

INTRODUCCION

1.1- ANTECEDENTES

En los últimos años, instituciones regionales tales como la Gobernación de Tarija y el Gobierno municipal de Tarija representada en las zonas rurales por la sub alcaldía de Cercado, han ejecutado obras de gran impacto en los campos agrícolas, educación, saneamiento básico, pero en el campo vial no se le ha dado la importancia, A consecuencia de esto, los comunarios de San Andrés priorizaron la ejecución del proyecto “DISEÑO FINAL DE INGENERIA DEL PAVIMENTO DE LAS CALLES DE LA COMUNIDAD DE SAN ANDRÉS”, tomando en cuenta cada año se realiza la feria de la papa que es reconocida a nivel nacional.

En la actualidad existe un tramo asfaltado desde la ciudad de Tarija hasta la comunidad de Bella Vista pasando por la calle principal de San Andrés que le hizo el SEDECA hace unos 8 años ya se nota el deterioro del pavimento, que es un tratamiento doble y las demás calles son rípiadas y en tiempo de lluvia se hacen intransitables.

El aporte Académico Teórico Practico como Universidad es de mucha importancia ya que se está pensando en solucionar problemas de la sociedad que es una realidad en comunidades lejanas a la ciudad, aplicando los conocimientos adquiridos en toda la gestión académica; que son impartidas por docentes experimentados en el área de la Información Teórica, Información Científica y la Practica (Construcción Civil).

1.2.-JUSTIFICACION

Con el presente proyecto se pretende brindar un documento técnico, que permita el mejoramiento estructural de las calles de San Andrés, que actualmente no presentan las condiciones mínimas de funcionamiento.

Este proyecto nace como una necesidad básica de la población que consta de 2245 habitantes, siendo esta una zona en desarrollo, productivo y turístico.

Este proyecto nace como necesidad de Diseño estructural para la construcción de las calles que surge como necesidad de desarrollo integral y productivo de los comunarios, mediante la implementación de un mejoramiento estructural en las calles de San Andrés, que corresponda a una de las necesidades básicas de la población, como es la comunicación. La actividad económica principal de la zona se basa en la agricultura, comercio. Gran parte de esta población se traslada diariamente a sus fuentes laborales, de formación, atención integral; por lo que es de mucha importancia contar con las calles adecuadas que cumpla con las condiciones de un buen funcionamiento.

Es una Zona turística muy importante, parte de la campiña tarijeña, por su paisaje natural ríos, arroyos, diferentes festividades religiosas y ferias agrícolas

1.3.-DETERMINACION DEL PROBLEMA

El problema que se presenta es a causa del deterioro de las calles ripiadas que en tiempo de lluvia se hacen intransitables, esto hace que los vecinos no puedan transitar por las mismas.

Con la realización del proyecto se resolverá la intransitabilidad que existe en más de 2,5 kilómetros aproximadamente. Así se mejorara las calles existentes.

En consecuencia, el presente documento está referido al “DISEÑO FINAL DE INGENIERIA DEL PAVIMENTO DE LAS CALLES DE LA COMUNIDAD DE SAN ANDRÉS”

Al problema que origina el planteamiento del proyecto es prioritario darle solución, para así incentivar el crecimiento y mejorar la vida de la población beneficiada.

Este estudio vendrá a satisfacer las actuales necesidades con la que cuenta la población de San Andrés, mediante la construcción de estas calles.

1.4.-OBJETIVOS

1.4.1.-OBJETIVO GENERAL.

El objetivo es la determinación de los espesores de la estructura del pavimento para la calles de la comunidad de San Andrés, mediante los métodos de diseño conocidos, desde los puntos de vista técnico

1.4.2.- OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Diseñar 2,5 Km de calles
- Identificar y determinar las características técnicas, y estructurales analizadas desde el punto de vista técnico.
- Realizar el levantamiento topográfico a lo largo del eje preliminar con el fin de obtener las coordenadas y elevaciones del terreno y por ende las curvas del nivel.
- Hacer ensayos de Clasificación de Suelos, compactación, C.B.R. siendo una variable necesaria para realizar el diseño del Pavimento Flexible.
- Realizar el diseño, estructural, cálculos métricos, precios unitarios presupuesto general de la obra, y el cronograma de actividades de los diferentes ítem del proyecto
- Establecer las especificaciones técnicas de cada uno de los ítems que compone la carretera.

1.5.- ALCANCE DEL PROYECTO.

El estudio de este proyecto contemplara todas las calles dentro de la mancha urbana de la Comunidad de San Andrés que es de 2.5 Km.

Se hará un reconocimiento de campo para cada una de las alternativas, para tener una información más precisa sobre el tipo de suelo, pendientes, número de obras de arte, etc., con los cuales se hará una evaluación de alternativas y se elegirá la más óptima tanto técnica como económicamente.

En el Capítulo I. Introducción, se realizara una Introducción del proyecto, Antecedentes, determinación del problema, Justificación y Objetivos Generales, Específicos del proyecto.

En el Capítulo II. Aspectos generales del proyecto, este capítulo es netamente teórico, consta de conceptos también de algunas características que se podrían tener, procedimiento realizado para obtener las variables en estudio.

En el capítulo III.- Ingeniería del proyecto.-en este capítulo es de aplicación práctica y teórica

ESTUDIO:

Topografía, se elaborara un conjunto de tareas de topografía que deben comprender los levantamientos topográficos a lo largo de las Calles en estudio, estacando el eje central de las calles cada 20 mts en tangentes, 10 mts en curvas y/o distancias menores donde así se requiera, esto en razón a la topografía plana predominante; estos puntos serán nivelados y contra nivelados según normas, con sus correspondientes secciones transversales. Para realizar esta actividad se utilizara estación total.

Los planos de planta, perfil longitudinal y las secciones transversales serán obtenidos con los datos extraídos con la estación total.

Geotecnia, se hará un muestreo de suelos a lo largo de las calles con pequeñas excavaciones tratando que éstas reflejen las características del terreno, para posteriormente realizar ensayos de laboratorio (granulometría, Clasificación de suelo, Compactación, CBR) para determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo

Se ejecutan sondeos manuales a lo largo de las calles con un mínimo de 1 sondeos por cada 0.5 kilómetros y 0.8 metros de profundidad, alternados a uno y otro lado del eje de las Calles (línea central).

A las muestras tomadas en los sondeos manuales se les determina por apreciación visual, en base de la experiencia, la clasificación de los estratos que conforman la estructura de las calles, así como también su granulometría.

Se realizaran 4 ensayos: Límites Atterberg o Plasticidad, Granulometría Compactación y C. B. R., los cuales son de mucha importancia para el diseño de la carpeta de rodadura. Estos ensayos se realizaran en el Laboratorio de Suelos de la Carrera de Ingeniería Civil.

DISEÑO:

Carpeta de Rodadura, Se efectuara el diseño estructural estableciendo el dimensionamiento de los espesores de las capas que conformaran la estructura de soporte para pavimento flexible, aplicando el método AASHTO, índice de Grupo, CBR y se diseñara con el mejor método tomando en cuenta el aspecto técnico y económico

Cómputos métricos.- Se hará cómputos métricos, análisis de precios unitarios, presupuesto general de la obra y el tiempo de duración del proyecto.

En el Capítulo IV.- Conclusiones y Recomendaciones, se tendrán las conclusiones y recomendaciones que se puedan obtener en el proceso de estudio y diseño, los problemas y restricciones que se obtengan durante todo el proceso del proyecto serán colocados para que se tenga más cuidado y/o los beneficios que traerán este proyecto.

2.1.-ESTUDIO TOPOGRÁFICO.-

2.1.1.-RECONOCIMIENTO.-

Llamado reconocimiento o exploración es el examen general del terreno caracterizado por el relieve y del área de estudio a través del cual se propone elegir la ruta.

El reconocimiento de las calles, consistirá en definir la mejor faja de terreno en la cual se desarrollará el trazado del eje de la vía siendo esta la primera etapa tanto en el planeamiento como en la construcción de carreteras, estableciendo puntos obligados en el cual se distinguen dos, los puntos *topográficos o técnicos* y *los políticos o sociales*

2.1.2.-ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS.-

EL análisis de alternativas consiste en escoger la línea más adecuada, se proyectan utilizando mapas o planos levantados.

En general, y desde el punto de vista topográfico exclusivamente, estos estudios se adelantan teniendo en cuenta limitaciones: la pendiente (máxima y mínima) permisible y el paso por los puntos obligados, que son puntos impuestos por la destinación del proyecto o bien por las condiciones mismas del terreno.

En el proyecto se tiene una sola alternativa de diseño ya que las calles son existentes

2.1.3.-POLIGONAL DE ESTUDIO.-

La poligonal de estudio de este proyecto se limita solo a las calles actuales por consecuencia se tendrá una sola faja de terreno, con la ayuda del croquis obtenido en el reconocimiento se localizaron puntos específicos que ayudarán a tener una mejor visualización cuando se realice el levantamiento definitivo.

En consecuencia, se tendrá un levantamiento definitivo eficiente y rápido de los puntos que se marcaron en el croquis pudiendo estos aumentar o disminuir.

2.1.4.-LEVANTAMIENTO DEFINITIVO.-

Los instrumentos utilizados en el levantamiento se mencionan a continuación:

- Estación total Sokkia Set 610y sus componentes
- GPS (navegador Exporist -214 Magellan)
- Brújula
- Material complementario (cinta métrica, libreta de anotaciones, clavos, estacas, pintura y pincel)

2.2.-ESTUDIOS DE SUELOS.-

El estudio de suelos y materiales del proyecto, pretende la investigación y determinación de la ubicación, calidad y las características físico - mecánicas de los materiales que conforman tanto la subrasante como los yacimientos, bancos de préstamo o canteras y su uso en los diferentes elementos estructurales como ser terraplenes, subrasante, subbase, base o como agregados para el pavimento bituminoso y actividades complementarias como hormigones, garantizando que estos materiales sean los más adecuados para cada una de las obras que intervengan en la ejecución de la vía.

La toma de muestra de suelos se realizara en las intercesiones de las calles del Pueblo de San Andrés, con la finalidad de realizar los diferentes ensayos de laboratorio, para determinar sus características y su clasificación mediante métodos de laboratorio.

2.2.1.-MUESTREO DEL SUELO.-

Para obtener las muestras de suelo se procedió a la perforación de hoyos con una profundidad de 50 cm. para conseguir muestras que representen las características y propiedades actuales del terreno.

Las muestras fueron extraídas en cada intersección de las calles, una vez obtenidas se colocaron en bolsas plásticas, conservando así su humedad natural

2.2.2.-GRANULOMETRÍA.-

La granulometría determina cuantitativamente la distribución de los diferentes tamaños de partículas de suelo. La interpretación de la granulometría es necesaria para identificar el tipo de suelo y establecer su clasificación dentro de uno de los sistemas de clasificación convencionales.

Tamaño de las partículas:

- Gravas → > 2mm
- Arenas → 0.06 – 2mm
- Limos → 0.002 – 0.06mm
- Arcillas → < 0.002mm

La granulometría de las diferentes muestras fue realizada mediante el procedimiento del tamizado manual (ASTM D422 –AASHTO T88), los tamices empleados para el ensayo son: 2", 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4, N°10, N°40, N°200.

2.2.3.-LÍMITES DE ATTERBERG O PLASTICIDAD.-

Los límites de Atterberg se obtuvieron utilizando una pequeña proporción de suelo que pasa el tamiz N° 40, de esta manera bajo ciertos procedimientos se conoce el límite líquido (ASTM D4318-AASHTO T89) y el límite plástico (ASTM D4318-AASHTO T90).

A partir de los límites de Atterberg y debido a su importancia se obtuvo el índice de plasticidad (I_p) que no es sino el valor numérico de la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico

$$I_p = LL - LP \quad \text{Ec. 2.1}$$

Dónde:

LL: Límite líquido

LP: Límite plástico

Cuando el Límite Plástico no pueda ser determinado o cuando sea igual o mayor que el Límite Líquido se indicará el índice plástico como NP (No Plástico).

2.2.4.-CLASIFICACIÓN DE SUELOS.-

En la actualidad los sistemas más utilizados para la clasificación de los suelos, en estudios para diseño de pavimentos de carretera son el de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y el Unified Soil Clasificación System, conocido como Sistema Unificado de clasificación de suelos (S. U. C. S).

2.2.4.1.- CLASIFICACION AASTHO

La clasificación de las muestras obtenidas de los diferentes puntos a lo largo del camino se la realizo por separado bajo la tabla de clasificación de la AASTHO, en la función a la granulometría, limite líquido y al índice de plasticidad dando como resultado lo siguiente:

$$IG = (P - 35) * [0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F - 15) * (IP - 10) \quad Ec: 2.2$$

Dónde:

F = % Pasante N° 200 (Numero entero).

Si: IG = Es negativo reportar = 0.

IG → Siempre es número entero.

El índice de grupo es útil para determinar la calidad relativa del suelo como material de construcción.

Cuadro 1: de clasificación método ASSTHO

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa el tamiz #200)							Materiales limoarcillosos (más de 35% pasa el tamiz #200)			
	A-1		A-3 ^A	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
Clasificación de grupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Tamizado, % que pasa											
No. 10 (2.00mm)	50 máx.	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
No. 40 (425µm)	30 máx.	50 máx.	51 mín.	...	...	...	...	...	...	...	...
No. 200 (75µm)	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Consistencia											
Límite líquido	...		...	B				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.		N.P.	B				10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín. ^B
Tipos de materiales característicos	Cantos, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limoarcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Calificación	Excelente a bueno							Regular a malo			

2.2.4.2.- CLASIFICACION SUCS

La clasificación se realizó en base a la tabla que este método. Se basa en la granulometría, Límite Líquido y el índice de Plasticidad del suelo.

2.2.5.-COMPACTACIÓN.-

La compactación es un proceso mecánico por el cual se busca mejorar las características de resistencia, comprensibilidad y esfuerzo-deformación de los mismos; por lo general el proceso implica una reducción más o menos rápida de los vacíos.

La compactación realizada a las diferentes muestras bajo el método del ASSHO T-99 consiste en la determinación de la densidad máxima seca de las muestra bajo cierto contenido de humedad, obteniéndose así diferentes tipos de densidades en función al tipo de suelo.

El peso del suelo seco es obtenido a través de la siguiente ecuación:

$$W_{SS} = \frac{W_{SH}}{(100 + W)} * 100 \quad Ec: 2.3$$

Donde:

$W_{SS} = \text{Peso del suelo seco (Kg)}$

$W_{SH} = \text{Peso del suelo humedo (Kg)}$

$W = \text{Contenido de humedad (\%)}$

Densidad del suelo seco:

$$\gamma_D = \frac{W_{SS}}{V} \quad \text{Ec: 2.4}$$

$\gamma_D = \text{Densidad del suelo seco (kg/cm}^3\text{)}$

$W_{SS} = \text{Peso de suelo seco (kg)}$

$V = \text{Volumen de la muestra (cm}^3\text{)}$

2.2.6.- RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR).-

Relación de Soporte California (ASTM D1883 AASHTO T-193) para realizar este ensayo en el laboratorio se utiliza como complemento la compactación T-99, realizando así tres ensayos de CBR con una humedad óptima pero bajo diferentes número de golpes correspondiendo a 12, 25, 56 golpes para posteriormente sumergirlo en agua durante 4 días obteniendo su expansión, se hace correr los CBR lecturando el extensómetro que lee la deformación del anillo para diferentes penetraciones siendo las más importantes 0,1” y 0,2” para cada tipo de suelo que pertenecen a la subrasante y a los materiales de banco (*rio Sola*).

El CBR que se considerará en este proyecto para el diseño del paquete estructural será el 95 % de la densidad máxima al que le corresponderá cierto valor CBR.

Ecuación del anillo de 6000 lb de capacidad usada en el laboratorio de suelos **U.A.J.M.S.**

$$y = 7,33 \cdot x + 25,1 \quad \text{Ec. 2.5}$$

Dónde:

$y = \text{Carga de ensayo (lb)}$

x= Deformación (mm)

$$q = 0,07031 \cdot \frac{y}{A} \quad \text{Ec. 2.6}$$

Dónde:

q= Esfuerzo de ensayo (kg/cm²)

y= Carga de ensayo o ecuación del anillo (lb)

A=Área del pistón 3 pulg² (cm²)

$$CBR_{0,1} = \frac{q}{70,31} \cdot 100 \quad \text{Ec. 2.7}$$

$$CBR_{0,2} = \frac{q}{105,4} \cdot 100 \quad \text{Ec. 2.8}$$

Dónde:

CBR_{0,1}: Relación de soporte california para 0,1” de penetración (%)

CBR_{0,2}: Relación de soporte california para 0,2” de penetración (%)

q: Esfuerzo de ensayo (kg/cm²)

$$exp = \frac{|Lf - Li|}{h} \cdot 100 \quad \text{Ec. 2.9}$$

Dónde:

exp: expansión (%)

Lf= Lectura final (mm)

Li= Lectura inicial (mm)

h=altura del espécimen (mm)

2.3.-ESTUDIO DE TRÁFICO.-

Para diseñar una carretera es necesario predecir el número de vehículos para un período de diseño; parámetro que servirá para determinar el espesor de las diferentes capas que componen el pavimento flexible.

La información sobre el tráfico inicial puede obtenerse mediante medidas directas en el campo, datos estadísticos o medidas en alguna carretera con características de tránsito parecidas a las del proyecto.

Los cálculos para pronosticar el tránsito futuro, dan la pauta sobre la cual se pueden elaborar proyectos económicamente seguros, así como proporcionar la base para proyectos que satisfagan las demandas del tránsito.

Trafico promedio diario (tpd)

El Tráfico Promedio Diario es el promedio aritmético de los volúmenes diarios que circulan durante un año, el mismo es un factor importante porque proporciona una idea del volumen global de la demanda, tanto para el año de habilitación del proyecto como para los años futuros.

Trafico normal

Es el tráfico obtenido mediante los aforos realizados antes del estudio, el mismo que es el promedio volumétrico diario, llamado también TPD. El mismo se encuentra en la parte de anexos.

Tráfico generado

Este tráfico se presenta inmediatamente después que se descubre las condiciones favorables que ofrece el camino nuevo o mejorado, atribuyéndole la facilidad al acceso, conveniencia, atracción en algunos casos ahorro de tiempo de viaje. En el presente proyecto de se asume el valor de 5% del tráfico normal.

Clasificación en Función a sus Características Geométricas.

- Livianos
- Mediados
- Pesados

Clasificación por el uso que Prestan.

- **Públicos.-** Son los vehículos de uso masivo, como ser taxis, trufis, autobús.
- **Privado.-** Son de carácter exclusivo de usuarios privados automóviles, camionetas.

2.3.1.- VOLUMEN DE TRÁFICO.-

- a) **PROYECCIÓN DEL TRÁFICO.-**La proyección de tráfico de un sistema de transporte se puede estimar con anticipación bajo ciertas hipótesis la magnitud del tráfico durante un período determinado que considera dos aspectos importantes técnicos y económicos.

Crecimiento geométrico:

$$V_n = \left(V_o + \frac{i}{100} \right)^n \quad Ec. 2.10$$

Dónde:

Vn: Volumen futuro (Veh/dia)

Vo: Volumen inicial (Veh/dia)

i: Tasa de crecimiento del parque automotor (%)

n: Período de diseño (años)

Se realizará la predicción del tráfico futuro bajo la tasa de crecimiento del parque automotor de la ciudad de Tarija tomando en cuenta los diferentes tipos de tránsito.

- b) **TRAFICO ACTUAL.-** Es el volumen de tráfico que normalmente circula por la vía antes de su refacción.

- c) **TRAFICO DESVIADO O INDUCIDO.-** Es la parte del volumen de tráfico que circulaba antes por otra carretera y cambia su itinerario para pasar por la que se construye o se mejora.

Para generar este tráfico será en base al método gravitacional.

d) TRAFICO GENERADO.- Es el volumen de tráfico que se origina por la construcción o mejoramiento de la carretera y por el desarrollo de la zona por donde cruza.

Para conocer el tránsito inducido se realiza una encuesta Origen – Destino a conductores de vehículos.

$$T_{1-2} = T_1 \left(\frac{\frac{M_2}{D^{x_{1-2}}}}{\frac{M_2}{D^{x_{1-2}}} + \frac{M_3}{D^{x_{1-3}}} + \dots + \frac{M_n}{D^{x_{1-n}}}} \right) \quad Ec. 2.11$$

Dónde:

T_{1-2} : Numero de viajes (viajes)

T_1 : Numero de viajes (viajes)

M_1 : Área de la zona 1 (m^2)

M_2 : Área de la zona 2 (m^2)

$D^{x_{1-2}}$: Tiempo de viaje a la zona 2 (min)

$D^{x_{1-3}}$: Tiempo de viaje a la zona 1 (min)

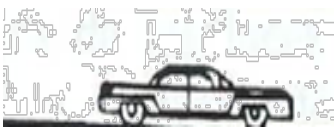
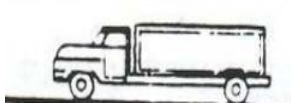
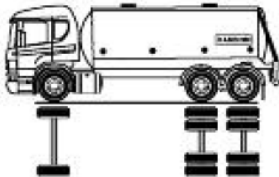
$D^{x_{1-n}}$: Tiempo de viaje a la zona n (min)

x: exponente empírico asumido 2

2.3.2.-CARGAS DEL PROYECTO.-

Las cargas de proyecto son de vital importancia para el diseño de pavimentos, que están expresados en el cálculo de los ejes equivalentes es de esta manera, las cargas que se estiman según el servicio nacional de caminos son:

Cuadro 2: Cargas tipo

VEHICULO TIPO				
VEHICULO LIVIANO				
	Longitud (m)	Peso max. (tn)	Peso por eje	
			Delantero	Trasero
	3,35	0,9	0,45	0,45
	Servicio Nacional de Caminos			
	Longitud	Peso max.	Delantero	Trasero
	3,35	0,9	0,45	0,45
VEHICULO MEDIANO				
	Longitud (m)	Peso max. (tn)	Peso por eje	
			Delantero	Trasero
	5,5	2	1,00	1,00
	Servicio Nacional de Caminos			
	Longitud	Peso max.	Delantero	Trasero
	5,5	2	1	1
VEHICULO PESADO (1RS-2RD)				
	Longitud (m)	Peso max. (tn)	Peso por eje	
			Delantero	Trasero
	10	20	4	16
	Servicio Nacional de Caminos			
	Longitud	Peso max.	Delantero	Trasero
	12,25	25	7	18

Fuente: Servicio Nacional de Caminos

2.3.3.-CÁLCULO DE EJES EQUIVALENTES.-

El flujo vehicular que circula de en el Pueblo de San Andrés se clasifican en livianos, medianos, pesados, debido al daño que producen los vehículos de diferentes pesos al pavimento, el cálculo de ejes equivalentes denominado ESALs (Equivalent Simple Axial Load),

Este parámetro de diseño denominado ESALs es de vital importancia en el método propuesto por la AASHTO de diseño de pavimentos.

Cuadro 3: Factor equivalente de carga

Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes tándem, Pt =

Carga p/eje (kips)	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002
6	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
8	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002
10	0.007	0.008	0.008	0.007	0.006	0.006
12	0.013	0.016	0.016	0.014	0.013	0.012
14	0.024	0.029	0.029	0.026	0.024	0.023
16	0.041	0.048	0.050	0.046	0.042	0.040
18	0.068	0.077	0.081	0.076	0.069	0.066
20	0.103	0.117	0.124	0.117	0.109	0.106
22	0.156	0.171	0.183	0.174	0.164	0.158
24	0.227	0.244	0.260	0.252	0.239	0.231
26	0.322	0.340	0.360	0.353	0.339	0.329
28	0.447	0.466	0.487	0.481	0.466	0.456
30	0.607	0.623	0.646	0.643	0.627	0.617
32	0.810	0.823	0.843	0.842	0.829	0.819
34	1.06	1.07	1.08	1.08	1.08	1.07
36	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
38	1.78	1.75	1.73	1.72	1.73	1.74
40	2.22	2.19	2.15	2.13	2.16	2.18
42	2.77	2.73	2.64	2.62	2.66	2.70
44	3.42	3.36	3.23	3.18	3.24	3.31
46	4.20	4.11	3.92	3.83	3.91	4.02
48	5.10	4.98	4.72	4.68	4.68	4.83
50	6.15	5.99	5.64	5.44	5.56	5.77
52	7.37	7.16	6.71	6.43	6.56	6.83
54	8.77	8.51	7.93	7.55	7.69	8.03
56	10.4	10.1	9.3	8.8	9.0	9.4
58	12.2	11.8	10.9	10.3	10.4	10.9
60	14.3	13.8	12.7	11.9	12.0	12.6
62	16.8	16.0	14.7	13.7	13.8	14.5
64	19.3	18.6	17.0	15.8	15.8	16.6
66	22.2	21.4	19.6	18.0	18.0	18.9
68	25.5	24.6	22.4	20.6	20.5	21.5
70	29.2	28.1	25.6	23.4	23.2	24.3
72	33.3	32.0	29.1	26.5	26.2	27.4
74	37.8	36.4	33.0	30.0	29.4	30.8
76	42.8	41.2	37.3	33.8	33.1	34.5
78	48.4	46.5	42.0	38.0	37.0	38.6
80	54.4	52.3	47.2	42.5	41.3	43.0
82	61.1	58.7	52.9	47.6	46.0	47.8
84	68.4	65.7	59.2	53.0	51.2	53.0
86	76.3	73.3	66.0	59.0	56.8	58.6
88	85.0	81.6	73.4	65.5	62.8	64.7
90	94.4	90.6	81.5	72.6	69.4	71.3

Cuadro 4: Factor de crecimiento de tránsito

Factores de crecimiento de tránsito

Período de análisis (años)	Factor sin Crecimiento	Tasa de crecimiento anual (g) (en %)						
		2	4	5	6	7	8	10
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	2.0	2.02	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.0	3.06	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.0	4.12	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.0	5.20	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.0	6.31	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.0	7.43	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.0	8.58	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.0	9.75	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.0	10.95	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.0	12.17	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.0	13.41	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.0	14.68	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.0	15.97	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.0	17.29	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.0	18.64	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.0	20.01	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18.0	21.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.0	22.84	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.0	24.30	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28
25	25.0	32.03	41.65	47.73	54.86	63.25	73.11	98.35
30	30.0	40.57	56.08	66.44	79.06	94.46	113.28	164.49
35	35.0	49.99	73.65	90.32	111.43	138.24	172.32	271.02

Tabla D-20 AASHTO Guía para el diseño de estructuras de pavimento, 1.993

2.4.-DISEÑO GEOMÉTRICO.-

El diseño geométrico es el primer aspecto que se considera al diseñar una carretera o camino, corresponderá a definir un eje longitudinal tratando de ajustar curvas mejorando así sus condiciones geométricas, el diseño en planta como perfil de tal manera que ofrezca seguridad, comodidad y estética para el conductor como para los peatones.

2.4.1.-PARÁMETROS DE DISEÑO GEOMÉTRICO.-

Los parámetros de diseño geométrico juegan un papel muy importante, ya que se toma en cuenta los diferentes factores como los funcionales, físicos, factores de costo en consecuencia permite adopción de diferentes conceptos expresados en valores numéricos, adoptados del manual de diseño geométrico de la ABC.

2.4.1.1.-DERECHO DE VÍA.-

El derecho de vía es la faja de terreno dentro de la cual se alojan el camino o carretera y sus servicios auxiliares

2.4.1.2.-CATEGORIA DE LA VÍA.-

De acuerdo con las características topográficas los terrenos se clasifican en:

- *Terreno Llano.*-Está constituido por amplias extensiones libre de obstáculos, lo que permite seleccionar con libertad el emplazamiento del trazado.
El relieve puede incluir ondulaciones moderadas de la rasante para minimizar las alturas de cortes y terraplenes.
- *Terreno Ondulado.*-Está constituido por un relieve con frecuentes cambios de cota. El trazado en planta puede estar condicionado en buena medida por el relieve del terreno, con el objeto de evitar cortes y terraplenes.
- *Terreno Montañoso.*- Está constituido por cordones montañosos, en las cuales el trazado salva desniveles considerables, En consecuencia el empleo de elementos de características mínimas será más frecuente y obligado.

Definición conceptual de las categorías:

- *Autopista (O).*- Son carreteras nacionales, destinadas a servir al tránsito de paso que se asocian longitudes de viaje considerables, en consecuencia deberán diseñarse para velocidades de emplazamiento elevadas.
- *Autorrutas (I.A).*- Son carreteras nacionales a las que se les ha construido o se le construirá una segunda calzada prácticamente paralela a la vía original. Normalmente se emplazan en corredores a lo largo de los cuales existen extensos tramos con desarrollo urbano, industrial o agrícola intensivo, muy próximo a la faja de carretera.
- *Carreteras primarias (I.B).*- Son carreteras nacionales o regionales, con volúmenes de demanda medios a altos, que sirven al tránsito de paso con recorridos de mediana y larga distancia, pero que sirven también para un

porcentaje importante de tránsito de corta distancia, en zonas densamente pobladas.

- *Caminos colectores (II)*. - Son caminos que sirven tránsitos de mediana y corta distancia, a los cuales acceden numerosos caminos locales o de desarrollo.
- *Caminos locales (III)*. - Son caminos que se conectan a los caminos colectores. Están destinados a dar servicio preferentemente a la adyacente.
- *Caminos de desarrollo*. - Están destinados a conectar zonas aisladas y por ellas transitarán vehículos motorizados y a animal.

Cuadro 5: Características Típicas de las Carreteras y Caminos según la Clasificación Funcional

CATEGORIA		CARRETERAS			CAMINOS		
		AUTOPISTAS	AUTORRUTAS	PRIMARIOS	COLECTORES	LOCAL	DESARROLLO
Velocidad de Proyecto (Km/h)		120 - 100 - 80	100 - 90 - 80	100 - 90 - 80	80 - 70 - 60	70 - 60 - 50 - 40	50 - 40 - 30
Tipo de Terreno		LL - O - M	LL - O - M	LL - O - M	LL - O - M	LL - O - M	LL - O - M
PISTAS DE TRANSITO		UNIDIRECCIONALES	UNIDIRECCIONALES	UNIDIRECCIONALES O BIDIRECCIONALES	UNIDIRECCIONALES O BIDIRECCIONALES	BIDIRECCIONALES	BIDIRECCIONALES
FUNCION	Servicio al Transito de paso	Prioridad absoluta	Prioridad absoluta	Consideración principal	Continuidad de transito y acceso a la propiedad de similar importancia	Continuidad de transito consideración secundaria	
	Servicio a la propiedad adyacente	Control total de acceso	Control total de acceso vehículos	Control parcial de acceso		Consideración principal	
CONEXIONES	Se conectan con	Autopistas Autorrutas Primarios (colectores)	Autopistas, Autorrutas Primarios Colectores	Autopistas, Autorrutas Prima. Colectores Locales	Todos	(Primarios) Colectores, Locales Desarrollo	Colectores Locales Desarrollo
	Tipo de conexión	Enlaces	Enlaces Accesos direccionales	Enlaces Intersecciones (Acc. Directos)	Todos	(Intersección) Acceso Directo	Acceso Directo
CALIDAD SERVICIO	Nivel de Servicio (1) Años iniciales Año horizonte	A.B C	B (2) C.(D)	B C.(D)	C (2) (D)	No aplicable	
	Tipo de flujo	Libre Estable	libre Estable (Prox. Inestable)	libre Estable (Prox. Inestable)	Estable con restricciones (Próximo estable)	Restringido por movimientos hacia y desde la propiedad	
	Velo. Operación (1) (3) según demanda rango probable	115 - 95 km/h	95 - 90 km/h	95 - 85 km/h	80 - 70 km/h	70 - 60 km/h	50 - 25 km/h
TRANSITO	Volúmenes Típicos de transito al año inicial TPDA	UD > 10,000 CONFIRMAR FAC. ECONOMICA	UD > 5.000	BD > 1500 UD > 3000	BD > 500 UD. Caso especial	Tránsito y composición variable según tipo de actividades Agrícola, Minera Turística	
	Tipo de vehículo	Vehículo diseñado	vehículos motorizados	vehículos motorizados	todo tipo de vehículos	vehículo liviano y camiones medianos	

Fuente: Manual Administradora Boliviana de Caminos (ABC)

2.4.1.3.-TIPOS DE VELOCIDADES EN EL DISEÑO.-

Las velocidades consideradas en este proyecto

Velocidad de proyecto (V_p).-este tipo de velocidad permite definir las características mínimas de los elementos del trazado bajo condiciones de seguridad y comodidad.

Velocidad Específica (V_e).-es la máxima velocidad que puede circular un vehículo a lo largo del trazado en condiciones de seguridad y comodidad.

Cuadro 6: Velocidades específicas en curvas horizontales

I CARRETERAS

Autopistas - Autorrutas - Primarios

R (m)	e %	Ve (km/h)	f
250	8,0	80,1	0,122
300	8,0	86,6	0,117
330	8,0	90,1	0,114
350	8,0	92,3	0,112
400	8,0	97,5	0,107
425	8,0	99,9	0,105
450	8,0	102,2	0,103
500	8,0	106,6	0,099
540	8,0	109,9	0,096
550	8,0	110,7	0,095
600	8,0	114,5	0,092
650	8,0	118,1	0,089
700	8,0	121,4	0,086
720	7,9	122,5	0,085
750	7,8	124,1	0,084
800	7,5	126,2	0,082
850	7,2	128,1	0,080
900	7,0	130,2	0,078
950	6,7	> 130	0,077
1000	6,5	> 130	0,075
1200	5,7	> 130	0,070
1500	4,8	> 130	0,064
1800	4,2	> 130	0,059
2000	3,8	> 130	0,056
2200	3,6	> 130	0,054
2500	3,2	> 130	0,050
2800	3,0	> 130	0,047
3000	2,8	> 130	0,045
3500	2,5	> 130	0,041
4000	2,3	> 130	0,038
4500	2,1	> 130	0,035
5000	2,0	> 130	0,032
7000	2,0	> 130	0,022

II CAMINOS

Colectores - Locales - Desarrollo

R (m)	e %	Ve (km/h)	f
25	7,0	30,1	0,215
30	7,0	32,7	0,211
40	7,0	37,2	0,203
50	7,0	41,1	0,197
60	7,0	44,6	0,191
70	7,0	47,7	0,186
80	7,0	50,5	0,181
90	7,0	53,1	0,177
100	7,0	55,5	0,173
120	7,0	59,9	0,166
150	7,0	65,6	0,156
180	7,0	70,6	0,148
200	7,0	73,5	0,143
220	7,0	76,3	0,138
250	7,0	80,1	0,132
300	7,0	84,7	0,118
350	7,0	90,3	0,113
400	6,6	94,5	0,110
450	6,1	97,9	0,107
500	5,7	101,1	0,104
550	5,4	104,1	0,101
600	5,1	106,8	0,099
700	4,5	> 110	0,095
800	4,1	> 110	0,091
900	3,8	> 110	0,087
1000	3,5	> 110	0,084
1200	3,1	> 110	0,079
1500	2,7	> 110	0,072
1800	2,4	> 110	0,066
2000	2,3	> 110	0,063
2500	2,0	> 110	0,056
3000	2,0	> 110	0,050
3200	2,0	> 110	0,047

Fuente: Manual Administradora Boliviana de Caminos (ABC)

2.4.1.4.-PENDIENTE.-

La pendiente expresada comúnmente en porcentaje (%) representa un problema en un proyecto de diseño geométrico y debe solucionarse con mucho cuidado ya que pendientes muy bajas obligan a altos costos de construcción y pendientes altas influyen en el costo de transporte por que disminuye la velocidad, aumentando así el gasto de combustible por kilómetro y el desgaste de los vehículos afectando a si a la economía del proyecto.

La ABC distingue varios tipos de terrenos en función a la topografía como ser:

Terreno Llano, Terreno Ondulado, Terreno Montañoso

Cuadro 7: Pendientes para identificar el tipo de terreno

TERRENO	PENDIENTE	DESCRIPCION
LLANO	± 3 %	- Libres de obstáculos naturales - Poco uso de elementos de DG mínimo
ONDULADO	3 - 6 %	- Relieve con frecuentes cambios de cota - uso de elementos de DG mínimo
MONTAÑOSO	4 - 9 %	- Constituido por cordones montañosos - Puede obligar a usar curvas de retorno

Fuente: Manual ABC

Cuadro 8: Pendientes máximas de la rasante

CATEGORIA	VELOCIDAD DE PROYECTO (km/h)									
	≤ 30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Desarrollo	10-12	10-9	9	-	-	-	-	-	(-1)	-
Local	-	9	9	8	8	-	-	-	-	-
Colector	-	-	-	8	8	8	-	-	-	-
Primario	-	-	-	-	-	6	5	4,5	-	-
Autorutas	-	-	-	-	-	6	5	4,5	-	-
Autopistas	-	-	-	-	-	5	-	4,5	-	4

Fuente: Manual ABC

2.4.1.5.- LONGITUD DE RECTAS.-

La tendencia actual en el diseño de carreteras es tratar de prescindir de las rectas, de esta manera se establecen algunas condiciones en cuanto a su uso.

a) Longitudes máximas en rectas.-

$$L_r = 20 \cdot V_p \quad \text{Ec. 2.12}$$

Dónde:

Lr: Longitud máxima de recta en carreteras bidireccionales (m)

Vp: Velocidad de proyecto (km/h)

b) Longitudes mínimas en rectas.-

Las longitudes mínimas están asociadas a las curvas sucesivas en el mismo sentido o en “S”

-Tramos rectos intermedios (Curvas en “S”).-

$$L_{rmin} = 1,4 \cdot Vp \quad Ec. 2.13$$

Dónde:

Lrmin: Longitud de recta mínima en carreteras bidireccionales (m)

Vp: Velocidad de proyecto (km/h)

-Tramo recto en curvas del mismo sentido.-

Cuadro 9: Longitud de rectas en el mismo sentido

Vp (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Terreno Llano Ondulado	-	110/55	140/70	170/85	195/98	220/110	250/125	280/150	305/190	330/250
Terreno Montañoso	25	55/30	70/40	85/50	98/65	110/90	-	-	-	-

Fuente: Manual ABC

2.4.1.6.-SECCIÓN TIPO.-

La sección transversal de la vía describe las características geométricas, por lo tanto la sección transversal del ruta o camino en un punto cualquiera de este es un corte vertical normal al alineamiento horizontal influyendo en el costo de la obra como en su capacidad de tránsito, una sección reducida será económica y de capacidad de transito reducida por otro lado una sección transversal amplia tendrá una mayor capacidad de tránsito y el costo será mayor.

El ancho de la vía depende de las dimensiones máximas de los vehículos como la velocidad de los mismos siendo, así el elemento más importante de la sección transversal es la calzada.

2.4.1.7.-PERALTE, COEFICIENTE DE FRICCIÓN.-

El peralte constituye en una elevación de la calzada debido a esto el vehículo sigue una trayectoria de una recta o tangente y pasa a una curva, durante su trayectoria aparece la fuerza centrífuga que origina peligros de estabilidad del vehículo en movimiento.

Ecuación para el cálculo del coeficiente de fricción lateral

Peraltes máximos para Caminos: $e=7\%$, $V_p=30-80\text{km/h}$

$$f = 0,265 - \frac{V}{602,4} \quad \text{Ec. 2.14}$$

Dónde:

f= Coeficiente de fricción

V: Velocidad de proyecto (km/h)

Peralte en curvas circulares simples

Pendiente relativa Proporción del peralte en recta

Cuadro 10: Valores admisibles de la pendiente relativa de borde $\Delta\%$

Vp (km/h)	30-50	60-70	80-90	100-120
Δ_{normal}	0,7	0,6	0,5	0,35
Δ_{max} n=1	1,5	1,3	0,9	0,8
Δ_{max} n>1	1,5	1,3	0,9	0,5

Fuente: Manual ABC

Cuadro 11: Proporción del peralte a desarrollar en recta

Mínimo	Normal	Máximo
$e < 4,5$	$e =$ Todos	$e \leq 7$
$0,5 e$	$0,7 e$	$0,8 e$

Fuente: Manual ABC

Longitud del desarrollo del peralte

$$l = \frac{n \cdot a \cdot \Delta p}{\Delta} \quad \text{Ec. 2.15}$$

Tasa de giro

$$tg = \frac{n \cdot a}{\Delta} \quad \text{Ec. 2.16}$$

Dónde:

l: Longitud de desarrollo del peralte (m)

tg: Tasa de giro (m/1%)

n: Número de carriles entre el eje de giro del peralte y el borde de la calzada

a: Ancho normal de un carril (m)

Δp : Pendiente relativa del borde de la calzada (%)

Peralte en curvas de transición

Desarrollo de peralte

$$l = l_o + L \quad \text{Ec. 2.17}$$

Desarrollo en la recta

$$l_o = \frac{(n \cdot a \cdot b)}{\Delta} \quad \text{Ec. 2.18}$$

Dónde:

l_o: Desarrollo en la recta para pasar -b% a 0%

L: Desarrollo en la clotoide para pasar de 0% a e%

n: Número de carriles entre el eje de giro y el borde de la calzada a peraltar

a: Ancho normal de un carril (m)

b: Bombeo o pendiente transversal normal en recta

Δ : Pendiente relativa del borde peraltado respecto del eje de giro

2.4.1.8.-RADIO EN CURVAS HORIZONTALES.-

El radio que se considera en el diseño en planta como un valor límite es el radio mínimo para la velocidad de proyecto dada, para un peralte máximo.

$$R_{min} = \frac{V_p^2}{127 \cdot (e_{max} + f)} \quad Ec. 2.19$$

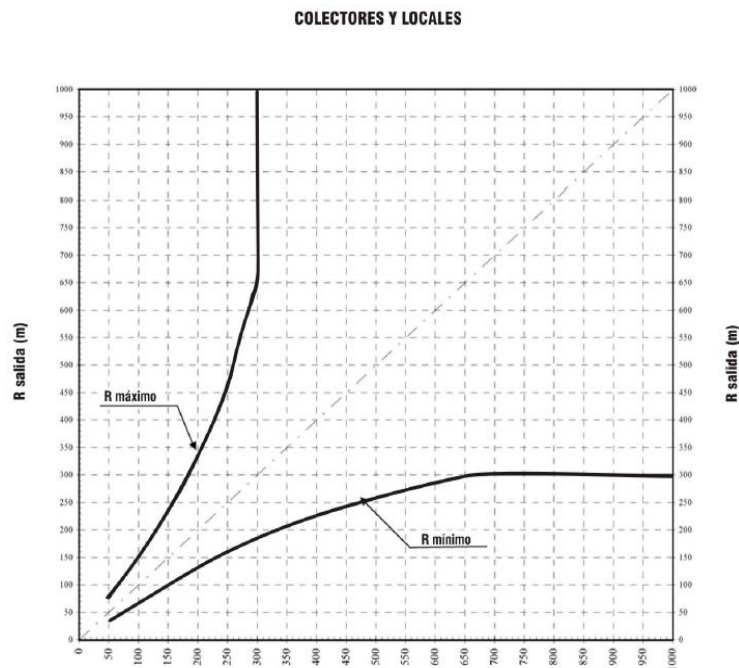
Dónde:

V_p : Velocidad de proyecto (km/h)

e_{max} : Peralte máximo (%)

f : Coeficiente de roce rodante

Cuadro 12: Relación entre radios



2.1.1.9.-BOMBEO DEL CAMINO.-

Se refiere a la inclinación transversal de la calzada de la carretera en los tramos rectos tiene que ver con una inclinación necesaria para el escurrimiento superficial del agua hacia las cunetas, y en el caso de los tramos curvos esta inclinación transversal está relacionada con el peralte.

La elección del valor del bombeo está determinada por el tipo de superficie de rodadura de la obra y las condiciones climáticas.

Cuadro 13: Bombeos de la calzada

TIPO DE SUPERFICIE	Pendiente Transversal	
	I ≤ 15 mm/h	I > 15 mm/h
Pav. de Hormigón o Asfalto	2%	2,5%
Tratamiento Superficial	3%	3,5%
Tierra, Grava, Chancado	3 - 3,5%	3,5 - 4%

Fuente: Manual ABC

2.4.1.10.- LONGITUD MÍNIMA EN CURVAS VERTICALES.-

Por comodidad y estética el desarrollo mínimo de la curva vertical corresponde:

$$2 \cdot T \geq |V_p(\text{km/h})| \quad \text{Ec. 2.20}$$

Dónde:

T: longitud de la curva (m)

V_p: Velocidad de proyecto (km/h)

2.4.1.11.- PENDIENTE MÍNIMA DE LA RASANTE.-

Las pendientes mínimas en el alineamiento vertical es de 0,5% con el fin de asegurar en cualquier punto de la calzada un buen drenaje,

Si el bombeo es igual 2,5% se podrá aceptar una pendiente nula, en situaciones en que la pendiente transversal sea nula se la pendiente mínima aceptable es de 1,5%.

2.4.2.-GEOMETRÍA EN PLANTA.-

El alineamiento horizontal deberá proporcionar en todo el trazado a lo menos la distancia mínima de visibilidad de frenado.

- **Longitud máxima en rectas**

Deben evitarse longitudes de rectas mayores al valor calculado con la siguiente expresión:

$$L_r = 20 \cdot V_p \quad \text{Ec: 2.21}$$

Donde

L_r =largo del tramo recto en metros y

V_p = velocidad de proyecto en km/hr..

a. *Curvas del mismo sentido*

Por condiciones de guiado óptico es necesario evitar las rectas excesivas cortas entre curvas en el mismo sentido. La tabla entrega los valores deseables mínimos según al tipo de terreno y de acuerdo a la velocidad de proyecto V_p

Cuadro 14: L_r min entre curvas del mismo sentido

V_p (Km/hr)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
T. Llano y Ondulado	...	110/5	140/70	170/85	195/89	220/110	250/125	280/150	305/190	330/250
Terreno Montañoso	25	55/30	70/40	85/50	98/65	110/90				

Fuente: Manual de diseño geométrico, “ABC”

2.5.-MOVIMIENTO DE TIERRAS.-

2.5.1-INTRODUCCIÓN.-

Los movimientos de tierra consisten en la cuantificación de los volúmenes tanto en corte como terraplén. En obras de construcción de carreteras los procedimientos para medir volúmenes de tierra y roca a excavar, transportar, colocar en sitio, compactar es similar.

2.5.2.-CÁLCULO DE ÁREAS ENTRE SECCIONES.-

Los principales métodos empleados son:

Método analítico

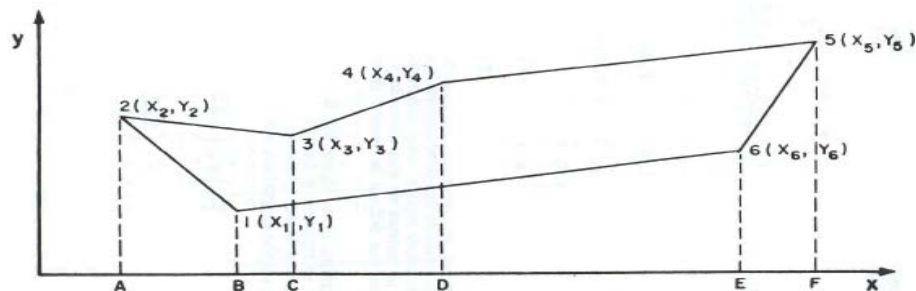
Método gráfico

Método del planímetro

Método del papel milimetrado

Método analítico.- este método consiste en el cómputo de las áreas por coordenadas, es decir basados en coordenadas de los puntos que definen el contorno de la superficie usado cuando la sección es bastante irregular, es la base de los métodos computarizados y que es adoptado por *AutoCAD Civil 3D Land Desktop Companion 2009* o el *Ealge Point*

Fig.1: Gráfica del método analítico para el cálculo de áreas



$$A = \frac{1}{2} \cdot ((Y_1 \cdot X_2 + \dots + Y_n \cdot X_1) - (X_1 \cdot Y_2 + \dots + X_n \cdot Y_1)) \text{ EC. 2.22}$$

2.5.3.-DETERMINACIÓN DE LOS VOLÚMENES DE MOVIMIENTO DE TIERRA.-

El cálculo de volúmenes se obtiene a partir de las áreas, existen varios métodos de los cuales los más utilizados son el método de la semisuma o áreas medias y la de Simpson o prismoide que es adoptada por programas computarizados.

Método de Prismoidal:

$$V = \frac{d}{6} \cdot (A_1 + A_2 + 4 \cdot A_m) \quad \text{Ec. 2.23}$$

Método de la Áreas Medias:

Casos particulares

Volumen “CORTE-CORTE”

$$V_c = \frac{(Ac_1 + Ac_2) \cdot L}{2} \quad \text{Ec. 2.24}$$

Volumen “RELLENO- RELLENO”

$$V_r = \frac{(Ar_1 + Ar_2) \cdot L}{2} \quad \text{Ec. 2.25}$$

Volumen “RELLENO-CORTE”

$$V_c = \frac{Ac^2 \cdot L}{2 \cdot (Ar + Ac)} \quad \text{Ec. 2.26}$$

$$V_r = \frac{Ar^2 \cdot L}{2 \cdot (Ar + Ac)} \quad \text{Ec. 2.27}$$

Dónde:

Ar: Área de corte (m²)

Ac: Área de relleno (m²)

L: longitud entre progresivas (m)

Secciones mixtas

Caso “CORTE o RELLENO”

$$S = \left(\frac{a_1 + a_2}{2} \right)^2 \quad \text{Ec. 2.28}$$

$$e = \frac{1}{3 \cdot A} \cdot (A + S) \cdot (\pm dd \pm di) \quad \text{Ec. 2.29}$$

Caso “MIXTAS”

$$e = \frac{1}{3} \cdot (\pm x \pm a \pm d) \quad \text{Ec 2.30}$$

Coeficiente de curvatura

$$Cc = \frac{L}{2 \cdot R} \cdot (A_1 e_1 + A_2 e_2) \quad \text{Ec. 2.31}$$

Volumen "CURVA"

$$V_{curva} = V_{recta} \pm Cc \quad \text{Ec. 2.32}$$

Dónde:

dd: Distancia del eje al borde derecho (m)

di: Distancia del eje al borde izquierdo (m)

S: Área de relleno sobre la calzada (m²)

x: longitud del eje a la intersección de la calzada con el terreno (m)

a: longitud del carril (m)

R: Radio de la curva (m)

2.5.4.-DIAGRAMA DE MASAS.-

El diagrama de masas es una gráfica, en el cual las accisas representan a las progresivas del camino y las ordenadas a los volúmenes acumulativos de las terracerías, es en este diagrama donde se analizan los movimientos de tierra para obtener un resultado satisfactorio.

La distancia de libre acarreo es la distancia al que cada metro cúbico de material puede ser movido sin que se haga un pago adicional y corresponderá a 300 mts.

Cuadro 15: Factor de abundamiento

MATERIAL	FACTOR DE ABUNDAMIENTO
Tierra Negra	1,00 - 1,25
Material Arenoso	1,10 - 1,30
Roca Suelta	1,30 - 1,40
Roca Fija	1,40 - 1,65

Fuente: Vías de Comunicación

Cuadro 16: Factor de reducción

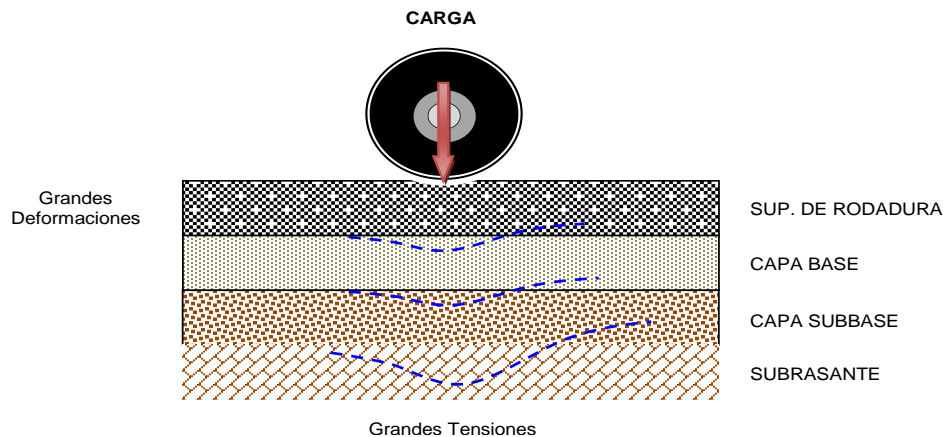
MATERIAL	FACTOR DE REDUCCION
Tierra Negra	0,98 - 1,00
Material Arenoso	0,75 - 0,90
Roca Suelta	0,70 - 0,75
Roca Fija	0,60 - 0,70

Fuente: Vías de Comunicación

2.6.-DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE.-

El pavimento flexible es un sistema multicapa que trabaja distribuyendo las cargas hasta que llegue a un nivel aceptable a la subrasante.

Fig. 2: Esquema del comportamiento de pavimento flexible



2.6.1.-PARÁMETROS DE DISEÑO.-

Los parámetros de diseño que se utilizan para cada uno de los métodos se presentan después de haber hecho un análisis.

2.6.2.-DIMENSIONAMIENTO.-

2.6.2.1.-MÉTODO AASHTO:

Este método describe el diseño tanto para pavimentos de concreto asfáltico y de tratamientos superficiales con niveles de tránsito significativos (es decir mayores que 50000 ESAL de 18 kips) durante todo el periodo de funcionamiento. Para los dos tipos de pavimentos nombrados el diseño se basa en la identificación del número estructural (SN) del pavimento flexible para mantener el nivel

proyectado de cargas por ejes. Así el proyectista podrá determinar si se requiere una superficie de tratamientos superficiales simples o dobles, o una superficie pavimentada de concreto asfáltico para las condiciones específicas.

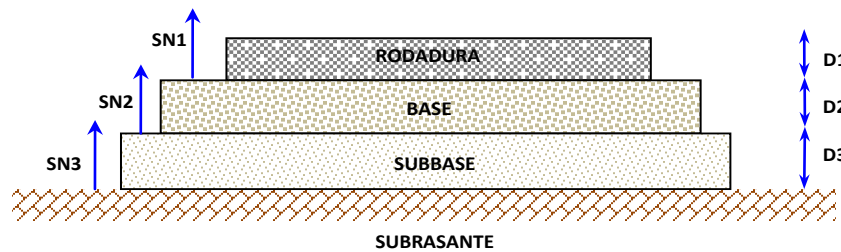
$$\log W_{18} = Z_R \cdot S_o + 9,36 \cdot \log(SN + 1) - 0,20 + \frac{\log(\Delta PSI)}{4,2 - 1,5} + 2,32$$

$$0,4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}$$

$$\cdot \log(M_R) - 8,07 \quad \text{Ec. 2.33}$$

$$SN = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot m_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot m_3 \cdot D_3 \quad \text{Ec. 2.34}$$

Fig. 3: Gráfica del diseño estructural



$$D_1 \geq \frac{SN_1}{a_1} \quad SN_1^* = a_1 \cdot D_1^* > SN_1 \quad \text{Ec. 2.35}$$

$$D_2 = \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_2 \cdot m_2} \quad SN_2^* = D_2^* \cdot a_2 \cdot m_2 \quad \text{Ec. 2.36}$$

$$D_3 = \frac{SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*)}{a_3 \cdot m_3} \quad SN_3^* = D_3^* \cdot a_3 \cdot m_3 \quad \text{Ec. 2.37}$$

Dónde:

$a_1 = a_2 = a_3$: Coeficiente de Capa

$m_1 = m_2 = m_3$: Coeficiente de drenaje

$SN_2 = SN_2 = SN_3$: Numero estructural

$SN_2^* = SN_2^* = SN_3^*$: Número estructural obtenido

$D_1 = D_2 = D_3$: Espesor del pavimento

$D_1^* = D_2^* = D_3^*$: Espesor del pavimento adoptado mayor al obtenido

2.6.2.1.1 MÓDULO RESILIENTE.-

El módulo resiliente reemplaza al *CBR* ya que es un ensayo mucho más sensible a las propiedades de los suelos, en nuestro medio no se cuenta con los equipos necesarios para determinar el módulo resiliente es de esta manera que se recurre a ecuaciones que correlaciona al *CBR* con el *Módulo Resiliente* (Mr), se considera como modulo de concreto asfaltico 2070 Mpa para el asfalto, obteniendo este parámetro de suma importancia.

Ecuaciones del Laboratorio de investigación de transporte y carreteras (TRRL)

$$Mr_{(Mpa)} = 17,6 \cdot CBR^{0,64} \quad CBR < 12\% \quad Ec. 2.38$$

$$Mr_{(Mpa)} = 22,1 \cdot CBR^{0,55} \quad 12\% \leq CBR < 80\% \quad Ec. 2.39$$

Dónde:

Mr : Módulo resiliente (Mpa)

2.6.2.1.2.-PERIODO DE DISEÑO

En este acápite se incluye la elección de los datos de entrada para los periodos de análisis que afectaran o restringirán el diseño del pavimento desde el punto de vista del tiempo. Es decir, permiten seleccionar diversas estrategias de diseño, desde estructuras construidas para que duren todo el periodo de análisis hasta la construcción por etapas con una estructura inicial y colocación de sobrecapas programadas.

Periodo de Diseño: Es el tiempo que dura una estructura inicial de pavimento antes de que requiera rehabilitación. También se refiere al lapso entre dos rehabilitaciones sucesivas

Cuadro 17: Periodos de Diseño en Función del Tipo de Carreteras

TIPO DE CARRETERA	PERIODO DE DISEÑO
Urbana con altos volúmenes de tránsito	30 - 50 años
Interurbana con altos volúmenes de tránsito	20 - 50 años
Pavimentada con bajos volúmenes de tránsito	15 - 25 años
Revestidas con bajos volúmenes de tránsito	10 - 20 años

Fuente: Principios Básicos del Diseño de Pavimentos Método AASTHO

De acuerdo al tipo de camino y al bajo volumen de tránsito con el que se cuenta se asume un periodo de vida útil igual a 15 años.

2.6.2.1.3 CONFIABILIDAD “R”

Es la probabilidad de que el sistema estructural que forma el pavimento cumpla su función prevista dentro de su vida útil bajo las condiciones (medio ambiente) que tiene lugar en ese lapso. Cuanto mayor es la incertidumbre, mayor es el coeficiente de seguridad. La aplicación de estos coeficientes de seguridad puede hacer que el pavimento resulte sobre o sub-dimensionado.

Cuadro 18: Valores de “R” Confiabilidad

NIVELES DE CONFIABILIDAD	
CLASIFICACION FUNCIONAL	NIVEL RECOMENDADO POR AASHTO PARA CARRETERAS
Carretera Interestatal o Autopista	80 - 99,9
Red Principal o Federal	75 - 95
Red Secundaria o Estatal	75 - 95
Red Rural o Local	50 - 80

Fuente: Manual Diseño de Pavimento Flexible AASHTO 97

Para el proyecto se asumirá un valor de confiabilidad igual a 80.

2.6.2.1.4.-DESVIACIÓN ESTÁNDAR “SO”

Toma en cuenta todos los errores asociada con los datos de diseño y construcción, incluyendo la variabilidad en las propiedades de materiales. La Guía de Diseño AASHTO provee valores recomendados.

Cuadro 19: Desviación estándar

Para pavimentos flexible	0.40 - 0.50
En construcción nueva	0.35 – 0.40
Sobre capas	0.5

Fuente: Manual Diseño de Pavimento Flexible AASHTO 97

En el proyecto se asume un valor de **So= 0.49** que es recomendado para pavimentos flexibles.

2.6.2.1.5 FACTOR DE DISTRIBUCIÓN POR DIRECCIÓN (DD)

Denominado a si a la distribución del tránsito que circula por cada carril, el método AASHTO recomienda que el este valor sea igual a 0,5.

2.6.2.1.6 FACTOR DE DISTRIBUCIÓN POR CARRIL (DL)

Este factor depende de la cantidad de carriles cuente la calzada de diseño siendo su valor máximo 1.

Cuadro 20: Distribución por carril

NUMERO DE CARRIL	DL
1	1
2	0,8 - 1
3	0,6 - 0,8
4	0,5 - 0,75

Fuente: Manual Diseño de Pavimento Flexible AASHTO 97

En el proyecto se asume un valor de **DL= 0,8** que es recomendado para pavimentos flexibles.

2.6.2.1.7 TRÁNSITO ESPERADO (W_{18})

$$W_{18} = ESAL's \cdot i \cdot DD \cdot DL \quad Ec: 2.40$$

Dónde:

ESAL`s : Ejes Equivalentes

i = Tasa de crecimiento del parque automotor (%)

DD = Factor de distribución direccional

DL = Factor de distribución por carril

Cuadro 21: Espesores Mínimos

ESAL`s	CONCRETO ASFALTICO	BASE GRANULAR
< 50000	2,5 cm	10 cm
50000 - 150000	5,0 cm	10 cm
150000 - 500000	6,5 cm	10 cm
500000 - 2000000	7,5 cm	15 cm
2000000 - 7000000	9,0 cm	15 cm
> 7000000	10,0 cm	15 cm

Fuente: Manual Diseño de Pavimento Flexible AASHTO 97

2.6.2.1.8 SERVICIABILIDAD “PSI”

La serviciabilidad de un pavimento se define como la capacidad de servir al tipo de tránsito para el cual ha sido diseñado. Esta se mide dentro de la escala de 0 a 5, siendo que el valor 5 representa una condición muy buena y 0 pésimas condiciones.

Cuadro: 22 Nivel de Serviciabilidad

Serviciabilidad inicial
Po = 4.5 para pavimentos rígidos
Po = 4.2 para pavimentos flexibles
Serviciabilidad final
Pt = 2.5 o más para caminos muy importantes
Pt = 2.0 para caminos de tránsito menor

Fuente: Manual Diseño de Pavimento Flexible AASHTO 97

Por lo tanto la ecuación es:

$$\Delta PSI = P_o - P_t \quad Ec: 2.41$$

En el proyecto se asume un valor de $P_o= 4,2$ y un $P_t=2,0$ que es recomendado para pavimentos flexibles.

2.6.2.1.9 COEFICIENTE DE DRENAJE (m_i)

El método AASHTO propone la utilización de coeficientes modificados para las capas de pavimento, en función de las características de drenaje de los materiales. Para eso, la calidad del drenaje es definida en función del tiempo exigido para la remoción del agua del pavimento.

Cuadro 23: Valores para el Coeficiente de Drenaje

CALIDAD DEL DRENAJE	PORCENTAJE DE TIEMPO EN EL QUE EL PAVIMENTO ESTA EXPUESTO A NIVELES DE HUMEDAD PROXIMOS A LA SATURACION			
	MENOS DEL 1%	1 - 5 %	5 - 25 %	MAS DEL 25 %
Excelente	1,40 - 1,35	1,35 - 1,30	1,30 - 1,20	1,2
Bueno	1,35 - 1,25	1,25 - 1,15	1,15 - 1,00	1
Mediano	1,25 - 1,15	1,15 - 1,05	1,00 - 0,80	0,8
Malo	1,15 - 1,05	1,05 - 0,80	0,80 - 0,60	0,6
Muy malo	1,05 - 0,95	0,95 - 0,75	0,75 - 0,40	0,4

Fuente: Manual Diseño de Pavimento Flexible AASHTO 97

En nuestro caso adoptaremos la calidad de drenaje mediano dándonos unos valores de coeficiente de drenaje de:

- m_2 =Coeficiente de drenaje capa base = 0,9
- m_3 =Coeficiente de drenaje capa sub base =0,8

2.6.2.1.10. COEFICIENTES ESTRUCTURALES O DE CAPAS (a_i)

El coeficiente estructural de una capa representa la relación empírica entre el número estructural SN y el espesor de dicha capa, siendo una medida de la capacidad relativa del material para actuar como componente estructural de un dado pavimento.

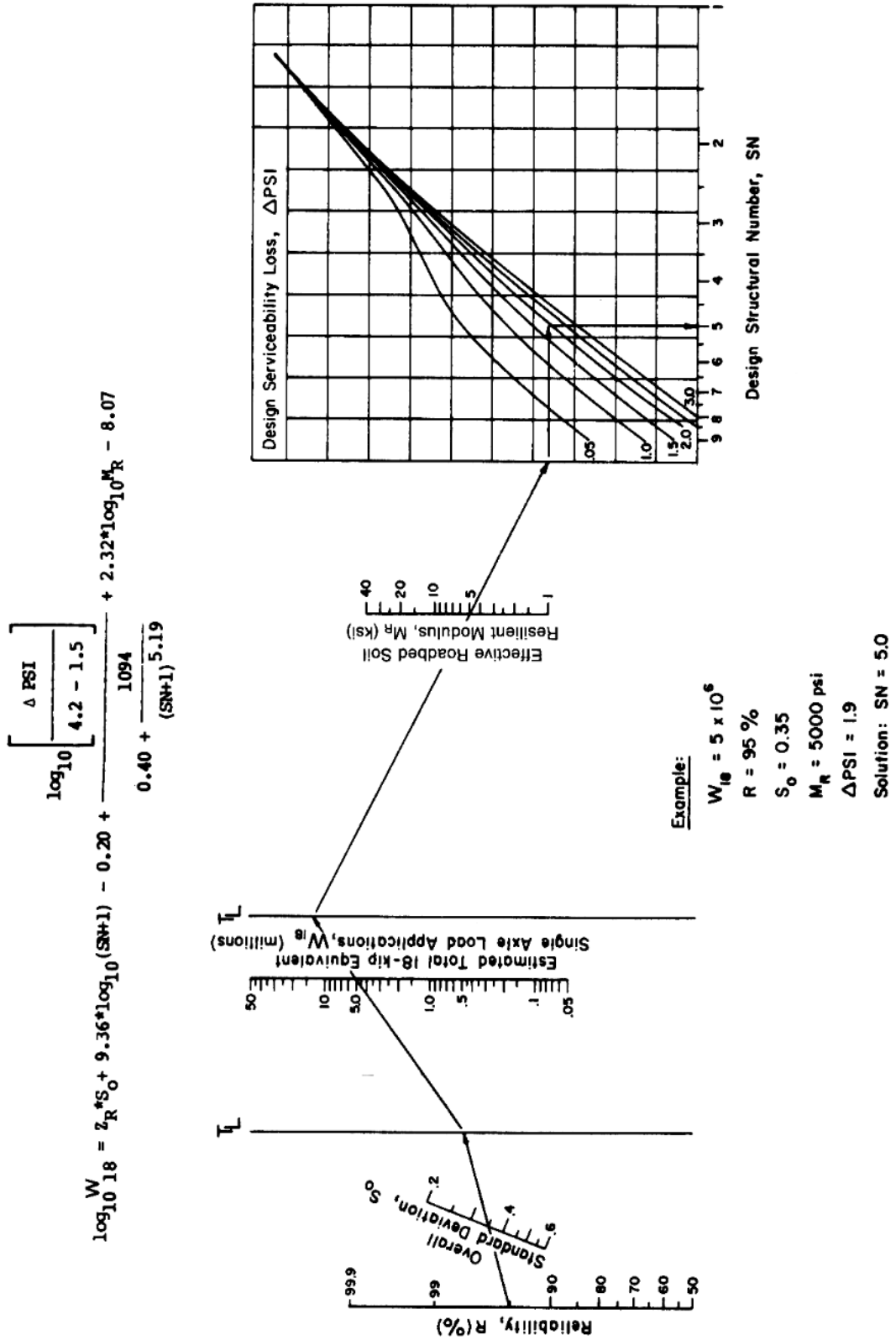
El método AASHTO presenta diversas formas de obtener el valor del coeficiente estructural, en general a través de correlaciones con otras propiedades mecánicas de los materiales (CBR, módulo Resiliente, etc.). Estos coeficientes son posibles de determinar a través de ábacos, los mismos se presentan en la parte de los ANEXOS.

Cuadro 24: Coeficientes de Drenaje y Estructurales de las Capas

MATERIAL	CBR	a_i	m_1
carpeta asfáltica		0,44	1
tratamiento S. Triple		0,3	1
tratamiento S. Doble		0,2	1
Base Granular Triturada	80%	0,14	1
Subbase Granular	30%	0,11	1

- Fuentes: AASHTO Design Guide, Part I, Section 1.8. Part II, Section 2.3. Part II, Section 2.4

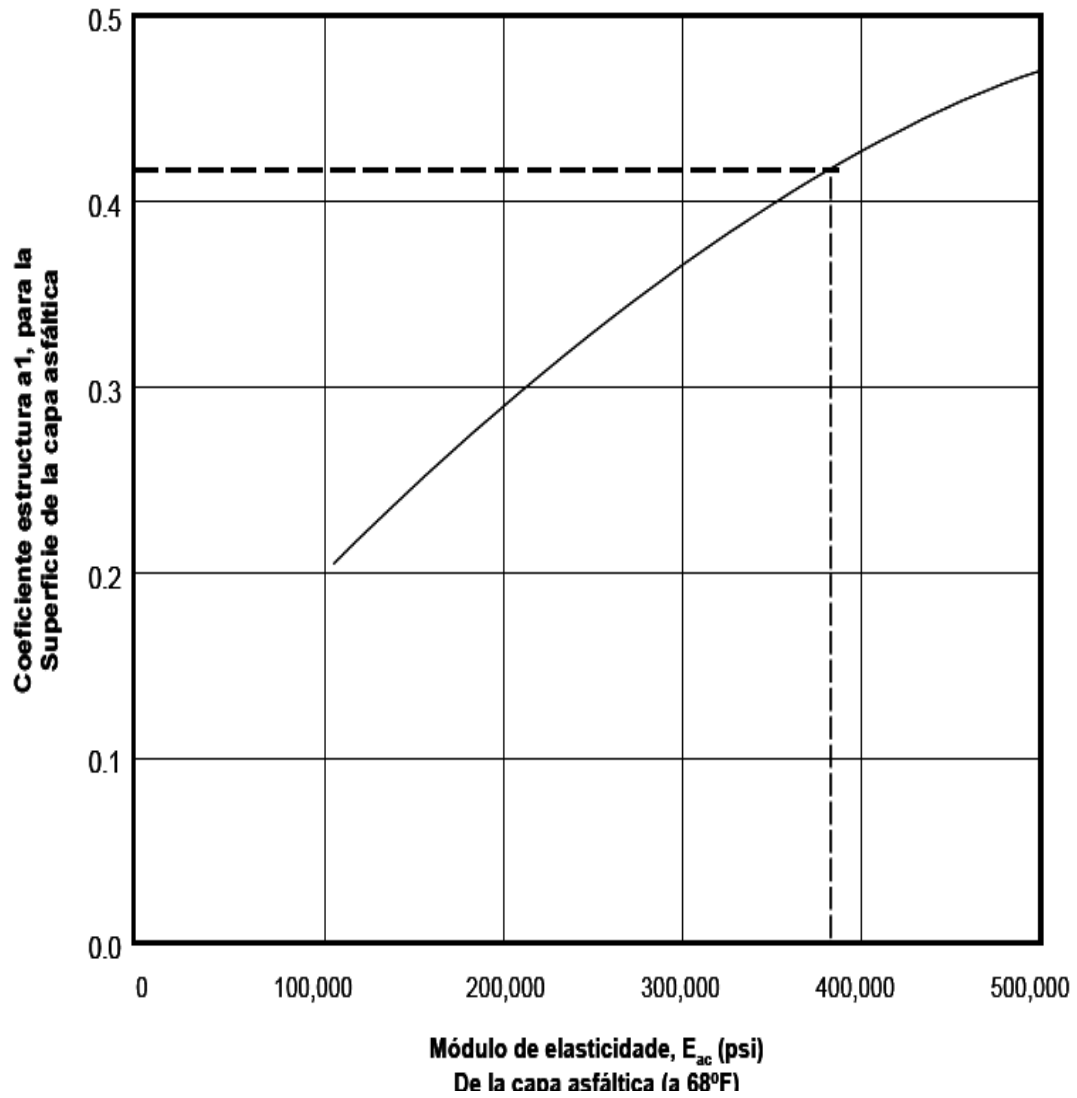
Fig. 4: Ábaco de diseño AASHTO para pavimentos flexibles



COEFICIENTES ESTRUCTURALES O DE CAPA

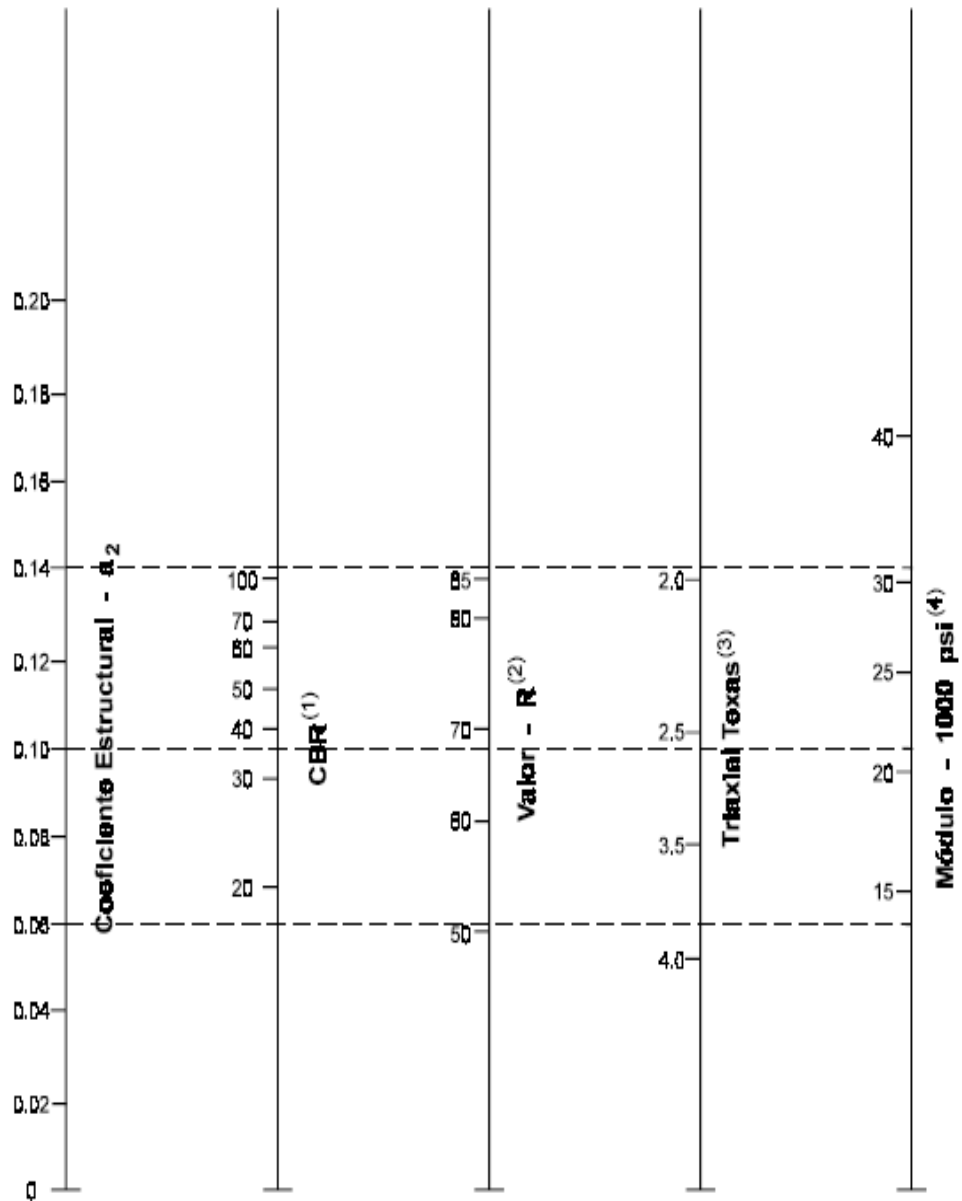
-Coeficiente estructural de capa de Concreto Asfáltico “**a1**”

Fig. 5: Ábaco para la determinación del coeficiente de capa para el concreto asfáltico



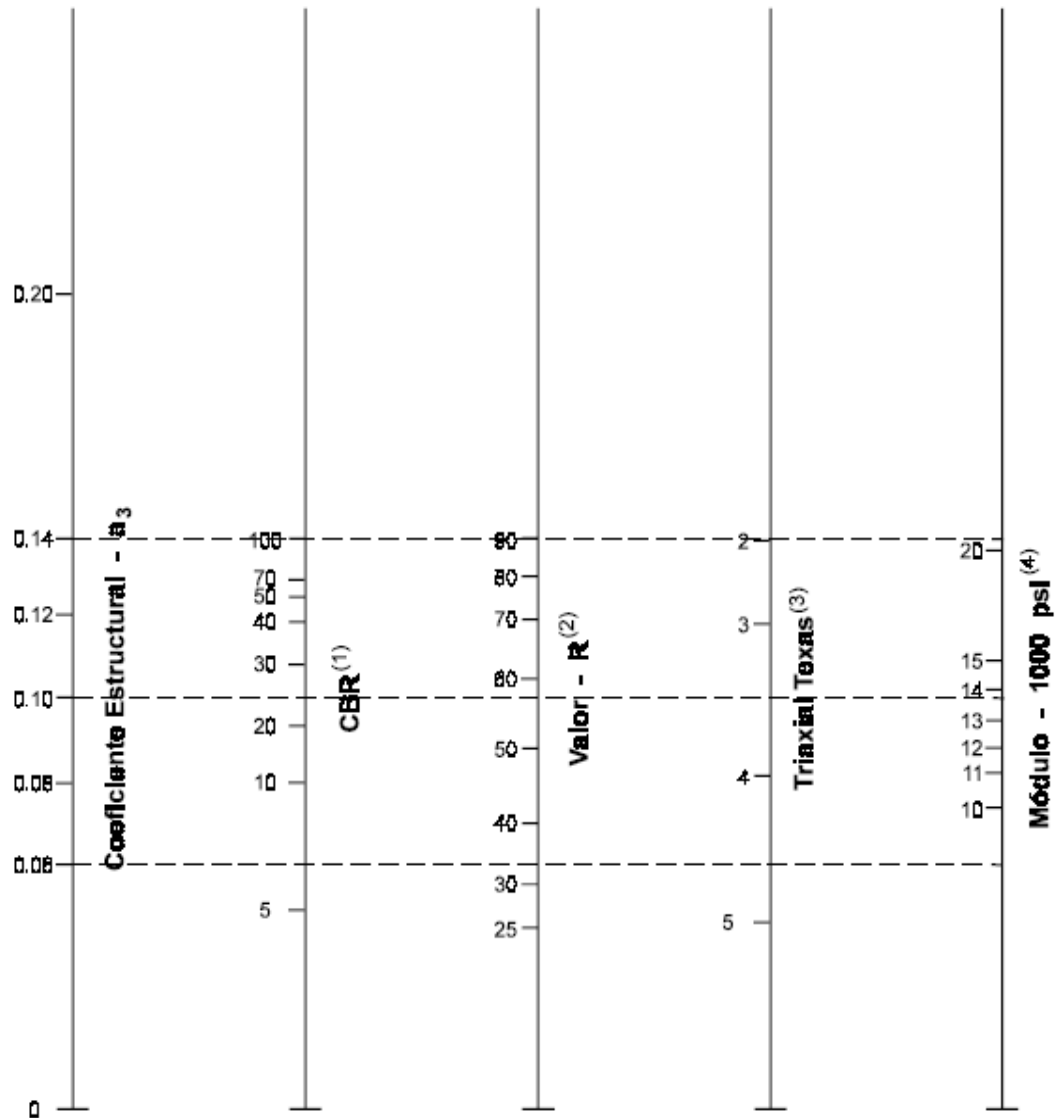
Coefficiente estructural de capa de la Base Granular “a2”

Fig. 6: Ábaco para la determinación del coeficiente estructural para base granular



Coefficiente estructural de capa de la Subbase Granular “a3”

Fig. 7: Ábaco para determinación del coeficiente estructural para subbase granular



Después de haber realizado el cálculo del paquete estructural y su posterior análisis se obtuvieron los siguientes resultados.
















2.6.2.2.-MÉTODO ÍNDICE DE GRUPO.-

Este es un método basado en principios geotécnicos que consiste en proteger la subrasante de tensiones excesivas bajo ciertas consideraciones que son tomadas en cuenta:

- Terrenos de fundación debidamente compactados a humedad óptima y densidad máxima
- Los sistemas de drenaje subterráneo y superficial son buenos

Tomando en cuenta estas consideraciones previas consiste en determinar los espesores en base a una tabla que requiere del índice de grupo y el tránsito promedio diario anual:

Cuadro 25: Tabla para la determinación de espesores para pavimento flexible mediante el índice de grupo

ÍNDICE DE GRUPO	TRÁFICO LIVIANO	TRÁFICO MEDIANO	TRÁFICO PESADO
T.P.D.	< 50	50 - 300	> 300
Excelente (0-1)	 15cm	 22cm	 30cm
Bueno (1-2)	 15cm ↔ 15cm	 22cm 5cm	 30cm 5cm
Regular (2-4)	 15cm 10cm	 22cm 10cm	 30cm 10cm
Malo (2-9)	 15cm 20cm	 22cm 20cm	 30cm 20cm
Pésimo (>9)	 15cm 30cm	 22cm 30cm	 30cm 30cm

Fuente: Carreteras Calles y aeropistas

2.6.2.3.-MÉTODO CBR:

El método de California fue propuesto por el Ingeniero O. J. Porter en 1929 y adoptado por el Departamento de Carreteras de California y otros organismos técnicos de carreteras, así como por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos de Norte América.

Se establece en este método una relación entre la resistencia a la penetración de un suelo, y su valor relativo como base de sustentación de pavimentos flexibles. Este método, si bien es empírico, se basa en un sinnúmero de trabajos de investigación llevados a cabo tanto en los laboratorios de ensayo de materiales, así como en el terreno, lo que permite considerarlo como uno de los mejores métodos prácticos.

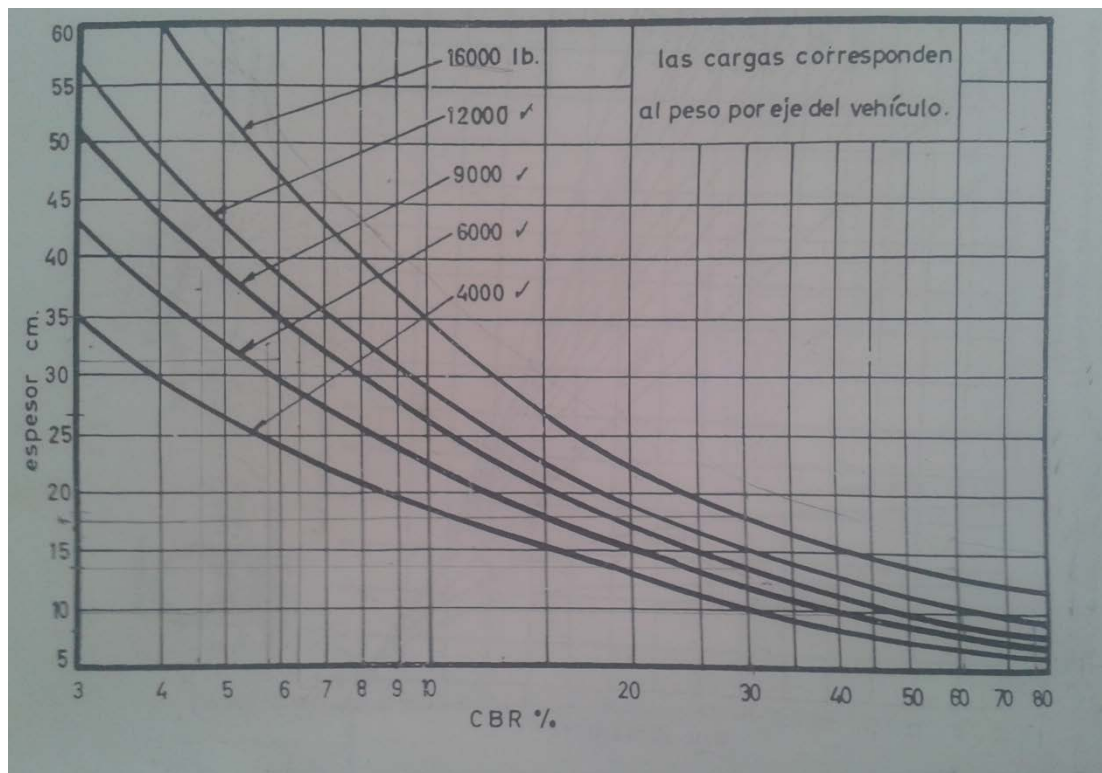
El método de California, comprende los tres ensayos que, en forma resumida, son:

1. - Determinación de la Densidad máxima y Humedad Optima.
2. - Determinación de las propiedades expansivas del material.
- 3 - Determinación de la Relación de soporte California, o CBR.

Generalmente, los CBR que se consideran para el diseño de pavimentos flexibles, corresponden a una penetración de 0,1" y a un material compactado y saturado. Sin embargo, si las condiciones climáticas, de drenaje, alejan la posibilidad de que el terreno de fundación se sature, el CBR puede determinarse para un estado de humedad distinto al de saturación. En general, podemos establecer que la determinación del CBR, deberá verificarse para las condiciones de humedad y densidad que prevalecerán en la obra a construirse.

Flexibles, considerando cargas por rueda comprendidas entre 4,000 lbs. y 180,000 lbs. Por lo tanto, este gráfico puede ser utilizado tanto para el diseño de carreteras de tránsito liviano como para el de aeropuertos de vuelos no regulares.

Fig. 8 Ábaco para la determinación de espesor para pavimentos flexibles mediante el CBR



2.7. SEÑALIZACIÓN.-

Para lograr una operación adecuada del camino en estudio es fundamental la implementación de la señalización vial y los correspondientes dispositivos de control de tránsito. La circulación vehicular y peatonal debe ser guiada y regulada, con el fin de que pueda llevarse en forma segura, fluida, ordenada y cómoda.

De acuerdo al Manual de la ABC, se tiene la siguiente clasificación:

Señalización vertical

- Señales Preventivas
- Señales Reglamentarias
- Señales Informativas

2.7.1.- SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL.-

Son marcas o elementos instalados sobre el pavimento que mediante el uso de símbolos y leyendas determinadas cumplen la función de ordenar y regular el uso de la calzada de

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

- Líneas longitudinales
- Líneas transversales
- Símbolos y leyendas
- Otras demarcaciones

2.7.1.1. COLORES

Las líneas longitudinales y marcas deben ser blancas o amarillas.

- **Amarillo:** El color amarillo define la separación de corrientes de tránsito de sentido opuesto en caminos de doble sentido con calzadas de uno o varios carriles y líneas de barrera. Este color se utiliza también en las islas divisorias y en las marcas para prevenir el bloqueo de una intersección.

- **Blanco:** El color blanco define la separación de corrientes de tránsito en el mismo sentido y la demarcación de bordes de calzada, pasos peatonales y espacios de estacionamiento. El color blanco se utiliza también en las palabras y en las flechas direccionales, así como en los distanciadores, las marcas de carril exclusivo y reversible y en algunas islas canalizadoras. Cuando se emplean botones brillantes para marcas en el pavimento, deben dar la impresión de que equivalen a pintura blanca.

2.7.1.2.- LÍNEAS LONGITUDINALES

Se deben tener en cuenta los siguientes conceptos básicos:

- I. Las líneas longitudinales de trazo discontinuo tienen carácter permisivo, es decir pueden ser cruzadas siempre que ello se efectúe dentro de las condiciones normales de seguridad.
- II. Las líneas longitudinales de trazo continuo tienen carácter restrictivo, no deben ser cruzadas, ni se puede circular sobre ellas.

De acuerdo con lo enunciado, los tipos de líneas son los siguientes:

1. **Líneas de eje:** se emplean en calzadas bidireccionales para indicar donde se separan los flujos de circulación opuestos. Se ubican generalmente en el centro de dichas calzadas; sin embargo, cuando la asignación de pistas para cada sentido de circulación es desigual, dicha ubicación no coincide con el centro. De forma similar, cuando existen juntas de construcción en la calzada, es conveniente desplazar levemente estas líneas para asegurar una mayor duración de las mismas.

Dada la importancia de esta línea en la seguridad del tránsito, ella debería encontrarse siempre presente en toda vía bidireccional cuya calzada exceda los 5 mts. de ancho.

Las líneas de eje central pueden ser: segmentadas, continuas dobles o triples.

- **Línea amarilla discontinua:** Se utiliza para demarcar la separación de carriles con sentido de flujo opuesto en donde se permite la maniobra de adelantamiento.
 - **Línea doble amarilla continua:** Se utiliza para demarcar la separación de carriles con sentido de flujo opuesto en donde no es permitida la maniobra de adelantamiento.
 - **Línea doble amarilla continua y discontinua:** Se utiliza para demarcar la separación de carriles con sentido de flujo opuesto en donde la maniobra de adelantamiento es permitida solo para el tránsito adyacente a la línea de trazado discontinuo.
 - **Línea doble amarilla discontinua:** se utiliza para demarcar la separación de carriles con sentido de flujo varia. Se utiliza para indicar carriles reversibles.
2. **Líneas de carril,** se emplea para ordenar el tránsito y posibilitar un uso más seguro y eficiente de las vías, especialmente en zonas congestionadas. Estas líneas separan flujos de tránsito en la misma dirección y pueden ser de dos tipos; continuas o segmentadas.
 3. **Líneas de borde de calzada,** delimita el borde o límite transversal de la calzada, e inicio de la zona de bermas y/o aceras y/o accesos particulares, pueden ser de dos tipos: continuas o segmentadas.
 4. **Líneas de prohibición de estacionamiento,** estas líneas señalan la prohibición de estacionamiento permanente a lo largo de un tramo de vía, son continuas, amarillas y se ubican junto al borde de calzada o en la solera en caso que ésta exista.
 5. **Líneas de transición (reducción o ampliación de pistas),** estas líneas se utilizan para indicar la reducción o ampliación de la pista.

2.7.1.3.- LÍNEAS TRANSVERSALES

Estas líneas tiene la función de definir puntos de detención y/o sendas de cruce de peatones y ciclistas, pueden ser de dos tipos; líneas de detención y líneas de cruce.

2.7.1.4.- MARCAS INCRUSTADAS EN EL PAVIMENTO

Este tipo de marca puede ser usado para guiar al tránsito hacia el carril adecuado complementando otras marcas, o en algunos casos como un sustituto de otros tipos de marcas. El color de las mismas debe regirse por el color de las marcas a las cuales ellas complementan o sustituyen.

Las marcas reflectivas tipo capta-luz (ojo de gato o violeta) son las preferidas, principalmente en lugares donde las condiciones adversas del clima dificultan la visibilidad. Las no reflectivas no deberían usarse solas como

2.7.2.- SEÑALIZACIÓN VERTICAL

Las señales verticales son dispositivos de control de tránsito instalados a nivel del camino o sobre él, destinados a transmitir un mensaje a los conductores y peatones, mediante palabras o símbolos, sobre la reglamentación de tránsito vigente, o para advertir sobre la existencia de algún peligro en la vía y su entorno, o para guiar e informar sobre rutas, nombres y ubicación de poblaciones, lugares de interés y servicios.

2.7.2.1 FORMAS

En el caso de señales preventivas de advertencia de peligro, éstas tienen la forma de un cuadrado con una de sus diagonales colocada verticalmente, con la excepción de la señal SP 33(PASO FERROVIARIO A NIVEL) y las placas de refuerzo.

En cuanto a las señales reglamentarias su forma es circular y solo se aceptará inscribir la señal en un rectángulo cuando lleve una leyenda adicional. Se exceptúan de esta condición geométrica las señales SR 01(PARE), SR 02(CEDA EL PASO), SR-38(TRANSITO EN UN SENTIDO, SR-39(TRÁNSITO EN AMBOS SENTIDOS).

Por último las señales informativas tendrán forma rectangular o cuadrada. Las excepciones a lo anterior corresponden a las señales tipo flecha y algunas de identificación vial.

2.7.2.2 COLORES

El color de fondo a usarse en las señales verticales será como sigue:

- **Amarillo:** Se utilizará como fondo para las señales preventivas y para los delineadores de curva horizontal.
- **Anaranjado:** Se usará como fondo para las señales de construcción y mantenimiento.
- **Azul:** Se utilizará para las señales de información general (servicios).
- **Blanco:** Se utilizará como fondo para las señales reglamentarias y las señales informativas de destino, geográficas y seguridad vial.
- **ROJO:** Se usará sólo como fondo para las señales de “PARE”.
- **Verde:** Se utilizará como fondo de las señales informativas elevadas.

2.7.2.3 UBICACIÓN LONGITUDINAL DE LAS SEÑALES VERTICALES

Las señales verticales deberán estar instaladas en postes individuales. Podrán adosarse dos tableros de señales verticales en un solo poste, cuando no exista la distancia suficiente que permita colocar dos señales verticales individuales separadas a la siguiente distancia mínima:

Cuadro 26
Distancia Mínima entre Señales Verticales

Orden en que el conductor vera las señales	Velocidad (Km/h)			
	120-110	100-90	80-60	50-30
Reglamentaria o Advertencia - Reglamentaria o Advertencia	50	50	30	20
Reglamentaria o Advertencia - Informativa	90	80	60	40
Informativa - Reglamentaria o Advertencia	60	50	40	30
Informativa - Informativa	110	90	70	50

Fuente: Manual dispositivos para control tránsito en carreteras VOL. III

Cuando la instalación de una señal vertical coincida con el emplazamiento de otra señal vertical, las distancias indicadas anteriormente podrán ser modificadas en un \pm 20% como máximo.

2.7.2.4 UBICACIÓN LATERAL DE LAS SEÑALES VERTICALES

La ubicación lateral de una señal vertical, dependerá a la distancia, medida desde el borde de la calzada, a la cual será instalada. Para esto, es importante tener presente que el conductor de un vehículo tiene una visibilidad en la forma de un cono de proyección, el que se abre en un ángulo de alrededor de 10° con respecto a su eje visual. Por lo tanto, se deberá asegurar que la señal quedará instalada en esa zona.

Con respecto a la altura de la placa de la señal, se deben conjugar varios factores, como son retro reflexión, tránsito de peatones, vegetación, obstáculos cercanos, etc.

La ubicación transversal de señales verticales recomendada por el manual del ABC, se detalla a continuación:

Cuadro 27
Ubicación transversal de señales verticales (distancia y altura)

Tipo de Vía	A(m)	H(m)	
	Mínimo	Mínimo	Máximo
Carreteras	2.0	1.5	2.2
Caminos	1.5	1.5	2.2
Vías Urbanas	0.6	2.0	2.2

Fuente: Manual dispositivos para control tránsito en carreteras.

VOL. III

3.1.-UBICACIÓN EN EL CONTEXTO REGIONAL.-

3.1.1.-UBICACIÓN GEOGRÁFICA.-

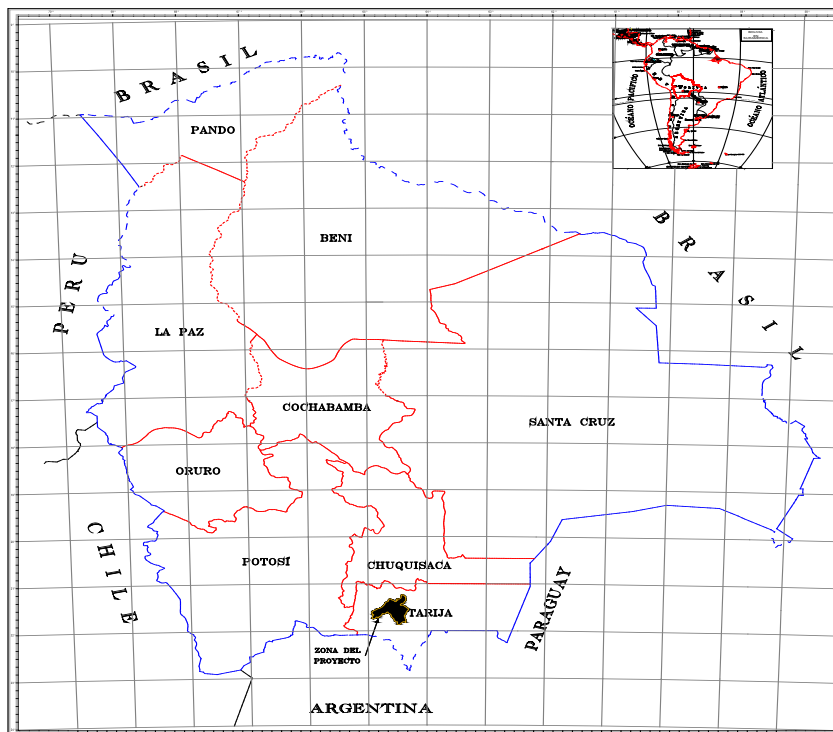
El área del proyecto está ubicada en la comunidad de san Andrés, cantón lazareto municipio de cercado departamento de Tarija Estado Plurinacional de Bolivia.

Geográficamente está situada entre las coordenadas 21° 37' 30" de latitud sur y y 64° 49'00" de longitud oeste y a una altitud de 1980 m.s.n.m.

El área del proyecto se localiza al sur de la ciudad capital del departamento de Tarija, a una distante a 15 km. de la ciudad de Tarija, el camino es asfaltado hasta la comunidad de Bella Vista

La zona limita al norte con los cerros de chismuri, al sur con las comunidades de bella vista y Pantipampa, al este con la comunidad de Tolomosa y al oeste con el cerro de sola

Figura 9: localización del proyecto en el contexto del departamento de Tarija





3.1.2.- CARACTERISTICAS DE LA REGION

- **Lenguajes que habla la población**

En cuanto a los idiomas que se habla en la Comunidad de San Andrés se puede constatar que debido a que la mayoría de los habitantes son nativos, el lenguaje que hablan es el español (castellano).

También se puede evidenciar que en una mínima proporción los pobladores hablan quechua, esto se debe a que son personas que vinieron de las zonas andinas y conservaron su lenguaje nativo.

- **Población del área de influencia**

En base a la información de los Censos 1992 y 2001 elaborados por el INE, el censo poblacional anual que realiza la Unidad Educativa San Andrés en la gestión 2012 y el censo comunitario de la gestión 2013 para éste proyecto, se determinó la variación de la población censada entre estos periodos mencionados, y la información se resume en el siguiente cuadro:

Cuadro 28 Datos censales de la población San Andrés

Población	Hombres	Mujeres	Total
Censo 1992	704	770	1474
Censo 2001	597	607	1204
Censo 2012	751	773	1524
Censo 2013	1107	1138	2245

- **Aspectos economicos**

Debido a la producción agrícola, ganadero y turístico de la comunidad su valor productivo representa a nivel departamental el 2% este valor se debe a la infraestructura vial, canales de riego no impulsa el desarrollo de los recursos naturales.

La actividad productiva desde el punto de vista económico, más importante de la región es la agricultura, la ganadería, la disponibilidad de tierras agrícolas es de 2.1 a 5.3 has. por familia.

El turismo que es una de las actividades nuevas que se fomentan en la región de, teniendo como atractivo la reserva biológica de la cordillera de Sama ofreciendo pequeños parques y ríos sirviendo de recreación para los visitantes.

3.2 ASPECTOS SOCIALES

3.2.1 DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS SOCIALES

Las principales fiestas patronales y motivo de encuentros culturales son San Andrés, la pascua, carnaval, Santiago; estas fiestas son un común denominador de la mayor parte de las poblaciones pertenecientes al Valle Central de Tarija, y es un rasgo característico de la zona en cuanto a música, comida, bebida y bailes típicos. Otro evento que va cobrando relevancia en cada una de sus versiones es la Feria de la Papa que se realiza en el campo ferial de la comunidad en el mes de Enero y que reúne a destacados artistas del medio regional, nacional e internacional; ocasión en la que se muestra y comercializa este tubérculo, al mismo tiempo que, aglomera a gran parte de la población flotante de San Andrés, gente de comunidades aledañas y de la ciudad.

3.3 SERVICIOS BASICOS EXISTENTES

- **Servicio de Educación**

Se cuenta en la zona del proyecto con la Unidad Educativa San Andrés que cuenta con los niveles completos de primaria y secundaria. Se tiene el número de 480 alumnos distribuidos en los diferentes cursos que cumplen sus actividades de estudio en el periodo matutino. Existe una gran mejora en el nivel de educación de la comunidad con un elevado número de jóvenes que cuentan con el bachillerato. En cuanto a la población adulta, en su mayoría cuentan con estudios de primaria y algunos con secundaria y superior. Todavía existe analfabetismo en la comunidad en un pequeño porcentaje, principalmente en mujeres adultas.

- **Servicio de Salud**

El servicio de salud es atendido por el Hospital de San Andrés, que atiende a la población en todos los programas departamentales y nacionales de atención médica como ser el Seguro Universal Materno Infantil y las atenciones brindadas por el Seguro Universal de Salud del departamento de Tarija. Los servicios brindados son de medicina general y medicina preventiva, no se cuenta con instalaciones, personal y equipamiento

necesario para la atención de cirugía por lo que la población debe trasladarse a la ciudad de Tarija para dichas atenciones.

- **Servicio de Agua Potable**

Existe una buena disponibilidad de agua en la zona, debido a que en cercanía a la comunidad se encuentran nacientes de importantes ríos y quebradas que aportan a la cuenca del río Tolomosa.

Las obras hidráulicas del sistema de agua potable actual (obras de toma, tuberías y tanques) se encuentra sobrepasadas en los requerimientos por lo que no brinda la calidad del servicio esperado.

La población de San Andrés al tener cobertura de agua potable desde hace 3 décadas aproximadamente posee una educación sanitaria digna de mencionar. La gran mayoría de las viviendas cuentan con inodoros, duchas, lavanderías y piletas de uso doméstico.

- **Servicio de Alcantarillado**

El alcantarillado sanitario se encuentra en funcionamiento, este sistema abarca a la totalidad del pueblo de San Andrés que cuenta con una planta de tratamiento

- **Servicio de Electricidad**

La comunidad cuenta con una red eléctrica permanente con una cobertura casi completa. Y SETAR tiene un punto de cobranza en y un técnico permanente

- **Medios de Comunicación y Transporte**

La comunidad cuenta con servicio de telefonía móvil brindada por los operadores VIVA y ENTEL, TIGO. Se cuenta con internet.

Existe una buena disponibilidad de transporte hasta la comunidad con servicio de taxis y trufis. El costo de los taxis es de 4 Bs con un tiempo de recorrido de 15 minutos; y el de trufis 3.5 Bs con un tiempo de 20 a 25 minutos. La frecuencia de viajes desde las 6 am. hasta las 7 de la noche es de un taxi cada media hora y un trufi cada hora, dependiendo fundamentalmente de las horas pico y de la cantidad de pasajeros.

En cuanto al transporte de productos agrícolas éste se realiza de manera diversa con vehículos medianos y grandes. Gracias a la cercanía con la ciudad de Tarija, la oferta es amplia y el flujo es constante. El costo referencial del transporte es de 2.5 Bs/qq de producto transportado.

3.4.- TOPOGRÁFIA.-

3.4.1.-LEVANTAMIENTO DEFINITIVO.-

Los instrumentos utilizados en el levantamiento se mencionan a continuación:

Estación total Sokkia Set 610y sus componentes

GPS

Brújula

Material complementario (cinta métrica, libreta de anotaciones, clavos, estacas, pintura y pincel)

Los instrumentos empleados para el levantamiento son los siguientes:

- Estación total Sokkia Set 610 y sus componentes
- GPS
- Material complementario (cinta métrica, estacas, pintura y pincel)

❖ Procedimiento en campo

El levantamiento topográfico se realizó con el fin de determinar la configuración actual del terreno para representarlos posteriormente en un plano las características (curvas de nivel)

Como primer paso antes de realizar el levantamiento topográfico es necesario conocer las coordenadas del punto de partida, a través de un GPS Navegador, se obtiene las coordenadas, longitud, latitud y la altura (X, Y, Z), mimas que se irán arrastrando a todos los puntos consecuentes.

Con el punto de partida definido se instaló la estación total, referenciando el punto de estación con un mojón de cemento donde se dejó el BM-0 que este punto se encuentra en la rotonda.

El equipo debe de estar correctamente nivelado para poder obtener datos precisos del terreno real.

Referenciado el punto de partida se procedió a realizar el *Levantamiento topográfico* a lo largo de la faja aproximadamente de 14 metros de ancho tomando en cuenta los detalles que se encuentran al margen del mismo; mientras mayor sea la faja del terreno, se tendrá una mejor apreciación del terreno.

❖ **Procedimiento en Gabinete**

El trabajo de gabinete consiste en el procesamiento de la información obtenida del levantamiento topográfico, el cual consiste en transferir los datos de la Estación Total al computador, en el formato de block de notas (csv), u otro conocido para posteriormente, ingresar los datos al programa de el Autodesk Autocad civil 3D Land Desktop, Eagler Point dicho programa por medio de la triangulación genera las curvas de nivel, configurando una distancia de separación de un metro entre cada curva de nivel.

Las curvas nivel son la representación gráfica del terreno, las mismas ayudan a definir el trazo del camino.

La descripción y las coordenadas de los puntos topográficos (Cogo) obtenidos en el levantamiento se muestran en ANEXO de este proyecto.

Fig. 10: Topografía

Fuente – Propia

PUNTOS B.M.

Lugar: San Andrés

Nombre del punto: P6

Coordenadas UTM norte (y) wgs-84: 7.607.574,052

Coordenadas UTM este (x) wgs-84: 311.775,601

Altura = 1976,167

Descripción para llegar este punto P6 se encuentra ubicado en el Departamento de Tarija, en la comunidad de San Andrés, en la rotonda de la intersección de los caminos San Pedro de Sola, Bellavista, Tolomosa, dicho dato es una referencia del proyecto en construcción asfaltado San Andrés - San Pedro de Sola

3.4.2. Organización de la Información de Campo.

Paralelamente a los trabajos de campo, se procedió a organizar la información recibida

Desde las Estaciones Totales para la introducción de los datos en el programa especializado

Para el Diseño de Vías en formato CAD. Trabajo debidamente numerada y registrada para proceder al cálculo respectivo y al posterior Procesamiento.

3.4.3. Procesamiento de la Información.

El procesamiento de los trabajos topográficos de estos primeros kilómetros en gabinete se realizó en dos etapas:

- Procesamiento de los Registros de Campo
- Procesamiento preliminar de Gabinete

El procesamiento de los Registros de Campo se inició introduciendo los datos al programa Eagle point ; plasmar las coordenadas, ángulos, distancias horizontales y cotas, obteniendo un registro tridimensional con coordenadas X, Y y Z, de todos y cada uno de los puntos levantados en el terreno, datos que servirán para realizar el dibujo de todas las franjas en conjunto con la Planimetría y Altimetría, para el posterior Diseño Geométrico de los diferentes aforos en el Ordenador.

Actualmente se está procesando la información en el programa en el Eagle Point que permitirá originar Modelos de Terreno a partir del conjunto de líneas de planimetría. Estas líneas se obtienen directamente de los registros de Restitución Digital. Así quedaran definidas en planta, las Poligonales Básicas generada por el programa indicado. .

La Información levantada mediante Estaciones Totales, se encuentra almacenada en archivos magnéticos. La información registrada en planillas específicas fue transferida a archivos digitales a través de programas

Este Módulo permitió asignar las coordenadas: X, Y, Z a todos los puntos levantados de la franja en la que se ubicará la carretera, para generar planos con las curvas de nivel correspondientes a la Escala requerida por el Proyecto y con el espaciamiento necesario entre curvas de nivel.

Procesamiento de Planos Topográficos.

La secuencia de tareas preliminares llevadas a cabo en el procesamiento de los planos topográficos del Proyecto, fueron desarrolladas con la ayuda del programa Eagle points

Los pasos empleados durante el trabajo fueron los siguientes:

- Introducción de Coordenadas de la Poligonal Base.
- Creación de archivo de Coordenadas de todos los puntos registrados en Campo.
- Creación de archivos con Coordenadas X, Y y Z, de todos los puntos levantados.
- Creación de la Red de Triangulación
- Interpolación de las Curvas de Nivel del terreno a partir de la Red de Triangulación y de las Coordenadas en cada vértice de la red.
- Dibujo de Curvas de Nivel basándose en la Red de Triangulación en intervalos de un metro.
- Los planos obtenidos en esta primera etapa reflejan la Planimetría de la Faja en la que se

Emplazará el Diseño Geométrico de la Carretera, para su posterior procesamiento en detalle para el Diseño Geométrico de la Carretera.

3.5 ESTUDIO DE SUELOS.-

3.5.1 TOMA DE MUESTRAS

Para obtener las muestras de suelo se procedió a la perforación de hoyos con una profundidad de 60 cm. Y un diámetro de 30 cm. para conseguir muestras que representen las características y propiedades actuales del terreno.

Las muestras fueron extraídas cada en las intercesiones de las calles, sacando un total de 7 muestras, una vez obtenidas se colocaron en bolsas plásticas, conservando así su humedad natural.

Fig.11: Toma de muestra



Fuente – Propia

3.5.2 GRANULOMETRÍA.-

La granulometría determina cuantitativamente la distribución de los diferentes tamaños de partículas de suelo. La interpretación de la granulometría es necesaria para identificar el tipo de suelo y establecer su clasificación dentro de uno de los sistemas de clasificación convencionales.

Tamaño de las partículas:

- Gravas → $> 2\text{mm}$
- Arenas → $0.06 - 2\text{mm}$
- Limos → $0.002 - 0.06\text{mm}$
- Arcillas → $< 0.002\text{mm}$

La granulometría de las diferentes muestras fue realizada mediante el procedimiento del tamizado manual (ASTM D422 –AASHTO T88), los tamices empleados para el ensayo son: 2", 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4, N°10, N°40, N°200.

Fig.12 Granulometría método lavado



Fuente – Propia

Los resultados de granulometría se encuentran en la parte de ANEXO.

3.5.3.-LÍMITES DE ATTERBERG O PLASTICIDAD.-

Los límites de Atterberg se obtuvieron utilizando una pequeña proporción suelo que pasa el tamiz N° 40, de esta manera bajo ciertos procedimientos se conoce el límite líquido (ASTM D4318-AASHTO T89) y el límite plástico (ASTM D4318-AASHTO T90).

A partir de los límites de Atterberg y debido a su importancia se obtuvo el índice de plasticidad (I_p) que no es sino el valor numérico de la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico

$$I_p = LL - LP \quad \text{Ec. 2.1}$$

Dónde:

LL: Límite líquido

LP: Límite plástico

Cuando el Limite Plástico no pueda ser determinado o cuando sea igual o mayor que el Limite Líquido se indicara el índice plástico como NP (No Plástico).

Fig.13: Limite líquido



Fuente – Propia

Cuadro 29: Resultados de Límites Atterberg de la subrazante.

LÍMITES DE ATTERBERG O PLASTICIDAD				
calles	Límite líquido	Límite plástico	Índice de plasticidad	Índice de grupo
CalLes1-7	37,88	26,40	11,44	12
Calle 1-4	28,93	17,05	11,88	8
Calles 1-9	31,16	18,34	12,82	8
Calles 2-4	35,64	27,06	8,58	6
Calles 2-6	32,93	20,16	12,77	8
Calles 2-10	38,21	25,75	12,46	12
Calles3-5	37,19	25,35	11,83	6

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de límites **Atterberg o plasticidad** se encuentran en la parte de ANEXO.

3.5.4.-CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Esta es una etapa en la que se recopilaron la información de laboratorio como es el caso granulometría, límite líquido, límite plástico, para poder realizar un análisis de todos los resultados que corresponden a las 7 muestras extraídas de campo, permitiendo así diferenciar las características físicas y mecánicas de cada una de las muestras por separado, se clasifico por los métodos ASSHTO, y el metodo S.U.C.S.

3.5.4.1- CLASIFICACION AASTHO

La clasificación de las muestras obtenidas de los diferentes puntos a lo largo del camino se la realizo por separado bajo la tabla de clasificación de la AASTHO, en la función a la granulometría, limite líquido y al índice de plasticidad dando como resultado lo siguiente:

$$IG = (P - 35) * [0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F - 15) * (IP - 10) \quad Ec: 2.2$$

Dónde:

F = % Pasante N° 200 (Numero entero).

Si: IG = Es negativo reportar = 0.

IG → Siempre es número entero.

El índice de grupo es útil para determinar la calidad relativa del suelo como material de construcción.

3.5.4.2.- CLASIFICACION SUCS

La clasificación se realizó en base a la tabla que este método. Se basa en la granulometría, Limite Líquido y el índice de Plasticidad del suelo.

Según la clasificación AASHTO y SUCS, se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 30: Resultados de la Clasificación de suelos de la subrazante

CLASIFICACION DE SUELOS		
calles	AASHTO	SUCS
CalLes1-7	A-6 (12)	CL
Calle 1-4	A-6- (8)	CL
Calles 1-9	A-6(8)	CL
Calles 2-4	A-4- (6)	CL
Calles 2-6	A-6-(8)	CL
Calles 2-10	A-6(12)	CL
Calles3-5	A-6-(6)	CL

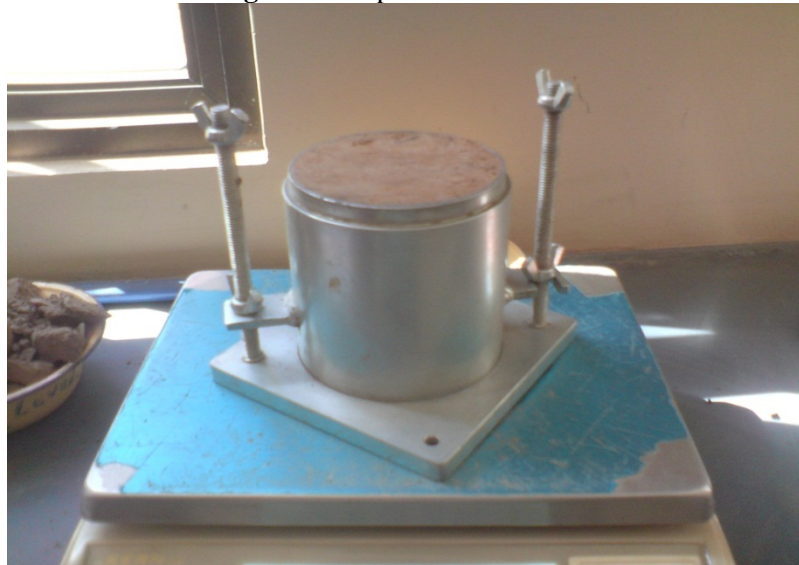
Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de clasificación de suelos se encuentran en la parte de ANEXO

3.5.5.-COMPACTACIÓN T-99.-

La compactación es un proceso mecánico por el cual se busca mejorar las características de resistencia, compresibilidad y esfuerzo-deformación de los mismos; por lo general el proceso implica una reducción más o menos rápida de los vacíos.

Fig. 14: Compactación T-99



Fuente – Propia

Los resultados compactación T-99 se encuentran en la parte de ANEXO.

Cuadro 31: Resultados Compactación de la subrazante

Calles	COMPACTACION		
	AASHTO	% HUMEDAD	DENSIDAD MAX (gr/cm ³)
CalLes1-7	A-6 (12)	12,02	1,75
Calle 1-4	A-6- (8)	12,25	1,74
Calles 1-9	A-6(8)	12,04	1,78
Calles 2-4	A-4- (6)	12,16	1,74
Calles 2-6	A-6-(8)	12,50	1,71
Calles 2-10	A-6(12)	12,73	1,72
Calles 3-5	A-6-(5)	12,08	1,75

Fuente: Elaboración Propia

3.5.6.- RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR).-

Relación de Soporte California (ASTM D1883 AASHTO T-193) para realizar este ensayo en el laboratorio se utiliza como complemento la compactación T-99, realizando así tres ensayos de CBR con una humedad óptima pero bajo diferentes número de golpes correspondiendo a 12, 25, 56 golpes para posteriormente sumergirlo en agua durante 4 días obteniendo su expansión, se hace correr los CBR lecturando el extensómetro que lee la deformación del anillo para diferentes penetraciones siendo las más importantes 0,1” y 0,2” para cada tipo de suelo que pertenecen a la subrasante y a los materiales de banco (*Rio Sola*)

. Ecuación del anillo de 6000 lb de capacidad usada en el laboratorio de suelos *U.A.J.M.S.*

Fig. 15: CBR.



Fuente – Propia

Cuadro 32:Resultados de CBR de la Subrasante

Calles	CBR		
	AASHTO	100%	95%
Calle 1-7	A-6 (12)	6,91	6,35
Calle 1-4	A-6- (8)	6,53	6,05
Calles 2-4	A-4- (6)	6,25	5,81

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados CBR se encuentran en la parte de ANEXO

3.5.7.-ESTABILIZACIÓN

Los diferentes yacimientos a utilizarse como fuentes para la obtención de materiales destinados a terraplenes, capas de subbase, base, agregados del pavimento y/o para hormigones, generalmente se hallan a distancias próximas con la calidad y cantidad aceptables.

Para este proyecto, se realizó una incursión a fin de determinar bancos de préstamo de materiales o canteras a ser utilizados en el proyecto. Se estudiaron uno cercano al camino Este es:

Cuadro: 33 Yacimiento y/o canteras estudiado

Pozo	Yacimiento	Ubicación extracción
1	Río Sola- Aguas abajo	7606079.405; 312091.337

Cuadro 34: Resultados de la Estabilizaciones del Banco

CLASIFICACION DE SUELOS		
BANCO	AASHTO	SUCS
SUB BASE	A-1 a(0)	GM
BASE	A-1 a(0)	GM

DESCRIPCION	COMPACTACION		
	AASHTO	% HUMEDAD	DENSIDAD MAX (gr/cm ³)
SUB BASE	A-1 a(0)	7,20	2,13
BASE	A-1 a(0)	7,02	2,19

Calles	CBR		
	AASHTO	100%	95%
SUB BASE	A-1 a(0)	66,44	60,93
BASE	A-1 a(0)	84,26	76,84

Fuente: Elaboración Propia

3.6.-ESTUDIO DE TRAFICO

3.6.1 TRAFICO PROMEDIO DIARIO (TPD)

Para obtener el tráfico promedio diario, se realizo un conteo de los vehículos que transitan por las calles, durante una semana, desde las 6:00am hasta 19:00pm.

Los resultados Tráfico se encuentran en la parte de ANEXO

Fig.16: Gráfica de la estación de aforo



Fig. 17: Circulación de vehículos

Fuente – Propia

Cuadro 35: Resultados de aforo
AVENIDA SAN ANDRES - CALLE8

DIAS	HORAS	LONGITUD	VOLUMENES TOTALES EN AMBOS SENTIDOS			TOTAL
			LIVIANO	MEDIANO	PESADO	
LUNES	13	110	24	3	1	28
MARTES	13	110	20	5	0	25
MIERCOLES	13	110	28	7	2	37
JUEVES	13	110	29	4	2	35
VIERNES	13	110	22	5	2	29
SABADO	13	110	20	2	1	23
DOMINGO	13	110	29	4	2	35
TPDS* =			25	5	2	

*Fuente de elaboración Propia***TRÁNSITO**

Los pavimentos se proyectan para que resistan un determinado número de cargas durante su vida útil. Existen varios tipos de vehículos con diferentes pesos, y número de ejes. Para el cálculo se transforman los vehículos a una carga equivalente de un eje de 18 kip, (80 kN) Al número de cargas equivalentes del tráfico se llama ESAL (Equivalent Axle Load)

El programa DARWin calcula el número de ESALs de diseño, para ello se deben conocer los siguientes parámetros:

- Tiempo de Diseño: Vida Útil
- Tráfico Promedio Diario en dos direcciones (ADT)
- Número de Carriles en cada Dirección
- Porcentaje de todos los Camiones en el carril de diseño
- Porcentaje de Camiones en la Dirección de Diseño

El programa ofrece dos opciones, el simplificado en el que se utiliza un vehículo promedio y el riguroso en donde se analiza cada tipo de vehículo por separado, para propósitos de este diseño se utilizará el procedimiento riguroso que es el más exacto. Para ello se necesitan los siguientes datos para cada tipo de vehículo:

- Porcentaje del ADT
- Tasa de crecimiento
- Factor Camión Promedio Inicial (TF)

COMPOSICIÓN DEL TRÁFICO

Del Estudio de Tráfico del proyecto, realizado en el año 2013, se obtiene la información de tráfico necesaria para el diseño del pavimento. Se toma como año base el 2013, se consideró que con el tiempo de licitación y construcción las calles estarán terminadas para esta fecha.

En la Cuadro 8 se tiene la composición del tráfico para el año base, desglosado en los tipos de vehículos. El índice de crecimiento vehicular del lugar es de 11,12

Cuadro 36 Composición del tráfico el año 2013

Tramo	Total	L	M	P
Calle 1- 7	32	25	5	2

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 37 Composición del tráfico porcentual el año 2013

Tramo	Total	L	M	P
	%	%	%	%
Calle 1- 7	100,00	78,13	15,63	6,25

Fuente: Elaboración Propia

Dónde:

L : Vehículos Livianos

M : Vehículos Medianos

P : Vehículos Pesados

Cuando se evalúan diseños es necesario saber la composición del tráfico en el último año de su vida útil, esto se consigue proyectando el tráfico del año base, utilizando la siguiente ecuación:

$$T_e = T_b \times (1 + i)^n$$

Donde :

 T_e : Tráfico del año inicial de la etapa T_b : Tráfico del año base

i : Tasa de crecimiento

n : Número de años entre el año base y el año inicial de la etapa.

considera una vida util de 15 años. Las características del tráfico en el año 2028 se pueden ver en la

Cuadro 38 Composición del tráfico el año 2028

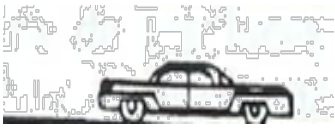

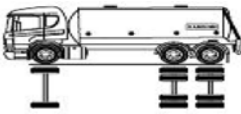
Tramo	Total	L	M	P
Calle 1-7	166,00	130,0	26,0	10,0

Fuente: Elaboración Propia

3.6.2.-CARGAS DEL PROYECTO.-

Las cargas de proyecto son de vital importancia para el diseño de pavimentos, que están expresados en el cálculo de los ejes equivalentes es de esta manera, las cargas que se estiman según el servicio nacional de caminos son:

Cuadro 39: Cargas tipo

VEHICULO TIPO				
VEHICULO LIVIANO				
	Longitud (m)	Peso max. (tn)	Peso por eje	
			Delantero	Trasero
	3,35	0,9	0,45	0,45
	Servicio Nacional de Caminos			
	Longitud	Peso max.	Delantero	Trasero
	3,35	0,9	0,45	0,45
VEHICULO MEDIANO				
	Longitud (m)	Peso max. (tn)	Peso por eje	
			Delantero	Trasero
	5,5	2	1,00	1,00
	Servicio Nacional de Caminos			
	Longitud	Peso max.	Delantero	Trasero
	5,5	2	1	1
VEHICULO PESADO (IRS-2RD)				
	Longitud (m)	Peso max. (tn)	Peso por eje	
			Delantero	Trasero
	10	20	4	16
	Servicio Nacional de Caminos			
	Longitud	Peso max.	Delantero	Trasero
	12,25	25	7	18

Fuente: Servicio Nacional de Caminos

3.6.3.-CÁLCULO DE EJES EQUIVALENTES.-

El flujo vehicular que circula de en el Pueblo de San Andrés se clasifican en livianos, medianos, pesados, debido al daño que producen los vehículos de diferentes pesos al pavimento, el cálculo de ejes equivalentes denominado ESALs (Equivalent Simple Axial Load),

Este parámetro de diseño denominado ESALs es de vital importancia en el método propuesto por la AASHTO de diseño de pavimentos.

Cuadro 40: Resultados de ejes equivalentes

TIPO DE VEHICULO	VOLUMEN DIARIO	FACTORES DE CRECIMIENTO	TRANSITO DE DISEÑO	FACTOR DE CAMION	Nº ESALs p/Diseño
Liviano	25	17.29	157771,.25	0.0004	63,1085
Mediano	5	17.29	31554,25	0.0008	25,2434
Pesado	2	17.29	12621,70	4.1731	52671,61

TOTAL DE VEHICULOS	ESALs de DISEÑO
32	5,276E+04

Fuente de elaboración Propia

3.7.-DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE.-

Introducción

La longitud total de las calles diseñadas es de 2.483 km., con anchos de carril que dependen del espacio disponible en el lugar estos anchos de carril son de 3y 4 m.

Factores de Diseño

Los factores más importantes para el diseño de las capas de un pavimento son los siguientes:

- Tráfico
- Propiedades de la Subrasante
- Materiales de Construcción
- Condiciones Climáticas, Ambientales y Drenaje

Para el propósito de este estudio se realizaron estudios previos de Suelos, Materiales y Tráfico, obteniendo los datos necesarios para el diseño del pavimento

3.7.1.-DIMENSIONAMIENTO.-

3.7.1.1.-MÉTODO AASHTO:

Es un método empírico muy desarrollado basado en la ecuación original de AASHTO, que depende de diversas variables, en función del tiempo y el tránsito, el diseño consiste en determinar el número estructural (SN) de las diferentes capas, en función al tipo de carga solicitado.

3.7.1.1.1 MÓDULO RESILIENTE.-

El módulo resiliente reemplaza al *CBR* ya que es un ensayo mucho más sensible a las propiedades de los suelos, en nuestro medio no se cuenta con los equipos necesarios para determinar el módulo resiliente es de esta manera que se recurre a ecuaciones que correlaciona al *CBR* con el *Módulo Resiliente (Mr)*, se considera como módulo de concreto asfáltico 2070 Mpa para el asfalto, obteniendo este parámetro de suma importancia.

Cuadro 41: Resultados del modulo Resiliente

SUBRASANTE	CBR (%)	MR (Mpa)
A-6(12)	6,35	57,45
A-6-(8)	6,05	55,70
A-4(6)	5,81	54,27

CAPA	CBR (%)	MR (Mpa)
BASE	76,84	240,69
SUBASE	60,93	211,86

Fuente de elaboración Propia

3.7.1.1.2 PERIODO DE DISEÑO

De acuerdo al tipo de camino y al bajo volumen de tránsito con el que se cuenta se asume un periodo de vida útil igual a 15 años.

3.7.1.1.3 CONFIABILIDAD “R”

Es la probabilidad de que el sistema estructural que forma el pavimento cumpla su función prevista dentro de su vida útil bajo las condiciones (medio ambiente) que tiene lugar en ese lapso. Cuanto mayor es la incertidumbre, mayor es el coeficiente de seguridad. La aplicación de estos coeficientes de seguridad puede hacer que el pavimento resulte sobre o sub-dimensionado.

Para el proyecto se asumirá un valor de confiabilidad igual a 80.

3.7.1.1.4 DESVIACIÓN ESTÁNDAR “SO”

Toma en cuenta todos los errores asociada con los datos de diseño y construcción, incluyendo la variabilidad en las propiedades de materiales. La Guía de Diseño AASHTO provee Fuente: Manual Diseño de Pavimento Flexible AASHTO 97

En el proyecto se asume un valor de **So= 0.49** que es recomendado para pavimentos flexibles.

3.7.1.1.5 FACTOR DE DISTRIBUCIÓN POR DIRECCIÓN (DD)

Denominado a si a la distribución del tránsito que circula por cada carril, el método AASHTO recomienda que el este valor sea igual a 0,5.

3.7.1.1.6 FACTOR DE DISTRIBUCIÓN POR CARRIL (DL)

Este factor depende de la cantidad de carriles cuente la calzada de diseño siendo su valor máximo 1.

En el proyecto se asume un valor de **DL= 0,8** que es recomendado para pavimentos flexibles.

3.7.1.1.7 TRÁNSITO ESPERADO (W_{18})

De los resultados podemos observar que aunque los porcentajes de los vehículos livianos son mayores, dan valores insignificantes de ESALs, concluyendo que la influencia de vehículos pesados es la más importante.

El número de ejes equivalentes de 8.2 Tn. O 80 kN en el carril de diseño (ESALs) se puede ver en las cuadro siguiente

Cuadro 42: Resultados W18

Transito Inicial :	5,28E+04	
T.cre:	11,12	%
DD:	0,5	
DL:	0,8	
W18 =	2,347E+05	ESALs

Fuente de elaboración Propia

3.7.1.1.8 SERVICIABILIDAD “PSI”

La serviciabilidad de un pavimento se define como la capacidad de servir al tipo de tránsito para el cual ha sido diseñado. Esta se mide dentro de la escala de 0 a 5, siendo que el valor 5 representa una condición muy buena y 0 pésimas condiciones.

En el proyecto se asume un valor de **Po= 4,2** y un **Pt=2,0** que es recomendado para pavimentos flexibles.

3.7.1.1.9 COEFICIENTE DE DRENAJE (m_i)

El método AASHTO propone la utilización de coeficientes modificados para las capas de pavimento, en función de las características de drenaje de los materiales. Para eso, la calidad del drenaje es definida en función del tiempo exigido para la remoción del agua del pavimento.

En nuestro caso adoptaremos la calidad de drenaje mediano dándonos unos valores de coeficiente de drenaje de:

- m_2 =Coeficiente de drenaje capa base = 0,9
- m_3 =Coeficiente de drenaje capa sub base =0,8

3.7.1.1.10. COEFICIENTES ESTRUCTURALES O DE CAPAS (ai)

El coeficiente estructural de una capa representa la relación empírica entre el número estructural SN y el espesor de dicha capa, siendo una medida de la capacidad relativa del material para actuar como componente estructural de un dado pavimento.

El método AASHTO presenta diversas formas de obtener el valor del coeficiente estructural, en general a través de correlaciones con otras propiedades mecánicas de los materiales (CBR, módulo Resiliente, etc.). Estos coeficientes son posibles de determinar a través de ábacos, los mismos se presentan en la parte de los ANEXOS.

Los resultados adoptados para el diseño son de

a_1 (capa de rodadura)= 0,36

a_2 (capa Base)=0.134

a_3 (capa Sub Bse) = 0.13

Después de haber realizado el cálculo del paquete estructural y su posterior análisis se obtuvieron los siguientes resultados.

Cuadro 43: Resultado del paquete estructural mediante el método AASHTO

CALLE1-7					
CAPA	CLASIFICACION	CBR (%)	Mr (Mpa)	CAPA	ESPEJOR (cm)
Subrasante	A-6(12)	6,35	57,45	Rodadura	7,01
Subbase	A-1-a(0)	60,93	211,86	Base	13,1
Base	A-1-a(0)	76,84	240,69	Subbase	17,03

CAPA	ESPEJOR ADOPTADO
Rodadura	5 cm
Base	16 cm
Subbase	16 cm

CALLE -1-4					
CAPA	CLASIFICACION	CBR (%)	Mr (Mpa)	CAPA	ESPESOR (cm)
Subrasante	A-6(8)	6,05	55,70	Rodadura	7,2
Subbase	A-1-a(0)	60,93	211,86	Base	14,2
Base	A-1-a(0)	76,84	240,69	Subbase	17,4

CAPA	ESPESOR ADOPTADO
Rodadura	5 cm
Base	16cm
Subbase	17 cm

CALLE 2-4					
CAPA	CLASIFICACION	CBR (%)	Mr (Mpa)	CAPA	ESPESOR (cm)
Subrasante	A-4(6)	5,81	54,27	Rodadura	7,1
Subbase	A-1-a(0)	60,93	211,86	Base	15,16
Base	A-1-a(0)	76,84	240,69	Subbase	17,18

CAPA	ESPESOR ADOPTADO
Rodadura	5 cm
Base	16 cm
Subbase	18 cm

Fuente de elaboración Propia

3.7.2.-MÉTODO ÍNDICE DE GRUPO.-

Este es un método basado en principios geotécnicos que consiste en proteger la subrasante de tensiones excesivas bajo ciertas consideraciones que son tomadas en cuenta:

- Terrenos de fundación debidamente compactados a humedad óptima y densidad máxima

- Los sistemas de drenaje subterráneo y superficial son buenos

Tomando en cuenta estas consideraciones previas consiste en determinar los espesores en base a una tabla que requiere del índice de grupo y el tránsito promedio diario anual

Cuadro 44: Resultado del paquete estructural mediante el método índice de grupo

Tramo 1-7	
ADOPTADO	
CAPA	ESPESOR (cm)
Rodadura	5
Base	10
Subbase	20

Tramo: 1-4	
ADOPTADO	
CAPA	ESPESOR (cm)
Rodadura	5
Base	10
Subbase	20

Tramo: 2-4	
ADOPTADO	
CAPA	ESPESOR (cm)
Rodadura	5
Base	10
Subbase	20

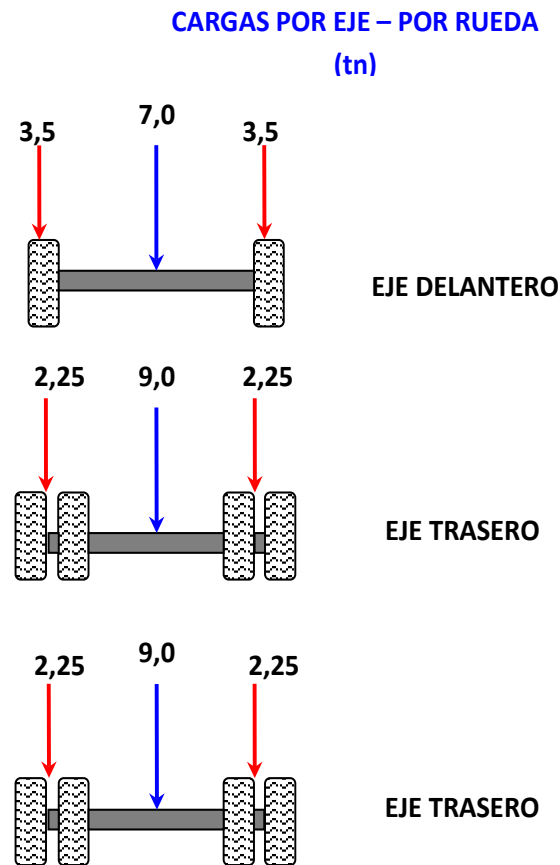
Fuente de elaboración Propia

3.7.3.-MÉTODO CBR:

Este es un método empírico que para la determinación de los espesores utiliza el CBR (Relación de Soporte California) de la subrasante, subbase y la base, además

teniendo en cuenta la carga por rueda o por eje conociendo estos parámetros se determinan los espesores en base ábacos o gráficos desarrollados a través de numerosas experiencias.

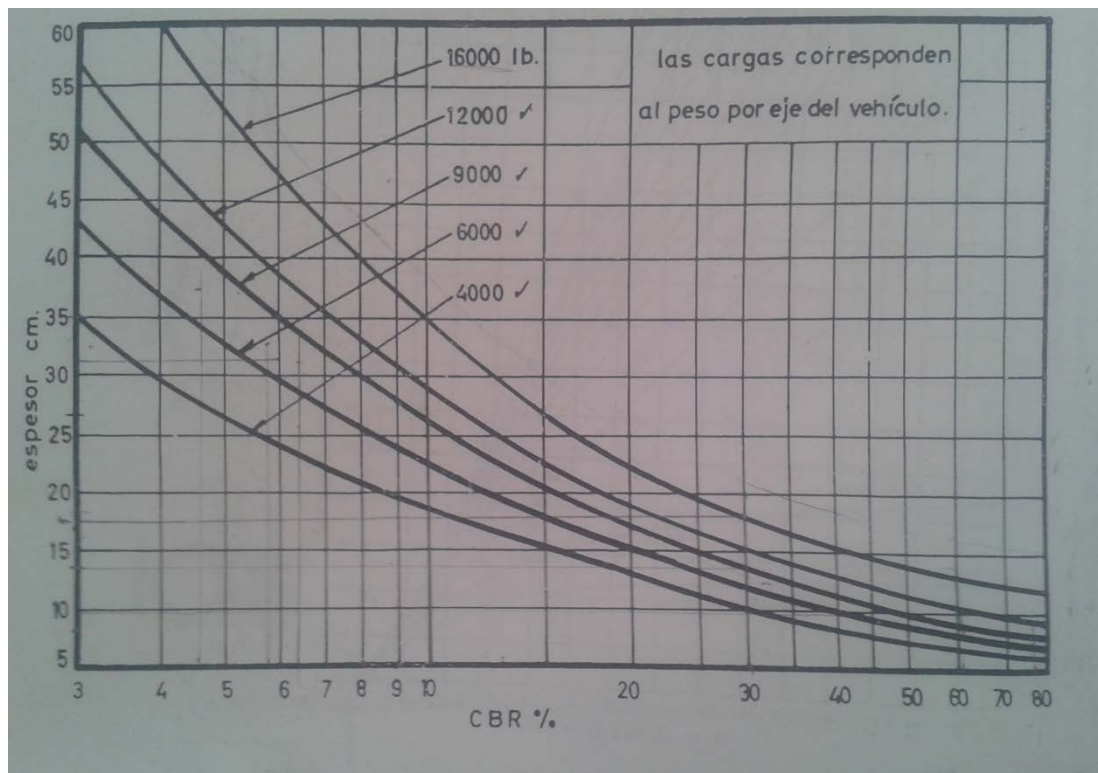
Fig. 18: Gráfica de carga por eje, por rueda



Cuadro 45: Resultados de carga por eje, por rueda

PESO POR RUEDA ADOPTADO	=	4.4	Tn
PESO POR RUEDA ADOPTADO	=	9000	Lb

Fig. 19 Ábaco para la determinación de espesor para pavimentos flexibles mediante el CBR



Cuadro 46: Resultados del paquete estructural mediante el método CBR

TRAMO:1-7	
CAPA	ESPEJOR ADOPTADO
Rodadura	5 cm
Base	6cm
Sub Base	22 cm

TRAMO: 1-4	
CAPA	ESPEJOR ADOPTADO
Rodadura	5 cm
Base	6 cm
Sub Base	23 cm
TRAMO : 2-4	
CAPA	ESPEJOR

	ADOPTADO
Rodadura	5 cm
Base	6cm
Sub Base	25cm

Fuente de elaboración Propia

3.8 CÓMPUTOS MÉTRICOS

Es la cuantificación o determinación de volumen, superficie, etc. de materiales necesarios para ejecutar cada ítem, y para poder determinar el costo del mismo.

El trabajo de medición puede ser ejecutado de dos maneras que son: sobre la obra misma, o sobre los planos.

Ítem: es conjunto de actividades valoradas en unidades determinadas a través de la unidad que puede apreciarse al efectuar el presupuesto, las mismas pueden ser de longitud (ml), superficie (m²), volumen (m³), peso (Kg), existiendo algunas de ellas que por su naturaleza o complejidad solamente pueden medirse en forma global.

Para cada una de las obras que intervienen en el diseño de la carretera, se crearon planillas detalladas para el cálculo de los cómputos métricos de los diferentes ítems que forman parte de la obra, y características particulares de cada elemento.

3.9 PRESUPUESTO

3.9.1 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

El análisis de precios unitarios para los diferentes ítems de construcción que se definieron en el presente proyecto, se desarrolló teniendo en cuenta tres componentes específicos: Mano de Obra, Equipo y Materiales. Para cada componente se consideraron los Gastos Generales, Utilidades e Impuestos, donde cada uno de estos rubros se los analizó en forma particular.

El tipo de cambio utilizado es de 6.96 Bs/\$us.

La moneda de referencia utilizada es el Boliviano, la cotización con relación al dólares americanos (\$us.).

Se adjuntan los resultados del análisis de precios unitarios en Anexos

Cuadro 47: Porcentaje Asumido de precios unitarios

Porcentajes asumidos Precios unitarios	
Cargas sociales	67%
Impuestos al valor agregado (IVA)	14.94%
Herramienta y menores	5%
Gastos administrativos	10%
Utilidad	10%
Impuesto a la transacciones	3.09%

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 48: Precios de mano de obra para la construcción de las calles

MANO DE OBRA	UNIDAD	PRECIO Bs
MANO DE OBRA:		
Alarife	hr	17.50
Ayudante Operador	hr	12,00
Capataz	hr	20,00
Chofer	hr	18,25
Operador de Equipo Liviano	hr	20,00
Operador de Equipo Pesado	hr	20,00
Operador de Equipo	hr	20,00
Operador Equipo Liviano	hr	16,25
Peon	hr	12,00
Topografo	hr	25,00

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 49: Precios de materiales para la construcción de las calles

MATERIALES E INSUMOS	UNIDAD	PRECIO Bs
MATERIALES		
Asfalto Liquido	l	10,00
Cemento Asfaltico	kg	10,00
Filler	kg	5,00
Estacas Madera 2"x2"x30cm	pza	1,5
Kerosene	lt	3,01
Material Chancado	m ³	120,00
Material Seleccionado	m ³	140,00
Pintura al Oleo	l	70,00
Produccion de Material Triturado para Base	m ³	80,00

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 50: Costo horario de maquinarias y equipo para la construcción las calles

MAQUINARIA Y EQUIPO	UNIDAD	PRECIO Bs
MAQUINARIA Y EQUIPO		
Arado 24 Discos	hr	7,00
Camion Sisterna 1000 l	hr	175
Cargador Frontal Sobre Ruedas CAT-930	hr	450
cargador frontal sobre ruedas CAT-950-F	hr	450
Compactador Rodillo Neumat. Autopr. Tandem	hr	350
Distribuidor de Asfalto	hr	570
Escoba Mecanica	hr	175
Estacion Total	hr	80
Motoniveladora Pequeña cat-120g	hr	350
Nivel de Ingeniero	hr	50
Planta Calentamiento de Asfalto	hr	80
Planta Concreto Asfaltico	hr	558
Rodillo Liso Autoprop CA 15A	hr	350
Rodillo Neumatico CP 27	hr	250
Rodillo Pata Cabra TAMDEM AUTO. CA25	hr	250
Rodillo Vibratorio Liso AUTO. CC 43	hr	250
Terminadora	hr	200
Tractor Agricola	hr	315
Volqueta 10 m3	hr	175

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 51: Planilla de precios unitarios

PROYECTO: Diseño Final de Ing. Pav. Calles Com. De San Andrés			FECHA 04/05/14			N° ACTIVIDA D 1
ACTIVIDAD: Instalación de Faeneas			Tipo de cambio		6,96 Bs	
UNIDAD: Glb.						
N°	P.	Insumo/Parámetro	Und.	Cant.	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)
	A	MATERIALES				
1	-	CALAMINA ONDULADA N° 28	m ²	10,00	45,00	450,00
2	-	LADRILLOS DE 6 HUECOS	pza.	400,00	2,20	880,00
3	-	MADERA DE CONSTRUCCION	pie ²	50,00	8,00	400,00
4	-	PIEDRA BRUTA	m ³	1,00	115,00	115,00
5	-	ESTUCO	kg	200,00	0,50	100,00
>	D	TOTAL MATERIALES			(A) =	1.945,00
	B	MANO DE OBRA				
1	-	ALBAÑIL	hr	50,00	12,00	600,00
2	-	AYUDANTE DE ALBAÑIL	hr	50,00	12,00	600,00
>	E	SUBTOTAL MANO DE OBRA			(B) =	1.200,00
	F	Cargas Sociales		67,00% de	(E) =	804,00
	O	Impuesto al Valor Agregado		14,94% de	(E+F) =	299,40
>	G	TOTAL MANO DE OBRA			(E+F+O) =	2.303,40
	C	EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIEN				
	H	Herramientas menores		5,00% de	(G) =	115,17
>	I	TOTAL HERRAMIENTAS Y EQUIPO			(C+H) =	115,17
>	J	SUB TOTAL			(D+G+I) =	4.363,57
	L	Gastos grales. y administrativos		10,00% de	(J) =	436,36
	M	Utilidad		10,00% de	(J+L) =	479,99
>	N	PARCIAL			(J+L+M) =	5.279,92
	P	Impuesto a las Transacciones		3,09% de	(N) =	163,15
>	Q	TOTAL PRECIO UNITARIO			(N+P) =	5.443,07
>		PRECIO ADOPTADO:				5.443,07
		Son: Cinco Mil Cuatrocientos Cuarenta y Tres con 07/100 Bolivianos				

Fuente: Elaboración Propia

3.9.2 PRESUPUESTO GENERAL

Representa el valor total estimado que tendrá el asfaltado de las calles, al ser construido este no es un valor fijo ya que puede variar a medida que se ejecute la obra. Ver anexos.

Cuadro 52: Resultado Presupuesto general de la obra

PRESUPUESTO GENERAL					
Proyecto: Diseño de Ingeniería Pav. Calles de Com. de San Andres					
Tipo de cambio: 6,96					
Nº	Descripción	Und.	Cantidad	Unitario	Parcial (Bs)
1	INSTALACION DE FAENAS	glb	1,00	5.443,07	5.443,07
2	LETRERO OBRAS	pza	1,00	2.008,29	2.008,29
3	REPLANTEO Y CONTROL TOPOGRAFICO	km	2,48	3.983,06	9.889,94
4	EXCAVACION MATERIAL SUELTO	m³	11.924,35	22,31	266.032,25
5	SOBRE TRANSPORTE DMT 3 KM	m³-km	11.924,35	4,37	52.109,41
6	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE	m³	649,92	40,05	26.029,30
7	SUB BASE GRANULAR	m³	2.879,56	263,46	758.648,88
8	CAPA BASE	m³	2.647,08	187,82	497.174,57
9	RIEGO DE IMPRIMACION	m²	16.248,08	27,50	446.822,20
10	CARPETA ASFALTICA	m³	812,40	2.479,81	2.014.597,64
11	SEÑAL VERTICAL PREVENTIVA	pza	4,00	958,46	3.833,84
12	SEÑALIZACION VERTICAL DE IDENTIFICACION	pza	4,00	813,99	3.255,96
13	SEÑAL HORIZONTAL SOBRE EL PAVIMENTO	m²	50,00	28,63	1.431,50
14	PLACA ENTREGA DE OBRAS	pza	1,00	2.115,85	2.115,85
Total presupuesto:					4.089.392,70
Son: Cuatro Millon(es) Ochenta y Nueve Mil Trescientos Noventa y Dos con 70/100 Bolivianos					

Fuente: Elaboración Propia

3.10 CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

Se presentará el Cronograma de Ejecución de Obras del proyecto, en. El cronograma se presentara mediante un Diagrama de Barras GANT,

Ver anexos.

3.11 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Es Conjunto claro y ordenado de disposiciones, requisitos, condiciones, instrucciones y normas necesarias o para la correcta ejecución de obras, y que a la vez permitan

calificarla calidad de los materiales y mano de obra con el fin de obtener resultados óptimos.

De acuerdo al diseño final, se presentará un Pliego de Especificaciones Técnicas (generales y/o especiales), elaborado para cada uno de los ítems componentes del proyecto: obras complementarias, equipos y accesorios especiales,

Ver anexos

4.1-CONCLUSIONES.-

- Se obtuvieron los parámetros de mayor incidencia en lo geométrico la topografía y estructural como suelos, carga del vehículo tipo y realizando el aforo vehicular durante una semana obteniendo un TPDA de 32 veh/día proyectando con un horizonte 15 años se generó 166 veh./día. y el número de ejes equivalentes de 18 *kips.* (80 *kN.*) o *Nº de ESALs* = 234700 en direcciones.
- El levantamiento que se pudo obtener fue a través de una poligonal abierta, tuvo algunas restricciones en cuanto al levantamiento de la faja, es decir, no se pudo hacer un levantamiento muy extenso transversalmente por Construcciones en los manzanos, se dejó un BM mojonados con cemento ubicados en la rotonda de la comunidad de San Andrés
- La extracción de calicatas que se obtuvo correspondió al ancho de calzada en las intercesiones de las calles tomando siete puntos de estudio, luego realizar la clasificación especialmente se destacan dos tipos de suelos limosos y arcillosos, como en este caso particular que las siete muestras existen suelos similares en el ensayos de C.B.R. se realiza tres suelos, los siguiente resultados que se tomó en cuenta para el diseño estructural, suelo A-6(12) C.B.R. 6,35 %, A-6(8) C.B.R. 6,05%, A-4(6) 5,81% que se consideró para el diseño estructural, para el diseño de base y sub base se estabilizaron donde se obtuvo de sub base C.B.R. 60,93% , base C.B.R. 76,84%
- El diseño geométrico que se realizó fue producto de un análisis cuantitativo y cualitativo de la norma adoptando las siguientes dimensiones en las calles1, calle 8 calle 6-Aven, calles 5- Av. 8 mts. de calzada, y 4 de eje de carril, en las calles2, calle 5-3, calles 6-3, Calle7, calle10. 6 mts. de calzada 4 metros de acera en, el diseño del trazo que se pudo obtener es seguro, confortable, para usuarios y peatones, esto se pudo lograr con la ayuda del software Eagle Points, Land Desktop Companion 2009.
- Para el diseño del Pavimento Flexible se utilizaron 3 métodos el método Índice de Grupo, método C.B.R. y el método AASHTO

- Concluimos indicando, que dentro el diseño del Pavimento Flexible, siguiendo las recomendaciones del método AASHTO – 97, propuesto para las calles la comunidad de San Andrés, se tiene la siguiente estructura:

Suelo A-6(12),

Concreto asfáltico	=	5,00 cm.
Capa base granular	=	16,00 cm.
Capa sub-base granular	=	16,00 cm.
Paquete Estructural	=	37,00 cm.

Suelo A-6(8)

Concreto asfáltico	=	5,00 cm.
Capa base granular	=	16,00 cm.
Capa sub-base granular	=	17,00 cm.
Paquete Estructural	=	38,00 cm

Suelo A-4(6)

Concreto asfáltico	=	5,00 cm.
Capa base granular	=	16,00 cm.
Capa sub-base granular	=	18,00 cm.
Paquete Estructural	=	39,00 cm

- El costo del proyecto es de **4.089.392,70 Bs. Son: Cuatro Millón(es)** Ochenta y Nueve Mil Trecientos Noventa y Dos con 19/100 Bolivianos
- En tiempo de duración de la obra es de 120 días calendario trabajando con una sola cuadrilla
- No se realizó el diseño de obras de drenaje porque no existen pasos de quebradas, canales de riego y cuenta ya con alcantarillado sanitario.

4.2.-RECOMENDACIONES.-

- Si se pretende usar el método AASHTO para el diseño estructural, se deberá definir en forma acertada las ecuaciones del módulo resiliente.
- Se recomienda en la construcción tomar en cuenta los puntos obligados las cámaras del alcantarillado sanitario.

- Para obtener una topografía en caso de tener un terreno llano no es necesario ser muy detallado en cuanto a la ubicación de transversales por que incurre a obtener una digitalización de curvas de nivel imaginaria y errónea de esta manera una nueva alternativa en la ubicación de trasversales podría ser cada (30 – 40) mts. a lo largo del eje.
- Después de hacer un análisis en cuanto a incidencia del tráfico vehicular en las calles de desarrollo, se puede decir que esto no es necesario, sino más bien hacer un análisis de las cargas de los vehículos tipo que circulan en las calles.
- En lo futuro se recomienda realizar el diseño del alcantarillado pluvial.