0.0014	0.00	0.21

BARRIO JORGE SALAZAR																				
Tramo		Elevación del terreno (m)		Pendiente (%)		Diámetro (mm)		Q _{li}	V _{li}	Q/Q _{li}	V/V _{li}	d/D	R/R _{li}	V	0.25 V ² /2g		Elevación de fondo (m)		Profundidad (m)	
Ni	Nf	Ni	Nf	Terreno	Tubería	Calculado	Selecc	l/s	m/s					m/s	Calculado	Seleccionado	Ni	Nf	Ni	Nf
PVS-18	PVS-17	74.92	72.45	3.07	3.07	25.7	150.00	12.19	0.69	0.03	0.400	0.148	0.370	0.28	0.001	0.03	73.72	71.25	1.20	1.20
PVS-17	PVS-16	72.45	70.32	4.32	5.21	30.2	150.00	15.88	0.90	0.04	0.427	0.165	0.410	0.38	0.002	0.03	71.22	68.65	1.23	1.67
PVS-16	PVS-22	70.32	70.50	-0.61	1.00	66.6	150.00	6.96	0.39	0.36	0.768	0.468	0.962	0.30	0.001	0.03	68.62	68.33	1.70	2.17
PVS-32	PVS-1	74.55	76.93	-2.59	0.55	32.2	150.00	5.16	0.29	0.05	0.453	0.182	0.449	0.13	0.000	0.03	73.55	73.04	1.00	3.89
PVS-1	PVS exist	76.93	76.76	0.60	1.20	30.7	150.00	7.62	0.43	0.05	0.453	0.182	0.449	0.20	0.000	0.03	73.04	72.70	3.89	4.06
PVS-19	PVS-20	73.43	73.58	-0.23	0.82	34.7	150.00	6.30	0.36	0.06	0.473	0.196	0.481	0.17	0.000	0.03	71.63	71.10	1.80	2.48
PVS-20	PVS-21	73.58	70.06	3.69	2.28	37.6	150.00	10.50	0.59	0.08	0.505	0.220	0.530	0.30	0.001	0.03	71.07	68.90	2.51	1.16
PVS-25	PVS-26	71.97	71.80	0.34	0.69	28.4	150.00	5.78	0.33	0.04	0.427	0.165	0.410	0.14	0.000	0.03	70.75	70.40	1.22	1.40
PVS-23	PVS-24	71.14	71.28	-0.34	1.23	25.4	150.00	7.71	0.44	0.03	0.400	0.148	0.370	0.17	0.000	0.03	69.92	69.42	1.22	1.86

Anexo Concepción de María

BARRIO ANEXO CONCEPCIÓN DE MARÍA																	
Tramo		Nº lotes	Nº de lotes	Densidad	Poblacion	Dotacion	Factor de	Prod. A.R.	Qprom	FH		Qmáximo	Longitud (m)		Factor Infil	Qinfiltración	Qpuntual
Ni	Nf	tributarios	acum	habit./viv.	habitantes	l/p-d	Retorno	l/p-d	l/s	Calculado	Seleccionado	l/s	propia	Acumulada		l/s	l/s
PVS-7	PVS-6	7	7	6	42	160	0.8	5376	0.06	4.33	3	0.19	31.71	31.71	0.000033	0.0011	0.00
PVS-6	PVS-3	6	13	6	78	160	0.8	9984	0.12	4.27	3	0.35	30.13	61.84	0.000033	0.0021	0.00
PVS-5	PVS-4	8	8	6	48	160	0.8	6144	0.07	4.32	3	0.21	70.93	70.93	0.000033	0.0024	0.00
PVS-4	PVS-3	10	18	6	108	160	0.8	13824	0.16	4.23	3	0.48	71.79	142.72	0.000033	0.0048	0.00
PVS-3	PVS-2	0	31	6	186	160	0.8	23808	0.28	4.16	3	0.83	56.36	260.92	0.000033	0.0087	0.00
PVS-1	PVS-2	11	11	6	66	160	0.8	8448	0.10	4.29	3	0.29	79.05	79.05	0.000033	0.0026	0.00
PVS-2	PVS-exist	8	50	6	300	160	0.8	38400	0.44	4.08	3	1.33	58.00	397.97	0.000033	0.0133	0.00
PVS-7	PVS-8	18	18	6	108	160	0.8	13824	0.16	4.23	3	0.48	65.02	65.02	0.000033	0.0022	0.00
PVS-8	PVS-9	15	33	6	198	160	0.8	25344	0.29	4.15	3	0.88	83.82	148.84	0.000033	0.0050	0.00
PVS-9	PVS-exist	6	39	6	234	160	0.8	29952	0.35	4.12	3	1.04	31.04	179.88	0.000033	0.0060	0.00

BARRIO ANEXO CONCEPCIÓN DE MARÍA																				
Tramo		Elevación del terreno (m)		Pendiente (%)		Diámetro (mm)		Q _u	V _u	Q/Q _u	V/V _u	d/D	R/R _u	V	0.25 V²/2g		Elevación de fondo (m)		Profundidad (m)	
Ni	Nf	Ni	Nf	Terreno	Tubería	Calculado	Selecc	l/s	m/s					m/s	Calculado	Seleccionado	Ni	Nf	Ni	Nf
PVS-7	PVS-6	77.09	77.49	-1.26	0.50	28.6	150.00	4.92	0.28	0.04	0.427	0.165	0.410	0.12	0.000	0.03	75.74	75.58	1.35	1.91
PVS-6	PVS-3	77.49	78.06	-1.89	0.50	36.1	150.00	4.92	0.28	0.07	0.492	0.210	0.510	0.14	0.000	0.03	75.55	75.40	1.94	2.66
PVS-5	PVS-4	78.67	80.00	-1.88	0.55	29.6	150.00	5.16	0.29	0.04	0.427	0.165	0.410	0.12	0.000	0.03	77.97	77.58	0.70	2.42
PVS-4	PVS-3	80.00	78.06	2.70	1.46	33.4	150.00	8.41	0.48	0.06	0.473	0.196	0.481	0.22	0.001	0.03	77.55	76.50	2.45	1.56
PVS-3	PVS-2	78.06	79.74	-2.98	0.50	50.1	150.00	4.92	0.28	0.17	0.624	0.315	0.716	0.17	0.000	0.03	75.37	75.09	2.69	4.65
PVS-1	PVS-2	80.19	79.74	0.57	1.00	29.8	150.00	6.96	0.39	0.04	0.427	0.165	0.410	0.17	0.000	0.03	79.19	78.40	1.00	1.34
PVS-2	PVS-exist	79.74	78.30	2.48	2.48	44.4	150.00	10.95	0.62	0.12	0.570	0.270	0.630	0.35	0.002	0.03	75.06	73.62	4.68	4.68
PVS-7	PVS-8	77.09	78.00	-1.40	0.50	40.8	150.00	4.92	0.28	0.10	0.540	0.248	0.586	0.15	0.000	0.03	75.74	75.41	1.35	2.59
PVS-8	PVS-9	78.00	77.58	0.50	0.50	51.2	150.00	4.92	0.28	0.18	0.634	0.323	0.729	0.18	0.000	0.03	75.38	74.97	2.62	2.61
PVS-9	PVS-exist	77.58	75.18	7.73	3.57	37.7	150.00	13.14	0.74	0.08	0.505	0.220	0.530	0.38	0.002	0.03	74.94	73.83	2.64	1.35

CAPÍTULO VI

EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL



En este capítulo se abordará los posibles impactos que tendrá directamente el medio ambiente en el proceso de construcción, ejecución y operación del proyecto.

CAPITULO VI. EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL

6.1 INTRODUCCION

Los mejoramientos de caminos, provocan perturbaciones sobre los ecosistemas que atraviesan, tomando mayor relevancia cuando suceden en áreas protegidas. Los elementos constituyentes del paisaje, son los que más se han visto afectados por la acción causa y efecto producto de la perturbación generadas estas obras⁹, es por dicha razón que se implementan medidas de mitigación, que no siempre son efectivas en el tiempo y en el espacio, para reestablecer las condiciones primitivas del patrimonio natural alterado¹⁰.

Esta aproximación, se basa en el conocimiento actual que describe la naturaleza como homogénea, dinámica, multiescalar y organizada jerárquicamente y permite estudiarla tomando en consideración sus características estructurales, sus propiedades funcionales y su organización (Margalef 1997).

6.2 OBJETIVOS DE LA VALORACION AMBIENTAL

El propósito de esta investigación será Identificar y determinar a través de distintas metodologías de evaluación ambiental, los posibles impactos ambientales que serán generados por la construcción y/o mejoramiento de un camino al interior de un área protegida, y establecer con dicho análisis, la metodología que mejor responde a los procesos, identificando los puntos convergentes y las diferencias entre ellas, aplicadas a un mismo proyecto.

⁹ Ramírez et al 2005

¹⁰ Riffo y Nuñez 2004

6.3 DEFINICIONES

Impacto ambiental: Es la alteración que se produce en el medio ambiente natural y humano cuando se lleva a cabo un proyecto o una actividad. Las obras públicas como la construcción de un sistema de alcantarillado sanitario o de una carretera, una ciudad, una industria; una zona de recreo; cualquier actividad de estas tiene un impacto sobre el medio. La alteración no siempre es negativa. Puede ser favorable o desfavorable para el medio. (Basoinsa.com, s.f.)

Estudio de Impacto Ambiental (EIA): El EIA es un instrumento importante para la evaluación del impacto ambiental de una intervención. Es un estudio técnico, objetivo, de carácter interdisciplinario, que se realiza para predecir los impactos ambientales que pueden derivarse de la ejecución de un proyecto, actividad o decisión política permitiendo la toma de decisiones sobre la viabilidad ambiental del mismo. Constituye el documento básico para el proceso de Evaluación del Impacto Ambiental. (aplyca.es, s.f.)

Formulación de estudio de impacto ambiental (EIA): La formulación de estudio de un impacto ambiental es un Trabajo Multidisciplinario compuesto por especialistas en la interpretación del proyecto y en los factores Ambientales más relevantes para ese proyecto concreto (por ejemplo, atmósfera, agua, suelos, vegetación, fauna, recursos culturales, etc.) que normalmente se integran en una empresa de Consultoría Ambiental. (Ingubide.com, s.f.)

Plan de Gestión Ambiental Social (PGAS): El Plan de Gestión Ambiental y Social es el instrumento que describe las medidas de manejo ambiental y social necesarias para prevenir, mitigar, controlar, proteger o compensar los posibles impactos negativos que se deriven de las actividades del Proyecto. (Monografias.com, s.f.)

Evaluación de Impacto Ambiental: La Evaluación de Impacto Ambiental, es el procedimiento administrativo que sirve para identificar, prevenir e interpretar los impactos ambientales que producirá un proyecto en su entorno en caso de ser ejecutado, todo ello con el fin de que la administración competente pueda aceptarlo, rechazarlo o modificarlo.

La Evaluación Impacto Ambiental se refiere siempre a un proyecto específico, ya definido en sus particulares tales como: Tipo de obra, materiales a ser usados, procedimientos constructivos, trabajos de mantenimiento en la fase operativa, tecnologías utilizadas, insumos, etc. (Basoinsa.com, s.f.)

Área de influencia del proyecto: se refiere al espacio geográfico, incluyendo todos sus factores ambientales, que pudieran sufrir cambios cuantitativos y/o cualitativos en sus atributos debido a las acciones realizadas en las diferentes etapas del proyecto, programa, plan, obra, industria o actividad.

Autorización ambiental: Acto administrativo emitido por MARENA para la realización de proyectos categoría IV, asimismo se incluirán bajo esta definición otras autorizaciones para el uso aprovechamiento de los recursos naturales previstas en el presente Decreto.

En el caso de las Regiones Autónomas de la Costa Caribe de Nicaragua, le corresponderá a los Consejos Regionales e instancias autónomas que estos deleguen en el ámbito de su circunscripción territorial. Autorización de Plan de Manejo Forestal: Es el acto administrativo mediante el cual, el MARENA, autoriza el manejo y aprovechamiento forestal de coníferas y sus asociaciones, en las áreas protegidas con fines conservacionistas, especialmente referido al recurso agua. (Decreto 20 - 2017, 2017).

Biodiversidad: El conjunto de todas y cada una de las especies de seres vivos y sus variedades sean terrestres acuáticos, vivan en el aire o en el suelo, sean plantas o animales o de cualquier índole incluye la diversidad de una misma especie, entre especies y entre ecosistemas, así como la diversidad genética.

Conservación: Es un proceso dinámico que atiende las necesidades de la sociedad y de la naturaleza; y se refiere a la protección, conocimiento y uso de los recursos naturales en especial el agua que conforman los ecosistemas, las especies y sus genes. con el fin de lograr los mayores beneficios actuales y potenciales para la Madre Tierra y el ser humano, manteniendo los procesos ecológicos que sustentan los ecosistemas.

Delegación Territorial: Unidad técnica, operativa y administrativa desconcentrada en el territorio nacional, con el mandato de ley de representar al MARENA en su gestión institucional sobre los recursos naturales y del ambiente.

Desarrollo Sostenible: Es el equilibrio entre factores sociales, económicos y ambientales para mejorar la calidad de la vida humana en armonía con la Madre Tierra y sus ecosistemas que la sustentan.

Dictamen Técnico: Juicio emitido por el equipo técnico interinstitucional, producto de la valoración, revisión y análisis de un estudio de impacto ambiental y que contiene los fundamentos técnicos para el otorgamiento o denegación de un permiso ambiental.

Documento de Impacto Ambiental (DIA): Documento elaborado por el proponente, que contiene los resultados y conclusiones del Estudio de Impacto Ambiental en un lenguaje claro y de fácil comprensión.

Desechos Sólidos No Peligrosos: Todos aquellos desechos o combinación de desechos que no representan un peligro inmediato o potencial para la salud humana o para otros organismos vivos. (Decreto 20 - 2017, 2017)

Industria: Conjunto de operaciones ejecutadas para la obtención, transformación o transporte de uno o varios productos. Se considera producción industrial aquella que demandan servicios públicos e infraestructuras superiores a los que requieren las zonas de viviendas, depende de servicios complementarios fuera del entorno urbano, el uso no es compatible con la vivienda, genera empleo superior a las treinta (30) personas, el volumen productivo depende de la tecnología y tiene requerimientos de espacios muy superiores a los de viviendas.

Línea de Base: Conjunto de descripciones, estudios y análisis de factores del medio ambiente físico, biológico, climático y social que podría ser afectado por un proyecto. Los estudios de línea de base permiten obtener información del "estado del medio ambiente" antes de que se inicie un proyecto.

Medidas Ambientales: conjunto de acciones que se establecen en el EIA y en los Programas de Gestión Ambiental destinada a prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos negativos ocasionados por la ejecución de un proyecto, obra, industria o actividad.

Monitoreo: Medición periódica de uno o más indicadores de impacto ambiental causados por la ejecución de un proyecto, obra, industria o actividad.

Proyectos Especiales: Tipos de proyectos, obras, industrias o actividades que tienen alta significación social, ambiental y económica para el país y pueden incidir significativamente en una o más regiones ecológicas de Nicaragua, según el mapa de Ecosistemas oficial del país, o bien trasciende a la escala nacional, internacional, y que pueden considerarse además de interés nacional.

Residuos Peligrosos: Se entiende aquellos que en cualquier estado físico, contengan sustancias que puedan presentar peligros para la salud humana u organismos vivos cuando se liberan al ambiente o si se manipulan incorrectamente debido a su magnitud o modalidad de sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, reactivas, inflamables, biológicamente perniciosas o de cualquier otra característica que represente un peligro para la calidad de vida, los recursos naturales o el equilibrio ecológico.

Seguimiento y Control: Conjunto de procedimientos que tienen como objetivo vigilar y controlar el nivel de desempeño y cumplimiento. A los efectos de este Decreto se refiere a vigilar y controlar el cumplimiento de las medidas del Programa de Gestión Ambiental y condicionantes emanadas del Permiso, o Autorización Ambiental. (Decreto 20 - 2017, 2017)

Valoración Ambiental: Proceso que identifica y valora los Impactos Ambientales que pueden generar los proyectos y la cuantificación que se produce, sobre la base de valoraciones en el terreno, la normativa ambiental y las buenas prácticas, así como las medidas ambientales que serán adoptadas por el proponente del proyecto.

Vulnerabilidad: Susceptibilidad a recibir daño como consecuencia de una acción o peligro generado por una actividad, proyecto, obra o industria.

Proceso de un EIA: El proceso de un Estudio de Impacto Ambiental comprende un conjunto de actividades, investigaciones y de técnicas diversas, destinadas a poner en evidencia las principales consecuencias ambientales del proyecto de carreteras.

Una relación de las principales actividades del proceso de EIA son las siguientes: Determinación del área de influencia, que consiste en la delimitación del área ambiental del proyecto o área influencia de los impactos ambientales. Descripción técnica del proyecto, haciendo referencia a las características del proyecto a ejecutar del medio ambiente, se establecerá una línea base ambiental, consistente en las descripciones de las características físicas, biológicas, culturales y socio económicas que presenta el área de influencia de los impactos ambientales probables utilizando las metodologías más apropiadas a su naturaleza, conociendo las actividades que va realizar el proyecto y las alternativas, luego de situación ambiental del área de influencia, procediendo a realizar el análisis de los impactos ambientales. (Ingubide.com, s.f.)

Gestión Ambiental en Nicaragua: En Nicaragua, las leyes establecen roles bien definidos para cada actor de la sociedad y estos actores deben ejercer sus derechos y responsabilidades conforme al mandato legal que les corresponde. En el nivel central, están llamados a participar en la gestión ambiental las siguientes entidades: - El Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARENA), como ente rector de la gestión ambiental. - La Procuraduría del Ambiente. - La Contraloría General de la República. - La Policía Nacional. - Los distintos sectores gubernamentales, que incorporan los principios de gestión ambiental en sus políticas y planes sectoriales. - La sociedad civil, que cuenta con espacios de participación incluso por ley (Constitución de la República, Ley General del Ambiente, Ley 40). - En el nivel local, están facultados para hacer gestión ambiental las alcaldías, los municipios, los gobiernos regionales, la sociedad civil, las delegaciones del MARENA, y las delegaciones de otros entes del gobierno.

6.4 LEGISLACIÓN PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL

Legislación para la Gestión Ambiental en Nicaragua: El país cuenta con una serie de instrumentos legales sólidos, que facultan para la gestión ambiental a los diferentes actores gubernamentales y de la sociedad civil, empezando por el marco legal general que brinda la Constitución Política. A ésta le siguen leyes de la República como la Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, la Ley de Organización, Competencias y Procedimientos del Poder Ejecutivo, y la Ley de Municipios, entre otras. La Ley General del Ambiente, específicamente, define instrumentos prácticos para hacer gestión ambiental, como los permisos y la Evaluación de Impacto Ambiental propiamente tales, el ordenamiento ambiental del territorio, la gestión de las áreas protegidas, el Sistema Nacional de Información Ambiental, los incentivos ambientales, el Fondo Nacional del Ambiente, y la Declaración de Áreas Contaminadas y Emergencias Ambientales, entre otros aspectos. Adicionalmente, existen otras leyes y normativas que se relacionan con la gestión ambiental en el país, como las leyes especiales de plaguicidas, sustancias tóxicas y peligrosas y su reglamento. También los reglamentos de evaluación de impacto ambiental, de vertidos para aguas residuales, y de áreas protegidas; así como normas técnicas enfocadas al manejo ambiental de actividades económicas (lácteos, gasolineras, aserríos y minería).

Por supuesto, cabe contar igualmente con los convenios internacionales, entre ellos los de Cambio Climático, Biodiversidad, Desertificación, y Protección de la Capa de Ozono. Evaluación de impacto ambiental en Nicaragua: El Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental de Nicaragua viene funcionando desde 1994, a partir de la promulgación del Reglamento 45-94 y de la creación de la Dirección de Control Ambiental en el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARENA).

El Reglamento 45-94, estableció el sistema de permisos y evaluación de impacto ambiental, haciendo obligatorio para los proyectos que aparecen en la lista taxativa, el cumplir con el estudio de impacto ambiental para obtener un permiso. Los costos de estos trámites los paga el proponente o dueño del proyecto. El sistema también contempla que el MARENA cuente con el apoyo de los distintos sectores, mediante las denominadas “Unidades Ambientales Sectoriales”. Esta es una 16 modalidad única en Centroamérica, y es una ventaja para Nicaragua pues dichas unidades son aliados sectoriales que ayudan a implementar la legislación ambiental en los sectores de energía, transporte, agua potable, y otros. Proceso de EIA en Nicaragua:

El trámite de Evaluación de Impacto Ambiental en Nicaragua comienza cuando el proponente o dueño del proyecto presenta una solicitud de permiso a la Dirección de Control Ambiental del MARENA. Ésta elabora y oficializa los términos de referencia con base en los cuales el proponente debe realizar el estudio de impacto ambiental y el documento de impacto ambiental. Cuando la empresa presenta esta información (para lo cual habrá contratado a una compañía consultora), se la somete a una revisión preliminar. Si el MARENA está conforme con el estudio presentado, éste pasa al proceso de revisión técnica. De lo contrario, se pedirá al proponente que complete la información que se considere necesaria. Importancia del EIA en el ciclo del Proyecto: Incorporar el sistema de EIA en el ciclo completo del proyecto, y no solo en las fases finales de construcción, es muy importante porque facilita los siguientes aspectos: - Asegura que las opciones de desarrollo sean ambientalmente sustentables. - Garantiza que toda consecuencia ambiental sea identificada antes de ocurrir. - Analiza y selecciona las mejores opciones o medidas de prevención y control para evitar alteraciones al ambiente (diseño final del proyecto). - Prevé la puesta en marcha de mecanismos de monitoreo y vigilancia para asegurar que se implemente el Plan de Acción Ambiental y todas sus medidas. - Permite ahorrar recursos en actividades de remediación ambiental.

Vulnerabilidad de Nicaragua ante los EIA: Nicaragua, como toda la región centroamericana, no escapa a estos serios problemas en materia ambiental, con el agravante de que el país presenta una alta vulnerabilidad en todos los frentes: Económico, ambiental, ideológico, técnico y educativo. (Evaluación de Impacto Ambiental en Nicaragua, 2001) 17 - Vulnerabilidad Económica: Pobreza. - Vulnerabilidad Ambiental: Climática, volcánica, ecológica, geológica, climatológica. - Vulnerabilidad Ideológica: Limitada concepción del medio ambiente. - Vulnerabilidad Técnica: Inadecuadas técnicas de diseño y construcción. - Vulnerabilidad Educativa: Débil instrucción y educación sobre medio ambiente.

Marco Político: El Marco Político de Nicaragua tiene como fin contribuir al bienestar y el desarrollo integral del ser humano, aprovechando de manera sostenible los recursos naturales y contando con un ambiente saludable, a través de una gestión ambiental que armonice el desarrollo económico y social; y orientar el accionar coherente institucional e intersectorial de las instituciones del Estado, organizaciones civiles, organismos no gubernamentales y población de Nicaragua. La base del marco político es la “Constitución Política de la República de Nicaragua”, donde establece en el Título IV Derechos, Deberes y Garantías del Pueblo Nicaragüense, Capítulo III Derechos Sociales, Art. 60.- Los nicaragüenses tienen derecho de habitar en un ambiente saludable; es obligación del Estado la preservación, conservación y rescate del medio ambiente y de los recursos naturales. De igual forma en el Título VI Economía Nacional, Reforma Agraria y Finanzas Públicas, Capítulo I Economía Nacional Art. 102.-

Los recursos naturales son patrimonio nacional. La preservación del ambiente y la conservación, desarrollo y explotación racional de los recursos naturales corresponden al Estado; éste podrá celebrar contratos de explotación racional de estos recursos, cuando el interés nacional lo requiera.

La política ambiental es perdurable ya que trasciende a los diferentes Poderes del Estado y Ministerios que hacen cumplir los dictámenes de leyes, normativas y decretos, en coordinación con distintas instituciones de carácter público como privado, los gobiernos locales, los organismos no gubernamentales, agrupaciones ambientales y otras del sector privado, y es dinámica en la medida que los instrumentos de su aplicación se ajustan para atender la satisfacción de las necesidades y aspiraciones de la presente y 18 futuras generaciones.

Dentro de los principios de la política ambiental de Nicaragua, se encuentran: Principio de Prevención. El criterio de prevención prevalecerá sobre cualquier otro en la gestión pública y privada del ambiente. No podrá alegarse la falta de una certeza científica absoluta como razón para no adoptar medidas preventivas en todas las actividades que impacten al ambiente. La Ley No. 290, “Ley de Organización, Competencia y Procedimientos del Poder Ejecutivo”, en su Art. 28.- Inciso b, establece que al Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (MARENA) le corresponde la función de “Formular normas de calidad ambiental y supervisar su cumplimiento.

Administrar el Sistema de Evaluación de Impactos Ambientales. Garantizar la incorporación del análisis de impacto ambiental en los planes y programas de desarrollo municipal y sectorial”. La política para la gestión ambiental es global e integral compartidas por las distintas instituciones del gobierno, la municipalidad y la sociedad civil. (Ingenieros Consultores Centroamericanos S.A, 2017)

Marco Legal: El marco legal consta de todas las leyes, normas, y decretos. Ya sean dictado y aprobados por el poder legislativo o por el poder ejecutivo de la República de Nicaragua.

6.5 DESCRIPCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

6.5.1 MEDIO FÍSICO

6.5.1.1 Clima

➤ Precipitación

Según los datos obtenidos durante 30 años en el período de 1971 al 2000 se obtiene una norma histórica de 1,119.7 milímetros anuales de precipitación, en la distribución de las lluvias durante el año se presentan dos momentos de máxima precipitación separados por una canícula en el mes de Julio.

➤ Temperatura

Las temperaturas medias en general son elevadas a través del año. Existen ligeras variaciones relacionadas a la temporada. La temperatura media anual oscila entre 26.1 y 29.5°C.

➤ Viento

Según los registros de INETER la velocidad del viento promedio es de 2.14 m/s registrados a 10 metros de altura, la dirección predominante varía según la época del año; con predominancia del Este durante febrero a agosto y con variaciones entre septiembre y octubre del SW y entre noviembre y enero del NE.

6.5.2 MEDIO BIÓTICO

6.5.2.1 Flora

Se identifican los tipos de especies (árboles y plantas) que serán directamente afectadas, puesto que se encuentran en el área de influencia del proyecto.

6.5.2.2 Fauna

La presencia de fauna silvestre en el área de influencia del proyecto es muy escasa por ser un área altamente intervenida y por ser un área urbana. Las especies de fauna silvestre identificadas guardan una alta relación con el entorno urbano y pertenecen a los grupos de Reptiles y aves.

6.6 DETERMINACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

6.6.1 METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN AMBIENTAL

El concepto de metodología en general se ha usado para referirse al estudio del proceso a través del cual las teorías se forman y justifican. En un sentido más amplio se postula que el significado de metodología se refiere al proceso de aprendizaje sobre lo social y natural del mundo.

La matriz de Leopold o Matriz de Interacciones de Leopold consiste en identificar las interacciones simples entre los diferentes impactos ambientales potenciales de un proyecto y sus factores ambientales. Esta matriz de doble entrada tiene como filas los factores ambientales que pueden ser afectados y como columnas, las acciones que tendrán lugar y que puedan causar impactos.

6.6.1.1 Matriz de Leopold

Es una de las metodologías más conocidas y fue desarrollada en 1971 por el Servicio Geológico de los Estados Unidos, para la evaluación de impactos ambientales de una mina de fosfatos en California.

La evaluación a través de Leopold consta de varios pasos:

- 1.- Identificación de las acciones del proyecto y de las componentes del medio afectado;
- 2.- estimación subjetiva de la magnitud del impacto, en una escala de 1 a 10, siendo el signo (+) un impacto positivo y el signo (–) uno negativo;
- 3.- evaluación subjetiva de la importancia, en una escala de 1 a 10. En forma original, se listan cien posibles acciones de un proyecto sobre una abscisa versus 88 elementos naturales y sociales en la otra abscisa.

6.7 PRESENTACION DE RESULTADOS

Para valorar y jerarquizar los impactos ambientales negativos significativos identificados mediante la aplicación de las metodologías mencionadas

- Se realizó una valoración cualitativa simple, y se contrastaron los resultados de las distintas metodologías aplicando, en caso de que correspondiese.
- Los impactos ambientales negativos, fueron definidos a través de la valoración cualitativa simple y sus normalizaciones, y presentarán el mayor rango o ponderación.
- La jerarquización de los impactos fue definida una vez obtenida la valoración de éstos a través de la aplicación del procedimiento descrito.

Para proponer lineamientos para la implementación de medidas de control ambiental que permitan disminuir los impactos negativos significativos en la etapa de construcción y/o mejoramiento de un camino público.

En la siguiente tabla se presenta la matriz de Leopold, en donde se presentan las acciones a realizar en el proyecto, y las posibles afectaciones en el factor ambiental.

				ACCIONES								
				FASE DE CONSTRUCCION								
				OBRAS PRELIMINARES				MOVIMIENTO DE TIERRAS				
				DESMOVLIVILIZACION	INSTALACIONES	ACCESOS DE PEATONAL	TRANSPORTE DE EQUIPO	DESGUACE DE SUELOS	REPORTEO ENRIQUECIMIENTO	DESGUACE DE ESTRUCTURAS	ESTABILIZACION DE MAQUILLAS	PAVIMENTACION
FACTORES AMBIENTALES	FÍSICO	AIRE	MATERIAL PARTICULAR	X	X	X		X	X		X	X
			RUIDO	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		SUELO	EROSION	X	X	X		X				
			INESTABILIDAD	X	X	X						
			SEDIMENTACION						X		X	
			COMPACTACION	X	X	X	X				X	X
			REMOSION DE TIERRA	X	X	X		X			X	X
		AGUA	INUNDACION					X				
			CALIDAD DE AGUA					X	X		X	
			REGIMEN FLUVIAL					X				
			VARIACION DEL FLUJO					X				
	BIOLÓGICO	FLORA	CUBIERTA VEGETAL	X	X	X						X
			TALA O DESBROCE	X	X	X						
			DIVERSIDAD BIOLÓGICA	X		X						
			ESPECIES TERRESTRES EN PELIGRO	X	X	X	X					
			ESPECIES ACUÁTICOS EN PELIGRO					X				
		COMUNICACION	USO ACTUAL DEL SUELO	X	X	X					X	
			POTENCIAL TURÍSTICO Y RECREACION	X	X	X	X		X	X		X
			RIESGOS SANITARIOS	X	X	X	X					
			POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA	X	X	X	X	X	X	X		X
			PAISAJE	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados obtenidos en la aplicación de la matriz de Leopold se pueden analizar mediante estadística básica y se considera que el impacto ambiental es positivo, recordando que el impacto ambiental positivo es el que conlleva actividades que benefician al medio ambiente o aquellas cuyo objetivo es corregir los efectos negativos de las actividades humanas por medio de medidas ambientales.

6.8 MATRIZ DE VALORACIÓN DE IMPACTOS

Matriz de valoración de impactos: Para la valoración de los impactos ambientales señalizados o identificados en la matriz de impactos a generarse. Se procede a valorar cada elemento por individual para reflejar su nivel de afectación, esto según los criterios y aspectos otorgados por Vicente Conesa (1997) en los valores para atributos de impactos ambientales.

Calificación de impactos: El carácter genérico del impacto se refiere a si el impacto será positivo o negativo con respecto a la fase de la actividad. Esto según el criterio de evaluación del impacto por su naturaleza

Tabla 6. 2 Carácter genérico de impacto.

Positivo (+)	Si el componente presenta una mejora con respecto a su estado previo a la ejecución del proyecto o si un determinado elemento tendrá un impacto positivo bien sea durante la construcción u operación y mantenimiento del proyecto
Negativo (-)	Si el componente presenta deterioro con respecto a su estado previo a la ejecución del proyecto o si un determinado elemento tendrá un impacto negativo bien sea durante la construcción u operación y mantenimiento del proyecto

Tabla 6. 3 Criterio de evaluación de impacto por intensidad

Alta	Alteración muy notoria y extensiva, que puede recuperarse a corto o mediano plazo, siempre y cuando exista una intervención oportuna y profunda del hombre, que puede significar costos elevados
Moderada	Alteración notoria, producida por la acción de una actividad determinada, donde el impacto es reducido y puede ser recuperado con una mitigación sencilla y poco costosa
Baja	Impactos que con recuperación natural o con una ligera ayuda por parte del hombre, es posible su recuperación

Fuente: OAS.org

Tabla 6. 4 Valores de los atributos a los impactos para realizar la evaluación ambiental

Naturaleza Impacto beneficioso (+) Impacto perjudicial (-)	Intensidad (In) (Grado de destrucción) Baja 1 Media 2 Alta 4 Muy alta 8 Total 12	Extensión (Ex) (Área de influencia) Puntual 1 Parcial 2 Extenso 4 Total 8 Crítica 12
Momento (Mo) (Plazo de manifestación) Largo plazo 1 Medio plazo 2 Inmediato 4 Crítico 8	Persistencia (Pe) (Permanencia del efecto) Fugaz 1 Temporal 2 Permanente 4	Reversibilidad (Rv) Corto Plazo 1 Medio Plazo 2 Irreversible 4
Recuperabilidad (Mc) (Reconstrucción por medios humanos) Recuperable de manera inmediata 1 Recuperable a medio plazo 2 Mitigable 4 Irrecuperable 8	Efecto (Ef) (Relación causa - efecto) Indirecto (secundario) 1 Directo 4	Periodicidad (Pr) (Regularidad de la manifestación) Irregular o discontinuo 1 Periódico 2 Continuo 4
Importancia (I) (I) = $\pm (3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$		

Fuente: VICENTE CONESA, 1997

De esta manera si el valor es:

< 25 se clasifica como IRELEVANTE o COMPATIBLE (CO)

≥ 25 y < 50 se clasifica como MODERADO (M)

≥ 50 y < 75 se clasifica como SEVERO (S)

≥ 75 se clasifica como CRITICO Impacto compatible: Impactos con calificación de importancia 75 unidades de calificación. Son generalmente de intensidad muy alta o total, extensión local e irreversibles (>10 años).

Para su manejo se requieren medidas de control, prevención, mitigación y hasta compensación.

A continuación, se expone la explicación de los conceptos descritos en la tabla de Valores de los atributos de impactos para realizar la evaluación ambiental:

Intensidad (In) Este término se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en el que actúa. El baremo de valoración estará comprendido entre 1 y 12, en el que 12 expresará una destrucción total del factor en el área en la que se produce el efecto y el 1 una afección mínima.

Extensión (Ex) Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del Proyecto dividido el porcentaje del área, respecto al entorno, en que se manifiesta el efecto.

Momento (Mo) El plazo de manifestación del impacto alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sobre el factor del medio considerado.

Persistencia (Pe) Se refiere al tiempo que permanecería el efecto desde su aparición y a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales o mediante la introducción de medidas correctoras.

Reversibilidad (Rv) Metodología para el cálculo de las Matrices Ambientales 4 Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado por el Proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez que aquella deja de actuar sobre el medio.

Recuperabilidad (Mc) Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado como consecuencia del Proyecto, es decir la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la actuación, por medio de la intervención humana (introducción de medidas correctoras).

Efecto (Ef) Este atributo se refiere a la relación causa-efecto, o sea a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción.

Periodicidad (Pr) La periodicidad se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente (efecto periódico), de forma impredecible en el tiempo (efecto irregular), o constante en el tiempo (efecto continuo).

Matriz de importancia: Para la realización o estructuración de la matriz de importancia, se retoman los valores calculados anteriormente en la matriz de valoración de impactos y se procede a la incorporación de las UIP (Unidades de importancia ponderadas).

Considerando que cada factor representa solo una parte del medio ambiente, es necesario llevar a cabo la ponderación de la importancia relativa de los factores en cuanto a su mayor o menor contribución a la situación del medio ambiente. Finalmente, en base a estos resultados, se detallarán los impactos potenciales, que actúan fundamentalmente sobre los factores físicos y bióticos, activando los diversos procesos sobre el medio ambiente.

Como resultado, la matriz quedara conformada con las siguientes categorías:

Tabla 6. 5 Calificación de resultados para la matriz de importancia

Valor I Ponderado	Calificación	Categoría
< 2,5	IRELEVANTE	
2,5 ≤ < 5	MODERADO	
5 ≤ < 7,5	SEVERO	
≥ 7,5	CRITICO	

Fuente: Ambiente.chubut.gov.ar

Medidas particulares de Mitigación Las medidas de mitigación de impactos negativos como de optimización de impactos positivos, deberán constituir un conjunto integrado de medidas y acciones, que se complementen entre sí, para alcanzar superiores metas de beneficio de la obra durante su construcción, operación y mantenimiento, con especial énfasis en los beneficios locales y regionales.

Estas medidas se han desarrollado teniendo como punto de partida los trabajos a realizar y los resultados obtenidos en diferentes procesamientos y análisis.

Principalmente las medidas de mitigación están orientadas en:

- Control de Excavaciones, Remoción de Suelo y explotación de banco de material
- Control de Material Particulado, Ruidos y Vibraciones
- Control de la Correcta Gestión de los Residuos Tipo Sólido, Urbano y Peligrosos.
- Control del Acopio y Utilización de Materiales e Insumos
- Realizar cursos de capacitación antes de la construcción.
- Restauración de las funciones ecológicas, y protección de flora y fauna silvestre.
- Tratamiento, control de calidad y disposición final de lodos removidos

- Elaborar “plan de contingencia” ante posibles afectaciones naturales. Para la realización del plan estratégico de gestión ambiental, se ha tenido como guía y punto de partida el decreto 20 - 2017. Que, en primera instancia, pide determinar en qué categoría de las 5 propuestas dentro del documento, cabe el proyecto a desarrollar.

El presente trabajo por encontrarse en función de la naturaleza del proceso y los potenciales efectos ambientales, se considera como de moderado impacto ambiental potencial, por lo tanto, se encuentra dentro de la categoría ambiental III, y consecuentemente.

6.9 LÍNEA BASE DEL PROYECTO

6.9.1 ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

Para efectos del estudio es necesario definir y delimitar el área de influencia del proyecto. El concepto de área de influencia está relacionado con el espacio físico donde los impactos ambientales, producto de una determinada actividad, pueden ser percibidos de manera directa e indirecta.

El área de influencia, además de delimitar geográficamente la zona de estudio, también determina el marco de referencia donde se identifican las características ambientales preexistentes a la ejecución de las obras. Es dentro de este marco físico y conceptual que se desarrolla la línea de base ambiental, cuya información podrá ser contrastada con la futura situación ambiental, resultado de las obras de construcción, operación y mantenimiento

6.9.1.1 Área de Influencia Directa (AID)

El AID se define como el espacio físico que será ocupado, en forma permanente o temporal, por los componentes del proyecto durante todas sus etapas de desarrollo. También son considerados los espacios colindantes donde un componente ambiental puede ser persistente o significativamente afectado por las actividades de construcción y operación del proyecto.

Para este caso, el AID comprende las áreas de todo el barrio Jorge Salazar y el anexo de Concepción de María. Esta se muestra en la siguiente ilustración.



6.9.1.2 Área de Influencia Indirecta (All)

El All consiste en aquel espacio físico donde los efectos directos del proyecto sobre un determinado componente ambiental influyen, a su vez, en otro u otros componentes ambientales, aunque con menor intensidad.

Es importante mencionar que esa influencia puede ser de carácter positivo o negativo. Se considera como All aquellas zonas alrededor del área de influencia directa en donde se podrían evidenciar impactos de tipo indirecto por las actividades del proyecto, tales como: afectaciones durante la construcción del proyecto (atraso en el desplazamiento, mayor cantidad de polvo en el aire, entre otros) y durante la operación del proyecto mejora de las condiciones de las calles (menos polvo y menor sedimentos procedentes de la zona del proyecto, reducción de aguas grises corriendo en las calles y cauces procedente de los dos barrios.

6.9.1.3 Matrices de impactos sociales positivos y negativos.

Tabla 6. 6 Impactos sociales positivos

ETAPA DE PROYECTO	ACCIONES PROYECTADAS	NATURALEZA
Ejecución	Creación de empleo y reclutamiento de mano de obra local con la apertura de construcción del proyecto.	Directo
	Aumento de actividad económica y comercial en la zona	
Operación	Mayor y mejor facilidad de acceso y transporte a la zona	Directo
	Incremento en el valor promedio de las casas y propiedades	Directo
	Mejoramiento de la salud pública	Directo

Tabla 6. 7 Impactos sociales negativos

ETAPA DE PROYECTO	TIPO DE IMPACTO	ACCIONES PROYECTADAS	NATURALEZA
Ejecución	Restricción temporal de un movimiento vehicular fluido y bloqueo de acceso a ciertas viviendas y negocios existentes	Habilitación de desvíos y accesos temporales a viviendas afectadas y negocios concurridos.	Directo
	Ruido, polvo y movimiento frecuente de maquinaria en el tramo de construcción	Medidas planteadas en el Plan de Gestión Ambiental Social (PGAS)	Directo
Operación	Aumento del tráfico vehicular en las calles de los barrios	Mejorar calles aledañas	Indirecto

Tabla 6. 8 Principales factores a sufrir impacto. Medio físico

Medio	Componente ambiental	Factor determinante	Definición
Físico	Agua	Contaminación agua subterránea	Posible contaminación por derrame de combustible desde las maquinarias.
	Suelo	Contaminación	Debido a los procesos constructivos se genera una degradación de los suelos.
	Aire	Ruido	Maquinarias pesadas trabajando
		Partículas	Debido al movimiento de tierra, y excavación de zanjas.
	Clima	Cambios de clima	Cambio del micro clima en los barrios debido a impermeabilización del suelo, y mayor reflejos de los rayos del sol
	Paisaje	Percepción visual	Durante la construcción del proyecto, con los movimientos de suelo crea una percepción negativa al paisaje

Tabla 6. 9 Principales factores a sufrir impacto. Medio biótico.

Medio	Componente ambiental	Factor determinante	Definición
Biótico	Fauna	Desaparición de aves	Debido a la reducción en el número de árboles, las aves tienden a emigrar a otras zonas.
	Flora	Talas de árboles	Corte de los árboles que se encuentran en el área directa del proyecto.

Tabla 6. 10 Principales factores del medio socioeconómico a sufrir impactos

Medio	Componente ambiental	Factor determinante	Definición
Socioeconómico	Población	Tráfico vehicular y peatonal	Interrupción temporal del tráfico vehicular y peatonal
		Seguridad	Mayor seguridad en la circulación por las calles ya operando el proyecto
		Empleo	Generación de empleo

Matriz de Importancia

Etapas de construcción

Factor	Movimiento de tierra	Mejoramiento de calles	Construcción de AS	Valoración
Suelo	-40	-30	-38	-108
Aire	-32	-5	-10	-47
Clima	-5			-5
Paisaje	-12	-2	-15	-29
Fauna	-2			-2
Flora	-8			-8
Población				

Etapas de operación

Factor	Calles mejoradas	AS construido	Drenaje pluvial	Valoración
Suelo	50	5	40	95
Aire	27	15		42
Clima	12	48	20	70
Paisaje	48	40	25	113
Fauna				
Flora				
Población	50	50	35	135

6.9.2 MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Durante el movimiento de suelo, mantener regada la tierra para evitar el levantamiento de partículas de suelo al aire.

Inmediatamente de realizar las pruebas de las tuberías de alcantarillado sanitaria instaladas, deben ser rellenadas y compactadas

Reforestar áreas públicas, para reponer los árboles talados

Realizar el proyecto sin afectar todo el proyecto en un mismo momento, desarrollarlo en orden por calles, para disminuir los atrasos del transporte vehicular y peatonal

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



Las conclusiones y recomendaciones se fundamentan en los resultados obtenidos, tanto en los estudios como en los diseños.

CAPITULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

Diseño Geométrico Vial Y Diseño De Red De Alcantarillado Sanitario En Barrios Jorge Salazar Y Anexo Concepción De María., se basó en los resultados obtenidos de:

➤ **Estudios de Tránsito.**

- Se realizó un aforo vehicular, para calcular el TPDA de diseño resultando de 50,005 vpd, durante cinco (5) días continuos, durante doce horas continuas (7 AM – 7 PM) analizándose los dos sentidos y clasificando los vehículos según lo establece el MTI.

➤ **Estudios de Suelos.**

- Se realizó una revisión de los estudios de suelos elaborados por el laboratorio de IMS, análisis granulométrico y límites de Atterberg, obteniendo como resultado que los materiales que predominan en la sub – rasante son suelos del tipo A – 5 que presentan un CBR de diseño de 9% obtenido a un 95% de compactación Proctor Estándar.

➤ **Diseño de Pavimento.**

- El espesor de losa de concreto hidráulico a emplear es de 6 pulgadas, el cual resultó ser el más óptimo, determinando que los porcentajes de daño por fatiga y erosión resultaron ser de 21.43 % y 93.42% respectivamente, siendo estos los que más se acercaron al 100%.

- La transferencia de cargas en las losas se realizará mediante la trabazón de los agregados.

➤ **Diseño de Red de Alcantarillado Sanitario.**

- Se realizó la caracterización del área en estudio obteniendo información directa y realista para la elaboración del diseño de la red de alcantarillado propuesta en este documento.
- La propuesta de alcantarillado sanitario se diseñó de acuerdo a la “guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario convencional de INAA”
- La red de alcantarillado sanitario se diseñó para una cobertura del 100% de la población del área de estudio y se logró desarrollar para que trabaje enteramente por gravedad sin necesidad de bombeo en ningún punto.
- El tirante máximo utilizado para tuberías de 150 mm y mayores es del 75 %, las pendientes propuestas en el diseño nos dan resultados en cálculos que cumplen y garantizan con lo especificado por la guía de criterios técnicos para el diseño del sistema, que recomienda valor mínimo de la tracción tractiva sea igual o mayor a 1 Pascal.

➤ **Evaluación de Impacto Ambiental.**

En base a la determinación de las diferentes actividades que generan impacto ambiental y la evaluación en sí de estas actividades, se determina que los resultados obtenidos en la aplicación de la matriz de Leopold se pueden analizar mediante estadística básica y se considera que el impacto ambiental es positivo, recordando que el impacto ambiental positivo es el que conlleva actividades que benefician al medio ambiente o aquellas cuyo objetivo es corregir los efectos

negativos de las actividades humanas por medio de medidas ambientales, las cuales están plasmadas para que el impacto generado sea mínimo en el área del proyecto.

7.2 RECOMENDACIONES

En base a lo que establece el documento se recomienda lo siguiente:

- Se recomienda el uso del material del Bancos Los Martínez y Pista Suburbana para el mejoramiento de la subrasante, por ser los bancos más próximos al área del proyecto y por cumplir con la mayoría de las especificaciones de la NIC 2000.
- Implementar en nuestro país la técnica de pavimentación rígida, debido a las múltiples ventajas que este presenta sobre los demás pavimentos, tanto como en modo de aplicación, económicas, ambientales y para el usuario en general.
- Cumplir estrictamente con el espesor de diseño de la estructura de pavimento propuesto, así como el valor de resistencia a la compresión del concreto y las dimensiones de los elementos complementarios al diseño, para así garantizar la calidad y la seguridad durante el periodo de diseño.
- Los cortes de las juntas de la losa, se deben realizar cuando el concreto presente las condiciones de endurecimiento propicias para su ejecución y antes que se produzcan agrietamientos no controlados, por lo general de 4 a 6 horas después del colado, según las condiciones atmosféricas. La profundidad de corte a considerar equivale a $\frac{1}{3}$ del espesor de la losa.
- Realizar diseño de mezcla de concreto para conocer relación agua-cemento y proporción entre agregados.
- Antes de la colocación del concreto, verificar que la superficie este completamente libre de materias extrañas que pueda interferir en la adherencia.

- Realizar mantenimiento rutinario menor del pavimento cada 3 a 5 años, esto implica sello de juntas y reparación de grietas o fisuras, y mantenimiento mayor como reemplazo de losas al 20 % de fisura.
- Realizar un estudio adecuado para el diseño de elemento de protección de tuberías que se encuentren a poca profundidad.
- El diseño de la red se limita para el desalojo exclusivo de las aguas residuales domésticas.
- Para garantizar la calidad del diseño se debe ejecutar la construcción de la red tal como está contemplado en los planos y especificaciones técnicas, ya que fueron estipuladas para esta investigación.
- Se debe respetar el periodo de diseño del proyecto, debido a que los caudales se encuentran estimados en base a la dotación por habitante, por lo que después del año 2,038, habría que realizar una evaluación tanto física como hidráulica de la red, de acuerdo al crecimiento de la población.
- Cumplir con las medidas ambientales estipuladas en este documento.
- Establecer como un documento de referencia para los estudiantes de Ingeniería Civil con conocimientos o bien que cursen la materia de Diseño Vial e Ingeniería Sanitaria, para la implementación de proyectos de desarrollo.

BILIOGRAFIA

- ✓ **American Association of State Highway and Transportation Officials. (AASHTO).** A Policy on Geometric Design of Highway and Streets 2004.
- ✓ **Agudelo Ospina, John Jairo.** Diseño Geométrico de Vías. Medellín, Colombia. 2002.
- ✓ **Empresa Ingeniería Mecánica de Suelos S.A (I.M.S).** Documentos de Estudios de Suelos.
- ✓ **Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA).** Guías técnicas para el diseño de alcantarillados sanitarios y tratamiento de aguas residuales (2005).
- ✓ **Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA).** Normativa de alcantarillado condominial, guía de criterios técnicos para el diseño del sistema (2013).
- ✓ **Marlon Sánchez. (2006).** Diseño de red de alcantarillado sanitario. 5a. Ed.
- ✓ **Ministerio de Transporte e Infraestructura (2008).** Manual para la Revisión de Estudios Geotécnicos.
- ✓ **Ministerio de Transporte e Infraestructura (2008).** Manual para la Revisión de Diseños de Pavimentos.
- ✓ **Ministerio de Transporte e Infraestructura.** Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Calles y Puentes. NIC 2000.
- ✓ **Pavimentos de Concreto CEMEX.**
- ✓ **Rafael Cal, Rafael; y Reyes Spíndola, Mayor.** Ingeniería de Tránsito – Fundamentos y aplicaciones. 7ma. ed. México, D. F. 1994.
- ✓ **Software:** AutoCAD Civil 3D 2012 y BS – PCA.

ANEXOS



En esta sección se presentan las diferentes tablas utilizadas para la realización del Diseño de Estructura de Pavimento de la vía y de la red de alcantarillado sanitario, así como alguno de los resultados de los análisis realizados.

ANEXOS A - ESTUDIOS DE TRANSITO

Tabla I Tipología y Descripción Vehicular de Conteos de Tráfico de la Oficina de Diagnóstico y Evaluación de Pavimento.

CLASIF. VEHICULAR	TIPOS DE VEHICULOS	ESQUEMA VEHICULAR	DESCRIPCIÓN DE LA TIPOLOGÍA VEHICULAR
VEHICULOS DE PASAJEROS	MOTOCICLETAS		Incluye todos los tipos de Motocicleta tales como, Minimoto, Cuadracillos, Moto Taxi, Etc. Este último fue modificado para que pudiera ser adaptado para el traslado de personas, se encuentran más en zonas Departamentales y Zonas Urbanas. Moviliza a 3 personas incluyendo al conductor.
	AUTOMOVILES		Se consideran todos los tipos de automóviles de cuatro y dos puertas, entre los que podemos mencionar, vehículos coupe y station wagon.
	JEEP		Se consideran todos los tipos de vehículos conocidos como 4x4. En diferentes tipos de marcas, tales como TOYOTA, LAND ROVER, JEEP, ETC.
	CAMIONETA		Son todos aquellos tipos de vehículos con ltnas en la parte trasera, incluyendo las que transportan pasajeros y aquellas que por su diseño están diseñadas a trabajos de carga.
	MICROBUS		Se consideran todos aquellos microbuses, que su capacidad es menor o igual a 14 pasajeros sentados.
	MINIBUS		Son todos aquellos con una capacidad de 15 a 30 pasajeros sentados.
	BUS		Se consideran todos los tipos de buses, para el transporte de pasajeros con una capacidad mayor de 30 personas sentadas.
VEHICULOS DE CARGA	LIVIANO DE CARGA		Se consideran todos aquellos vehículos, cuyo peso máximo es de 4 toneladas o menores a ellas.
	CAMIÓN DE CARGA C2 - C3		Son todos aquellos camiones tipos C2 (2 Ejes) y C3 (3 Ejes), con un peso mayor de 5 toneladas. También se incluyen las furgonetas de carga liviana.
	CAMIÓN DE CARGA PESADA Tr-Sx<=4		Camiones de Carga Pesada, son vehículos diseñados para el transporte de mercancía liviana y pesada y son del tipo Tr-Sx<=4.
	Tr-Sx<=5		Este tipo de camiones son considerados combinaciones Tractor Camión y semi Remolque, que sea igual o mayor que 5 ejes.
	Cx-Rx<=4		Camión Combinado, son combinaciones camión remolque que sea menor o igual a 4 ejes y están clasificados como Cx-Rx<=4
	Cx-Rx<=5		Son combinaciones iguales que las anteriores pero iguales o mayores cantidades a 5 ejes.
EQUIPO PESADO	VEHICULOS AGRICOLAS		Son vehículos provistos con llantas especiales de hule, de gran tamaño. Muchos de estos vehículos poseen arados u otros tipos de equipos, con los cuales realizar las actividades agrícolas. Existen de diferentes tipos (Tractores - Arados - Cosechadoras)
	VEHICULOS DE CONSTRUCCIÓN		Generalmente estos tipos de vehículos se utilizan en la construcción de obras civiles. Pueden ser de diferentes tipos, Motoniveladoras, retroexcavadoras, Recuperador de Caminos/Mezclador, Pavimentadora de Asfalto, Tractor de Cadenas, Cargador de Ruedas y Compactadoras.
OTROS	REMOLQUES Y/O TRAILERS		Se incluye remolques o trailers pequeños halados por cualquier clase de vehículo automotor, también se incluyen los halados por tracción animal (Bovomantes).

Fuente: Anuario de Aforos de tráfico 2011.

Tabla II Estación de mayor cobertura o permanente 401: Masaya - Granada.
 Conteos realizados en el mes de octubre 2020, conteo 3.

CONTEO 3

Camino: NIC-4	Estación: 401	Tramo: Masaya - Granada						Periodo S	Días: 7	Horas:	Mes/Año				octubre 2020		Km: 39+000		
Grupos	Motos	Vehículos de Pasajeros						Vehículos de Carga						Equipo Pesado			Total		
		Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.		Otros	
					<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.		<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.	>=5 e.					
	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	18	19	21		
TP(D)	2254	2952	561	1478	494	249	170	573	173	55	0	69			0		5	9034	
Factor Dia	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-	
Factor Semana	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-	
Fac. Temporada	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-	
TPDA Sept - Dic	2254	2952	561	1478	494	249	170	573	173	55	0	69			0		5	9034	
% TPDA	24,95	32,68	6,21	16,36	5,47	2,76	1,88	6,34	1,92	0,61	0,00	0,76			0,00		0,06	100,0	
% Veh. Livianos	88,42						% Veh. Pesados			11,52						0,06			100,0

Fuente: Anuario de aforos de Tráfico 2020.

Tabla III. Estación de corta duración o Sumaria: 301: Empalme El Guayacan - Matagalpa.
Asociada a la estación de mayor cobertura 401.

Camino: Nic-3	Estación: 301	Tramo: Emp. El Guayacan - Matagalpa						Período L	Días: 3	Horas: Mes/Año junio 2020						Km: 124,700		
Grupos	Motos	Vehículos de Pasajeros						Vehículos de Carga						Equipo Pesado			Total	
		Autos	Jeep	Cam.	McBus <15 s.	MnBus 15-30 s.	Bus 30+ s.	Liv. 2-5 t.	C2 5+ t.	C3	Tx-Sx <=4 e.	Tx-Sx >=5 e.	Cx-Rx <=4 e.	Cx-Rx >=5 e.	V.A.	V.C.		Otros
	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	18	19	21	
TP(D)	2107	979	320	1662	144	14	293	476	294	89		80			1	2	7	6468
Factor Día	1,32	1,35	1,24	1,30	1,35	1,30	1,27	1,26	1,45	1,35	1,00	1,35	2,00	1,00	1,00	1,00	1,20	
Factor Semana	0,96	1,04	1,08	0,98	0,91	0,97	0,97	0,90	0,88	0,83	1,00	0,86	1,00	1,00	1,00	1,00	0,89	
Factor Ajuste	1,04	0,98	1,01	1,00	0,98	1,00	1,03	0,99	1,03	1,02	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,08	
TPDA May-Ago	2768	1358	432	2105	171	18	370	530	385	102		92			1	2	8	8342
% TPDA	33,18	16,28	5,18	25,23	2,05	0,22	4,44	6,35	4,62	1,22		1,10			0,01	0,02	0,10	100,00
% Vehiculos Livianos		82,14%						% Vehiculos Pesados						17,77%			0,10%	100,00%

Fuente: Anuario de aforos de Tráfico 2020.

Tabla IV Resultados de Conteo y Clasificación Vehicular en la Estación de Control (12 hrs).

Estación: Intersección el Mayoreo													
Día	Vehículos Livianos				Vehículos de Pasajeros			Veh. Pesados de Carga		Veh. Pesados		Otros	Total (vpd)
	Motos	Autos	Jeep	Camioneta	McBus -15s	MnBus 15-30s	Bus +30s	C2	C3	Veh. Const.	Veh. Agric		
Lunes	4,311	16,593	413	11,546	67	312	2,536	1,002	1,086	0	0	0	37,866
Martes	3,021	18,906	217	9,315	125	617	2,163	814	1,252	2	0	0	36,432
Miércoles	4,512	13,710	156	14,563	213	514	1,988	818	1,622	0	0	0	38,096
Jueves	4,798	20,092	98	8,524	252	564	1,696	1,005	1,005	0	0	0	38,034
Viernes	4,021	16,182	418	12,415	315	612	2,013	917	1,404	0	0	0	38,297
Total	20,663	85,483	1,302	56,363	972	2,619	10,396	4,556	6,369	0	0	0	188,723
TPD (vpd) 12 hrs	4,133	17,097	260	11,273	194	524	2,079	911	1,274	0	0	0	37,745
Porc. por Tipo de Vehículo	10.9	45.3	0.7	29.9	0.5	1.4	5.5	2.4	3.4	0.0	0.0	0.0	100.0
% Veh. Liv 88.70%							% Veh. Pes. 11.30%						

Fuente: Aforo realizado por el autor.

Tabla V Estimación de la Tasa de Crecimiento

Indicadores Macroeconómicos y Población									
Parámetro	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	TASA CRECIM. PROM.
PIB a precios constantes (tasa de crecimiento)	4.20	5.30	2.90	2.80	3.30	5.70	5.00	4.60	1.84
Valor bruto de producción: Obras de ingeniería civil (millones de córdobas 2006)	3,191.20	3,428.30	3,737.30	3,837.50	3,324.40	3,272.90	3,803.90	4,175.20	1.90
Compra de Bienes y Servicios Alcaldía de Managua (millones de córdobas 1994)	105.90	100.10	153.80	221.80	270.00	338.40	405.80	227.97	1.17
Población de Managua	879,721.00	-	973,087.00	-	1,374,025	-	-	1,480,270	1.93
Tasa de Crecimiento a Considerar									1.71

Fuente: Anuario de Estadísticas Económicas. Banco Central de Nicaragua 2008. Instituto Nicaragüense Estadísticas y Censos.

ANEXOS B - ESTUDIOS GEOTECNICOS

Tabla VI Clasificación de los suelos según la AASHTO

Clasificación General		Materiales Granulares que el 35% o menos del total pasa el tamiz N° 200							Materiales Limo – Arcillosos más del 35% del total pasa el tamiz N°200				
Clasificación de Grupo		A - 1		A - 3	A - 2				A - 4	A - 5	A - 6	A - 7	
		A - 1 - a	A - 1 - b		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7				A - 7 - 5	A - 7 - 6
% Que Pasa Tamiz N°	10	50 máx.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	40	30 máx.	50 máx.	51 mín.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Límites de Atterberg	Límite	-	-	-	40 máx.	41 máx.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	41 mín.
	Líquido (LL)												
	Índice	6 máx.	6 máx.	N.P.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	11 mín.
	Plástico (IP)												
Índice de Grupo		0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.	20 máx.
Características del Material		Fragmentos de		Arena Fina	Limo Arcilloso, Gravilla y Arena				Suelo Limoso		Suelo Arcilloso		
		Grava, Arena y Piedra											
Calificación		Excelente a Bueno							Regular a Malo				

Fuente: Manual Para la Revisión de Diseños de Pavimentos. MTI. Página 50.

Tabla VII Resultados de Ensayes de suelos, Barrio Jorge Salazar
Sondeos Manuales

Estación	Desviación (m)	Sondeo No.	Muestra No.	Profundidad (cm)	GRANULOMETRIA										Límite %		Clasificación H.R.B.	C.B.R. a Compact.		
					3"	2"	1½"	1"	¾"	3/8"	4	10	40	200	LL	IP			90%	95%
Barrio Jorge Salazar																				
	Der.	1	1	0-150			100	98	96	88	77	56	37	23	34	6	A-1-b(0)			
	lq.	2	2	0-13				100	95	83	73	64	46	29	34	6	A-1-b(0)			
			3	13-55							100	96	89	83	60	21	A-7-6(16)			
			4	55-130							100	92	71	55	53	10	A-5(2)			
			5	130-150							100	91	56	33	42	5	A-2-5(0)			
	Der.	3	6	0-10		100	91	82	69	57	29	24	14	5	-	NP	A-1-a(0)			
			7	10-65				100	99	95	85	74	55	42	39	10	A-4(1)	7	11	16
			8	65-150							100	85	62	44	46	10	A-5(2)	5	9	13
	lq.	4	2	0-15				100	95	83	73	64	46	29	34	6	A-1-b(0)			
			7	15-60				100	99	95	85	74	55	42	39	10	A-4(1)			
			8	60-140							100	85	62	44	46	10	A-5(2)			
			5	140-150							100	91	56	33	42	5	A-2-5(6)			
	Der.	5	2	0-25				100	95	83	73	64	46	29	34	6	A-1-b(0)			
			9	25-150	100	90	81	79	78	72	63	57	41	24	35	7	A-2-4(0)			

Fuente: Ingeniería Mecánica de Suelos S.A

Diseño Geométrico Vial y Diseño de Red de Alcantarillado Sanitario en Barrios Jorge Salazar y Anexo Concepción de María

Tabla VIII Resultados de Ensayes de suelos, Barrio Anexo Concepción de María
Sondeos Manuales

Estación	Desviación (m)	Sondeo No.	Muestra No.	Profundidad (cm)	GRANULOMETRIA										Límite %		Clasificación H.R.B.	C.B.R. a Compact.		
					3"	2"	1 ½"	1"	¾"	3/8"	4	10	40	200	LL	IP			90%	95%
Anexo Concepción de María																				
	lzq.	6	6	0-30		100	91	82	69	57	29	24	14	5	-	NP	A-1-a(0)			
			7	30-63				100	99	95	85	74	55	42	39	10	A-4(1)			
			8	63-150							100	85	62	44	46	10	A-5(2)			
	LC	7	6	0-25		100	91	82	69	57	29	24	14	5	-	NP	A-1-a(0)			
			10	25-50				100	98	89	77	63	39	17	-	NP	A-1-b(0)			
			11	50-85	100	96	96	93	90	77	59	44	23	7	-	NP	A-1-a(0)			
			12	85-150	100	95	92	88	85	72	56	52	42	31	41	12	A-2-7(0)			
	lzq.	8	13	0-70					100	99	93	91	87	81	51	13	A-7-6(11)	2	3	4
			14	70-150							100	96	83	69	59	20	A-7-6(14)	1	2	3
	lzq.	9	13	0-40					100	99	93	91	87	81	51	13	A-7-6(11)			
			14	40-150							100	96	83	69	59	20	A-7-6(14)			
	Der.	10	13	0-40					100	99	93	91	87	81	51	13	A-7-6(11)			
			15	40-150			100	97	94	75	60	40	23	13	-	NP	A-1-a(0)			

Fuente: Ingeniería Mecánica de Suelos S.A

Tabla IX Informe de pruebas de C.B.R saturado para la muestra N° 7

Análisis Granulometrico del Material								
% Que pasa Tamiz						L.L	I.P	Clasificacion H.B.R
3/4	3/8	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200			
99	95	85	74	55	42	39	10	A - 4 (1)
Pruebas Proctor Estandart								
Peso Volumetrico Seco Maximo			1462 Kg/m³					
Humedad Hoptima			21.50%					
Pruebas C.B.R. Saturado								
Método de Compactación			Dinámica					
% de Compactación			90	95	100			
Peso Volumétrico Seco (Kg/m³)			1316	1389	1462			
C.B.R. Saturado			7	11	16			
% Hinchamiento			0.21	0.17	0.14			
Tiempo de Saturación (Hrs)			96	96	96			

Fuente: Ingeniería Mecánica de Suelos S.A

Tabla X Informe de pruebas de C.B.R saturado para la muestra N° 8

Análisis Granulometrico del Material								
% Que pasa Tamiz						L.L	I.P	Clasificacion H.B.R
3/4	3/8	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200			
		100	85	62	44	46	10	A - 5 (2)
Pruebas Proctor Estandart								
Peso Volumetrico Seco Maximo			1144 Kg/m³					
Humedad Hoptima			30.60%					
Pruebas C.B.R. Saturado								
Método de Compactación			Dinámica					
% de Compactación			90	95	100			
Peso Volumétrico Seco (Kg/m³)			1030	1087	1144			
C.B.R. Saturado			5	9	13			
% Hinchamiento			0.24	0.20	0.16			
Tiempo de Saturación (Hrs)			96	96	96			

Fuente: Ingeniería Mecánica de Suelos S.A

Tabla XI Informe de pruebas de C.B.R saturado para la muestra N° 13

Análisis Granulometrico del Material								
% Que pasa Tamiz						L.L	I.P	Clasificacion H.B.R
3/4	3/8	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200			
100	99	93	91	87	81	51	13	A - 2 - 7 (11)
Pruebas Proctor Estandart								
Peso Volumetrico Seco Maximo			1220 Kg/m³					
Humedad Hoptima			37.30%					
Pruebas C.B.R. Saturado								
Método de Compactación		Dinámica						
% de Compactación		90	95	100				
Peso Volumétrico Seco (Kg/m³)		1098	1159	1220				
C.B.R. Saturado		2	3	4				
% Hinchamiento		0.26	0.22	0.19				
Tiempo de Saturación (Hrs)		96	96	96				

Fuente: Ingeniería Mecánica de Suelos S.A

Tabla XII Informe de pruebas de C.B.R saturado para la muestra N° 14

Análisis Granulometrico del Material								
% Que pasa Tamiz						L.L	I.P	Clasificacion H.B.R
3/4	3/8	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200			
		100	96	83	69	59	20	A - 2 - 6 (16)
Pruebas Proctor Estandart								
Peso Volumetrico Seco Maximo			1003 Kg/m³					
Humedad Hoptima			41.10%					
Pruebas C.B.R. Saturado								
Método de Compactación			Dinámica					
% de Compactación			90	95	100			
Peso Volumétrico Seco (Kg/m³)			903	953	1003			
C.B.R. Saturado			1	2	3			
% Hinchamiento			0.27	0.24	0.2			
Tiempo de Saturación (Hrs)			96	96	96			

Fuente: Ingeniería Mecánica de Suelos S.A

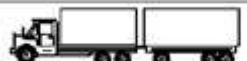
Tabla XIII Informe de pruebas de C.B.R saturado para la muestra de mezcla para Base de Banco de Materiales.

Analisis Granulometrico del Material								
Mezcla de Materiales para Base								
Banco de Hormigon "Pista Suburbana"= 60%								
Banco de Selecto "Los Martinez"= 40%								
% Que pasa Tamiz						L.L	I.P	Clasificacion H.B.R
3/4	3/8	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200			
80	72	57	27	11	5		NP	A - 1 - a (0)
Pruebas Proctor Modificado								
Peso Volumetrico Seco Maximo			1703 Kg/m³					
Humedad Hoptima			10.60%					
Pruebas C.B.R. Saturado								
Método de Compactación			Dinámica					
% de Compactación			90	95	100			
Peso Volumétrico Seco (Kg/m³)			1533	1618	1703			
C.B.R. Saturado			36	58	80			
% Hinchamiento			0.79	0.79	0.63			
Tiempo de Saturación (Hrs)			96	96	96			

Fuente: Ingeniería Mecánica de Suelos S.A

ANEXOS C - DISEÑO DE PAVIMENTO

Tabla XIV Diagrama de cargas y pesos permisibles por tipo de vehículos.

 REPUBLICA DE NICARAGUA MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA DIRECCION GENERAL DE VIALIDAD 								
DIAGRAMA DE CARGAS PERMISIBLES PESOS MAXIMOS PERMISIBLES POR TIPO DE VEHICULOS								
TIPO DE VEHICULOS	ESQUEMAS DE VEHICULOS	PESO MAXIMO AUTORIZADO						Peso Máximo Total (1) Ton - MeL.
		1er. Eje	2do. Eje	3er. Eje	4to. Eje	5to. Eje	6to. Eje	
C2		4.50	9.00					13.50
C3		5.00	16.00					21.00
			8.00	8.00				
C4		5.00	20.00					25.00
			6.67	6.66	6.66			
T2-S1		5.00	9.00	9.00				23.00
T2-S2		5.00	9.00	16.00				30.00
				8.00	8.00			
T2-S3		5.00	9.00	20.00				34.00
				6.67	6.66	6.66		
T3-S1		5.00	16.00		9.00			30.00
			8.00	8.00				
T3-S2		5.00	16.00		16.00			37.00
			8.00	8.00	8.00	8.00		
T3-S3		5.00	16.00		20.00			41.00
			8.00	8.00	6.67	6.66	6.66	
C2-R2		4.50	9.00	4.0 a	4.0 a			21.50
		4.50	9.00	6.5 b	6.5 b			26.50
C3-R2		5.00	16.00		4.0 a	4.0 a		29.00
		5.00	8.00	8.00	6.5 b	6.5 b		34.00
C3-R3		5.00	16.00		4.0 a	5.0 a	5.0 a	35.00
		5.00	8.0 b	8.0 b	6.5 b	5.0 b	5.0 b	37.50

Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura. MTI.

Tabla XV Resumen de Especificaciones para la Colocación de Juntas.

Espesor de Losa (cm)	1	2	3	4
	Espaciamiento entre Juntas (cm)	Profundidad de Corte de Juntas (cm)	Profundidad del material de Sellado (cm)	Ancho del corte para la Junta (cm)
15	360	5.00	1.00	0.50
16	384	5.33	1.07	0.53
17	408	5.67	1.13	0.57
18	432	6.00	1.20	0.60
19	456	6.33	1.27	0.63
20	480	6.67	1.33	0.67
21	504	7.00	1.40	0.70
22	528	7.33	1.47	0.73
23	552	7.67	1.53	0.77
24	576	8.00	1.60	0.80
25	600	8.33	1.67	0.83
26	624	8.67	1.73	0.87
27	648	9.00	1.80	0.90
28	672	9.33	1.87	0.93
29	696	9.67	1.93	0.97
30	720	10.00	2.00	1.00
31	744	10.34	2.07	1.03
32	768	10.67	2.13	1.07
33	792	11.00	2.20	1.10
34	816	11.34	2.27	1.13
35	840	11.67	2.33	1.17
Columna 1	El espaciamiento entre juntas, es 24 veces el espesor de la losa, en centímetros			
Columna 2:	La profundidad de corte de la junta, es 1/3 del espesor de la losa, en centímetros.			
Columna 3:	La profundidad del material sellado, es 1/5 de la profundidad de la junta, en centímetros.			
Columna 4:	El ancho del corte de la junta, es 1/10 de la profundidad de la junta, en centímetros.			

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos. SIECA 2002. Cap.7. Pág. 99.

ANEXOS D - DISEÑO ALCANTARILLADO SANITARIO

Tabla XVI Tubo Parcialmente Lleno (Cuadro de valores de la curva de manning)

t/D	$\cos \alpha/2$	α	A/At	V/Vt	R/Rt	Q/Qt
0.00	1.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.05	0.90	0.902	0.019	0.257	0.130	0.005
0.10	0.80	1.287	0.052	0.401	0.254	0.021
0.15	0.70	1.591	0.094	0.517	0.372	0.049
0.20	0.60	1.855	0.142	0.615	0.482	0.088
0.25	0.50	2.094	0.196	0.701	0.587	0.137
0.30	0.40	2.319	0.252	0.776	0.684	0.196
0.35	0.30	2.532	0.312	0.843	0.774	0.263
0.40	0.20	2.739	0.374	0.902	0.857	0.337
0.45	0.10	2.941	0.436	0.954	0.932	0.417
0.50	0.00	3.142	0.500	1.000	1.000	0.500
0.55	-0.10	3.342	0.564	1.039	1.060	0.586
0.60	-0.20	3.544	0.626	1.072	1.111	0.672
0.65	-0.30	3.751	0.688	1.099	1.153	0.756
0.70	-0.40	3.965	0.748	1.120	1.185	0.837
0.75	-0.50	4.189	0.804	1.133	1.207	0.912
0.80	-0.60	4.429	0.858	1.140	1.217	0.977
0.85	-0.70	4.692	0.906	1.137	1.213	1.030
0.90	-0.80	4.996	0.948	1.124	1.192	1.066
0.95	-0.90	5.381	0.981	1.095	1.146	1.075
1.00	-1.00	6.283	1.000	1.000	1.000	1.000