

## CAPÍTULO I: DISEÑO TEÓRICO METODOLÓGICO

### 1. INTRODUCCIÓN.

Se entiende por diseño de Ingeniería de un camino vecinal, la realización del diseño Geométrico y diseño Estructural de dicho camino aplicando todos los conocimientos técnicos adquiridos en aula y llevándolos a cabo en la realización real de un Proyecto de Ingeniería para la construcción de una vía de comunicación o sistema carretero, cumpliendo normativas y parámetros de diseño establecidos por un órgano rector, en este caso la Administradora Boliviana de Carreteras (ABC).

En Tarija se vienen ejecutando varios proyectos de diseño de ingeniería de caminos vecinales, departamentales o municipales que incluyen aperturas, mejoramientos, recapamientos, pavimentados y otros, relacionados a la construcción de vías de comunicación. En la Provincia Avilés, específicamente en el Municipio Uriondo, en los últimos años la Gobernación del Dpto. de Tarija, Sección Uriondo, es la encargada de llevar a cabo la construcción y ejecución de caminos vecinales en todo el municipio, pero la falta de infraestructura caminera en el Municipio es evidente, puesto que varias comunidades se ven afectadas por una serie de cortes de caminos ocasionando pérdidas agrícolas y pecuarias por estos cortes del camino, dicho problema viene agravándose de manera progresiva, produciendo impactos negativos en la economía de la zona, y por ende, frena el desarrollo de este Municipio.

El autor quiere realizar el Diseño de Ingeniería para el camino vecinal Chocloca-Huayco Grande, perteneciente al Municipio de Uriondo, presentando alternativas de solución con su respectivo proyecto de ingeniería como alternativa de solución al problema de falta de infraestructura vial de la zona, donde las normativas a seguir serán las estipuladas por la Administradora Boliviana de Carreteras (ABC) para dicho Diseño de Ingeniería.

La realización de este Diseño de Ingeniería es importante puesto que se presentarán alternativas de trazo y diseño de paquete estructural, de las cuales se deberá elegir la más adecuada y además que brinde una vía caminera accesible, segura y transitable durante los 365 días del año ya que la existencia o no de una vía de comunicación transitable en cualquier época del año, es un factor preponderante para el desarrollo. La presentación de alternativas de infraestructura vial para el camino vecinal Chocloca-Huayco Grande también es importante para el desarrollo de las comunidades beneficiarias puesto que ayudará a los comunarios de la zona a contar con una infraestructura caminera adecuada e indispensable para lograr comercializar su producción, como así también el fácil acceso de insumos y servicios requeridos por los pobladores de la zona.

## 1.2. JUSTIFICACIÓN.

El desarrollo de las comunidades depende íntimamente de los medios de transporte; la falta de una buena infraestructura caminera es uno de los mayores obstáculos para lograr un mayor desarrollo económico y social así como también la integración de los pueblos.

Una de las razones sociales que justifican el Diseño de Ingeniería para el tramo Chocloca – Huayco Grande, radica básicamente en que los comunarios y familias de la zona requieren un camino vehicular estable todo el año, y en especial en épocas de cosecha que les permita poder comercializar sus productos, tanto agrícolas como pecuarios, además de convertir el área involucrada con el proyecto en un polo de desarrollo e integración entre las provincias Avilés y Cercado.

Otra de las razones que justifican el planteamiento de alternativas de solución al problema de infraestructura vial en esta zona es que se tiene terrenos en condiciones ideales para la producción agropecuaria.

Lo que se pretende con el proyecto es mejorar el camino actual tomando como referencia al mismo en para evitar afectaciones terrenos privados, de cultivo y de pastoreo de la zona, mediante la construcción de una carretera pavimentada, ya que el

camino existente se encuentra en condiciones poco aptas de transitabilidad y se hace intransitable en tiempo de lluvias.

### 1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

#### 1.3.1. Situación Problémica.

En la provincia Avilés, la Gobernación del Departamento de Tarija –Sección Uriondo viene ejecutando varias obras de apertura, mejoramiento y asfaltado de varias vías camineras que permiten la integración de la provincia. Las comunidades de Chocloca y de Huayco Grande se integran a través de un camino vecinal que es utilizado por los comunarios para traer sus productos a comercializarlos a la ciudad de Tarija y además proveerse de productos de primera necesidad, pero la vía presenta la necesidad de pavimentarse y de adecuar el camino actual (rodadura de tierra), a un diseño geométrico donde sus características técnicas relacionadas con el alineamiento vertical y horizontal, ancho de plataforma, drenaje y otras características se adecuen a las normas técnicas de carreteras en Bolivia. Además, otro problema que se presenta es el polvo y la tierra que dejan los vehículos en algunos sectores del tramo y que son un perjuicio para los mismos vehículos que circulan por la carretera y para los comunarios de la zona que se ven afectados por esto; otra justificación para el Diseño de Ingeniería de esta vía es que las carreteras adyacentes a ésta son parte de la red municipal de la provincia Avilés por el tramo Tarija-Chocloca-Chaguaya (tramo asfaltado) y también para la integración de las provincias Cercado y Avilés por el tramo Tarija-Tolomosa-Pampa Redonda-Camacho (tramo en proceso de construcción). Por estos motivos se tiene la necesidad de presentar alternativas de solución y diseño de Ingeniería para el camino vecinal Chocloca – Huayco Grande (progresiva 0+000 hasta la progresiva 6+500).

### **1.3.2. Problema.**

¿El Diseño de Ingeniería para el camino vecinal Chocloca – Huayco Grande (progresiva 0+000 hasta la progresiva 6+500) ayudará a mejorar las condiciones de la vía existente y la carpeta de rodadura en el tramo?

## **1.4. OBJETIVOS.**

### **1.4.1. Objetivo General.**

Realizar el diseño de Ingeniería para el tramo Chocloca-Huayco Grande, en base a las Normas vigentes en el país para el diseño de Carreteras, con la finalidad de garantizar la fluidez del tráfico vehicular cómodo y seguro en beneficio de usuarios y comunarios que viven en la zona.

### **1.4.2. Objetivos Específicos.**

- Selección de la mejor alternativa de solución para el diseño de ingeniería.
- Realizar los estudios previos al diseño ( Topografía, hidrología, estudio de suelos y estudio de tráfico)
- Diseñar el paquete estructural para pavimento Flexible y para Tratamiento Superficial Doble, por el Método AASHTO – 93.
- Realizar un análisis de costo para el Diseño Geométrico y Estructural, con su correspondiente análisis de precios unitarios.

## **1.5. CRONOGRAMA.**

El cronograma se realizó teniendo en cuenta 13 semanas de avance, contemplando posibles paros, huelgas, bloqueos, conflictos internos de la universidad y se lo detalla a continuación en la TABLA N° 1.1.

TABLA N° I.1. CRONOGRAMA DE REALIZACIÓN

N°	ACTIVIDAD/ SEMANAS	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8	SEMANA 9	SEMANA 10	SEMANA 11	SEMANA 12	SEMANA 13
1	REVISION BIBLIOGRÁFICA													
2	LEVANT. TOPOGRÁFICO													
3	TRABAJO DE GABINETE													
4	MUESTREO/APIQUES													
5	LABORATORIO													
6	TRABAJO DE GABINETE													
7	ESTUDIO HIDROLÓGICO													
8	ESTUDIO DE TRÁFICO													
9	TRABAJO DE GABINETE													
10	DISEÑO GEOMÉTRICO													
11	DISEÑO ESTRUCTURAL													

Fuente: Elaboración Propia

### **1.6. ALCANCE.**

El alcance del presente trabajo tomando en cuenta que se trata del “Diseño de Ingeniería para el tramo vecinal Chocloca-Huayco Grande” progresiva 0+000 hasta la progresiva 6+500, comprende la elaboración del Diseño Geométrico y Diseño Estructural (Pavimento Flexible y Tratamiento Superficial Doble) en beneficio de los comunarios que viven en la zona.

## CAPÍTULO II: INGENIERÍA DEL PROYECTO

### 2.1. UBICACIÓN.

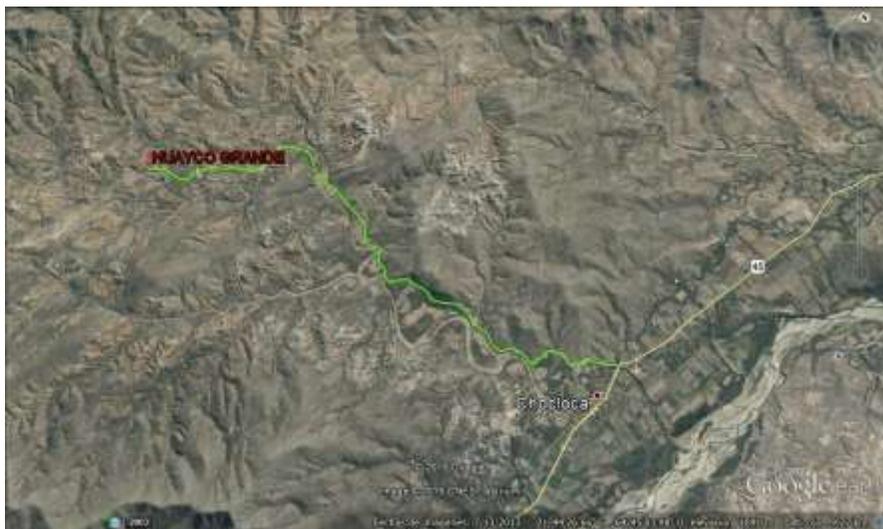
#### 2.1.1. Ubicación Física del Proyecto.

País:	Bolivia
Departamento:	Tarija
Provincia:	Avilés
Municipio:	Uriondo 1 <sup>RA</sup> Sección

#### 2.1.2. Ubicación Geográfica.

Geográficamente, el proyecto inicia en la comunidad de Chocloca en los 21° 45' de Latitud Sud y 64° 44' de Longitud Oeste y finaliza en la comunidad de Huayco Grande en los 21°44' Latitud Sud y 64°47' Longitud Oeste, pasando por la comunidad de Huayco Chico.

IMAGEN 2.1. Ubicación Imagen Satelital



Fuente: Google Earth

La siguiente imagen, muestra un mapa referencial donde se encuentra ubicada la zona de influencia directa del proyecto en el contexto departamental.

IMAGEN 2.2. Ubicación del Proyecto (Mapa Referencial)



Fuente: Elaboración Propia

## 2.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA DEL PROYECTO.

### 2.2.1. Aspectos Productivos.

La producción agrícola y ganadera se da especialmente en las comunidades de Huayco Chico y Huayco Grande, siendo éstas las principales actividades desde el punto de vista económico. A pesar de contar con terrenos comunales de pastoreo y los terrenos de cultivo, se tiene un porcentaje mínimo de productividad debido a la falta de un fácil acceso vial a la zona.

### 2.2.2. Infraestructura.

Las comunidades mencionadas no cuentan con infraestructura vial y de transitabilidad estable todo el año, se tiene red eléctrica en casi la totalidad de la zona de área del proyecto y el sistema de telecomunicaciones es telefónico de tipo móvil.

### **2.2.3. Servicios Básicos, Salud y Educación.**

La dotación de agua potable es muy poca en la zona y la mayor parte de la comunidad no accede a ella debido a que los pobladores se encuentran dispersos en toda el área; no cuenta con alcantarillado sanitario ni con agua potable en las viviendas; no cuentan con un Centro de Salud. Se cuenta con una Unidad Educativa en la Comunidad de Huayco Grande.

## **2.3. ESTUDIOS PREVIOS AL DISEÑO.**

### **2.3.1. Estudio Topográfico.**

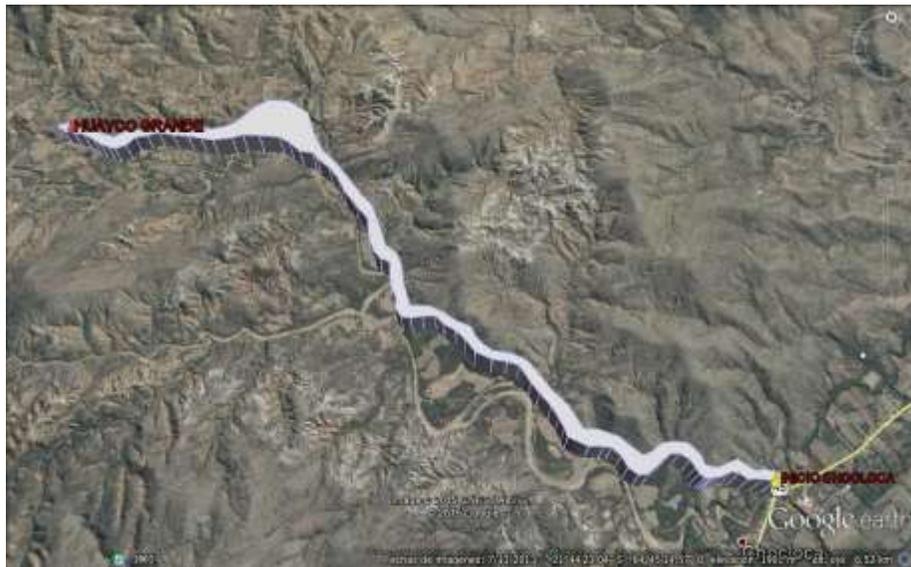
Para la ejecución de un diseño geométrico es necesario partir de las características del terreno del lugar donde va a ser ejecutada la obra, para ello se recurre a la Topografía la cual nos ayudará a realizar un levantamiento topográfico del lugar para obtener la representación gráfica de las características del terreno del lugar de emplazamiento del proyecto.

#### **2.3.1.1. Levantamiento topográfico.**

El estudio topográfico fue realizado por funcionarios de la Gobernación del Departamento de Tarija – Sección Uriondo y a solicitud de mi persona, los datos de dicho levantamiento me fueron facilitados en medio magnético.

IMAGEN 2.3. Imagen Satelital, croquis para el levantamiento Tramo

Chocloca- Huayco Grande



Fuente:

Google Earth

### 2.3.1.2. Trabajo de gabinete y procesamiento de datos.

Teniendo los datos de Campo del levantamiento topográfico se procede a la modelación del terreno en forma digital; para esto se empleó el Software AutoCAD Civil 3D Land Desktop Compañión 2009, para la modelación hasta reproducir las curvas de nivel de terreno y modelar la superficie del campo virtualmente en el ordenador. La gran cantidad de datos (puntos) provenientes de la Estación Total creados en varios trabajos, deben ser ordenados y clasificados en EXCEL para una correcta modelación.

Una vez clasificada la información y modelada la superficie, el trabajo se encuentra listo para ser usado.

Un total de 3881 puntos levantados. A continuación tenemos la siguiente tabla de resumen de BMs.

TABLA 2.1. RESUMEN DE BMs

Punto N°	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIPCIÓN
8376	7594216.004	320675.997	1801.61	BM-01
8740	7594014	319842	1815.98	BM-02
100	7594129.21	319747.683	1815.523	BM-3
103	7594127.4	319738.908	1815.87	BM-4

934	7594828	318176.997	1836.68	BM-5
1508	7595669.606	317358.741	1844.799	BM-6
1525	7595656	317310.000	1844.03	BM-7
1791	7595783.32	317015.075	1855.424	BM-8
1798	7595758.95	316964.949	1851.104	BM-9
1960	7595646	316523.998	1876.95	BM-10
2402	7595485	315509.997	1912.75	BM-11

Fuente: Levantamiento Topográfico Tramo Chocloca-Huayco Grande

Las coordenadas geográficas del levantamiento topográfico (Norte, Este, Elevación, más su respectiva descripción) se muestran a continuación. (Hacemos notar que debido a la gran cantidad de puntos levantados se presentará una tabla parcial con dichos puntos y el detalle completo de coordenadas geográficas estará en el ANEXO 1. Estudio Topográfico).

TABLA 2.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

Nº	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIPCIÓN
1	7596092.170	315085.390	1939.328	EST
2	7596096.534	315083.174	1939.520	AUX
3	7597807.313	315712.938	2008.278	AUX
4	7597803.354	315713.260	2008.710	EST
5	7593904.688	319890.396	1799.910	E-40
6	7593903.105	319887.842	1800.162	EJE
7	7593903.961	319884.441	1800.368	POSTE
8	7593909.124	319906.901	1801.036	CULTIVO
9	7593923.117	319882.370	1800.466	E-41
10	7593900.996	319880.597	1798.465	EJE
11	7593920.946	319879.368	1800.414	EJE
12	7593931.103	319912.569	1802.203	CULTIVO
13	7593920.428	319876.513	1800.391	TRV
14	7593941.416	319874.374	1801.002	E-42
15	7593949.736	319913.973	1803.411	CULTIVO
16	7593939.180	319871.067	1801.030	EJE
17	7593938.514	319868.313	1800.936	CAMINO
18	7593972.987	319919.221	1805.197	CULTIVO
19	7593958.897	319864.771	1802.125	E-43
20	7593957.126	319861.493	1802.406	EJE
21	7593996.906	319921.528	1807.168	CULTIVO
22	7593974.986	319851.884	1804.303	EJE
23	7593961.728	319857.787	1802.834	EST

24	7593969.758	319857.388	1803.601	AUX
25	7593976.692	319855.509	1804.152	E-44
26	7593955.276	319859.041	1802.356	IZQ
27	7593949.624	319852.613	1797.871	TRV
28	7593972.954	319849.049	1804.242	IZQ
29	7593983.908	319858.830	1805.216	TRV
30	7593967.347	319840.188	1798.073	RIO
31	7593992.163	319842.999	1806.378	E-45
32	7593988.697	319837.116	1806.318	IZQ
33	7593990.077	319839.967	1806.186	EJE
34	7593990.675	319844.444	1806.289	TRV
35	7593994.037	319844.708	1809.869	TRV
36	7594000.266	319829.726	1807.328	EST
37	7593997.046	319832.242	1806.958	AUX
38	7593987.247	319828.378	1798.447	RIO
39	7594008.406	319831.336	1807.444	E-46
40	7594010.225	319833.594	1811.145	TRV
41	7594008.871	319831.971	1808.038	TRV
42	7594005.744	319827.232	1807.429	IZQ
43	7594007.713	319815.830	1799.060	RIO
44	7594006.704	319829.317	1807.324	EJE
45	7594025.434	319821.198	1807.993	E-47
46	7594026.582	319822.983	1810.769	TRV
47	7594024.119	319819.352	1807.905	EJE
48	7594022.792	319816.874	1807.917	IZQ
49	7594019.887	319806.018	1799.242	RIO
50	7594042.082	319809.857	1807.567	E-48
51	7594042.808	319810.624	1808.480	TRV
52	7594044.473	319813.039	1809.747	TRV
53	7594040.721	319807.796	1807.359	EJE
54	7594039.058	319805.688	1807.287	IZQ
55	7594033.911	319794.899	1800.115	RIO
56	7594057.045	319796.596	1807.000	E-49
57	7594059.664	319799.899	1809.464	TRV
58	7594058.125	319797.709	1808.520	TRV
59	7594039.067	319781.305	1799.714	RIO
60	7594065.476	319807.538	1813.164	TRV
3841	7598310.324	316100.324	1948.309	QDA+
3842	7598306.604	316089.469	1962.355	QDA+
3843	7598293.841	316106.756	1947.917	QDA+
3844	7598290.746	316094.761	1963.418	QDA+
3845	7598276.161	316103.664	1965.048	QDA+

3846	7598280.269	316117.942	1947.938	QDA+
3847	7598322.351	316077.586	1960.957	QDA+
3848	7598399.546	316152.261	2007.507	TRV+
3849	7598406.53	316180.154	2016.719	TRV+
3850	7598390.173	316232.202	2017.932	QDA+
3851	7598390.145	316226.576	2021.612	QDA+
3852	7598391.563	316240.811	2020.495	QDA+
3853	7598392.719	316208.468	2020.566	TRV+
3854	7598398.627	316192.57	2019.844	TRV+
3855	7598910.017	316686.331	1958.406	TRV+
3856	7598923.812	316670.234	1957.705	TRV+
3857	7598959.283	316646.862	1960.436	TRV+
3858	7598975.653	316461.927	1967.299	TRV+
3859	7598974.219	316739.481	1957.866	TRV+
3860	7598498.57	316410.439	2032.297	TRV+
3861	7598260.41	316377.316	1970.28	TRV+
3862	7598281.813	316376.719	1971.437	TRV+
3863	7598149.063	316104.98	1975.176	TRV+
3864	7594214.988	320069.489	1820.972	QDA+
3865	7594207.786	320039.893	1826.311	TRV+
3866	7594206.987	320096.267	1826.631	TRV+
3867	7595674.209	316577.934	1870.429	TRV+
3868	7595704.657	316588.549	1864.044	QDA+
3869	7595702.896	316601.113	1863.645	QDA+
3870	7595703.845	316615.421	1863.324	QDA+
3871	7595713.522	316588.646	1864.476	QDA+
3872	7595711.988	316600.917	1863.977	QDA+
3873	7595716.409	316614.378	1863.705	QDA+
3874	7595697.823	316588.478	1864.532	QDA+
3875	7595696.447	316601.426	1864.35	QDA+
3876	7595697.417	316616.785	1863.473	QDA+
3877	7595687.14	316592.544	1866.959	QDA+
3878	7595683.587	316607.722	1866.134	QDA+
3879	7595726.202	316602.786	1865.299	QDA+
3880	7595730.556	316614.965	1864.933	QDA+
3881	7595613.22	316245.354	1889.983	TRV+

Fuente: Levantamiento Topográfico Tramo Chocloca-Huayco Grande

### 2.3.2. Estudio Hidrológico.

Este acápite trata el estudio hidrológico del tramo vecinal Chocloca-Huayco Grande,

la parte correspondiente al análisis pluviométrico, determinación de las intensidades de lluvia para distintos periodos de retorno y la intensidad en los 10 min de máxima concentración para el diseño hidráulico de las obras de drenaje de carreteras.

La determinación de las curvas de intensidad - duración - frecuencia se basa en registros continuos de las lluvias a lo largo de un período de registro relativamente largo como para poder realizar un análisis estadístico de las intensidades de lluvia para diferentes intervalos de tiempo. En el caso del presente proyecto se tiene tan solo el registro continuo de la lluvia en la zona de influencia del proyecto de la estación Chocloca, por lo que sólo se trabajará con dicha estación para determinar las curvas de intensidad - duración - frecuencia para la zona de influencia del proyecto.

La metodología del estudio hidrológico y drenaje considera la evaluación de las variables hidrológicas que se pueden obtener de la zona, a partir del cual se propone el sistema de drenaje, para lo cual se realizó la siguiente tarea:

- Análisis del estudio hidrológico existente.

Se consideró necesario el realizar una evaluación pluviométrica de la red existente en la zona a partir de las precipitaciones máximas extremas en 24 horas. De este modo, se lograron obtener resultados que posteriormente fueron confrontados con los valores de alturas máximas que se pueden obtener de levantamientos de la zona.

Realizando un análisis pluviométrico se tiene los siguientes Criterios de Análisis:

Los registros de precipitación máxima diaria anual (máxima precipitación diaria medida durante un año), se someten a una evaluación probabilística para obtener funciones de distribución teórica que mejor se ajusten al campo muestral de las precipitaciones registradas.

Los valores muestrales permiten calcular los parámetros estadísticos, caracterizados en parámetros de:

- Tendencia central
- Dispersión (desviación estándar)

- Asimetría (sesgo)

Los parámetros estadísticos calculados a partir de los registros de precipitación máxima diaria anual (precipitación máxima anual en 24 h, es el valor máximo durante un año medido durante un día) se muestran a continuación:

TABLA N° 2.3. PARÁMETROS ESTADÍSTICOS DE LOS VALORES DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA ANUAL

<b>ESTACIÓN</b>	<b>CHOCLOCA</b>
<b>N° DE DATOS</b>	27
<b>MEDIA (hd)</b>	45.38
<b>DESV. (Sd)</b>	13
<b>MODA (Ed)</b>	39.53
<b>CARACTERÍSTICA(kd)</b>	0.59

Fuente: Estudio Hidrológico.

Ley de Distribución de probabilidades de GUMBEL de acuerdo a las relaciones de las leyes de ajuste probabilística realizado en varias partes del mundo; las lluvias máximas registradas se distribuyen de acuerdo al ajuste de GUMBEL.

Aplicando la expresión de Gumbel modificada se obtienen las precipitaciones máximas diarias para diferentes periodos de retorno.

$$h_{dT} = E_D \cdot (1 + K_D \cdot \text{Log}T)$$

Las lluvias máximas de duración menor al valor diario, se pueden estimar a partir de la ley de regresión de los valores modales, conociéndose el valor modal de la lluvia diaria.

Donde:

$h_{dr}$  = Lluvia máxima diaria para un periodo de retorno (mm)

$E_D$  = Moda (mm).

$K_D$  = Característica de la distribución.

$T$  = Periodo de retorno (años).

$$E_D = 39.53$$

$$K_D = 0.59$$

La altura de lluvia máxima diaria para diferentes periodos de retorno se muestra en la siguiente tabla:

TABLA N° 2.4. ALTURA DE LLUVIA MÁXIMA DIARIA

<b>T (años)</b>	<b>hdT (mm)</b>
10	62,869
25	72,157
50	79,183
100	86,209
500	102,522
1000	109,548

Fuente: Estudio Hidrológico.

El tiempo que corresponde a la lluvia diaria no es igual a la correspondiente a la de 24 horas, adoptándose el tiempo para una lluvia diaria de acuerdo a la región, tomándose para el área de acuerdo a relaciones encontradas por el proyecto a un tiempo igual a 2 horas, es decir:

$$h_{dr} = E_D \cdot \left( \frac{t}{\alpha} \right)^\beta \cdot (1 + K_D \cdot \text{Log}T)$$

Adoptando:  $\alpha = 2$   $\beta = 0.2$

Los valores de intensidad calculada con las ecuaciones explicadas en el presente inciso, fueron los utilizados para el dimensionamiento de alcantarillas a lo largo de la ruta.

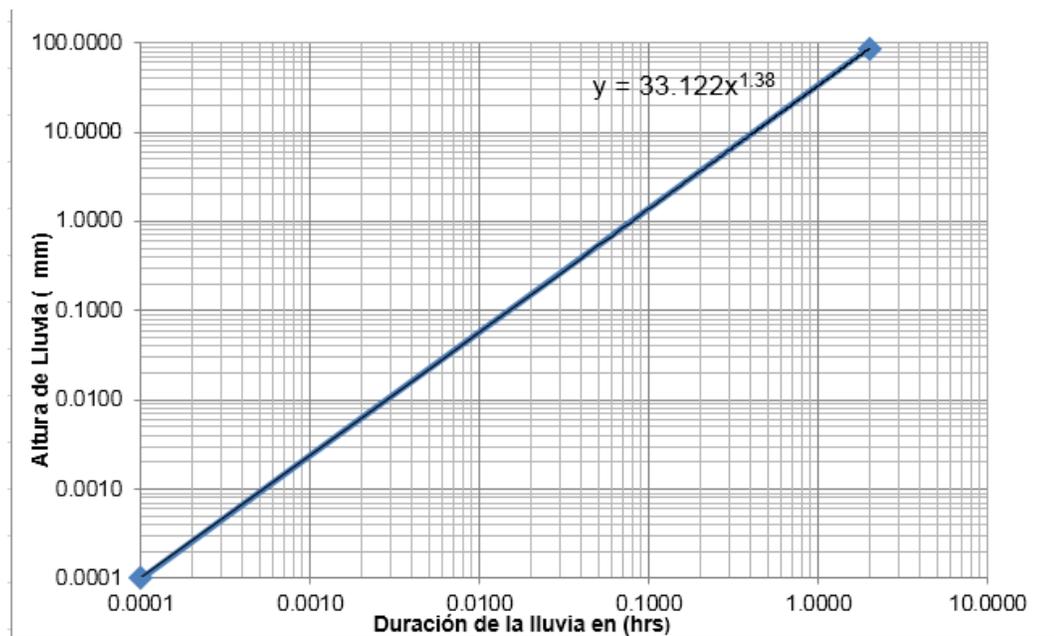
TABLA N° 2.5. INTENSIDADES MÁXIMAS PARA PERÍODOS DE DURACIÓN MENORES A 24 HORAS.

<i>Período de retorno (años)</i>	<i>Intensidades de Lluvias(hr)</i>								
	<i>0.25</i>	<i>0.5</i>	<i>1</i>	<i>1.5</i>	<i>2</i>	<i>6</i>	<i>12</i>	<i>18</i>	<i>24</i>
<b>10</b>	15.24	19.40	24.69	28.43	31.43	13.05	7.50	5.42	4.31
<b>25</b>	17.23	21.99	28.07	32.38	36.08	14.98	8.60	6.22	4.94
<b>50</b>	18.30	23.66	30.60	35.57	39.59	16.44	9.44	6.83	5.42
<b>100</b>	19.56	25.45	33.12	38.64	43.10	17.90	10.28	7.43	5.90
<b>500</b>	22.44	29.55	38.91	45.71	51.26	21.29	12.23	8.84	7.02
<b>1000</b>	23.64	31.28	41.39	48.76	54.77	22.74	13.06	9.44	7.50

Fuente: Estudio Hidrológico.

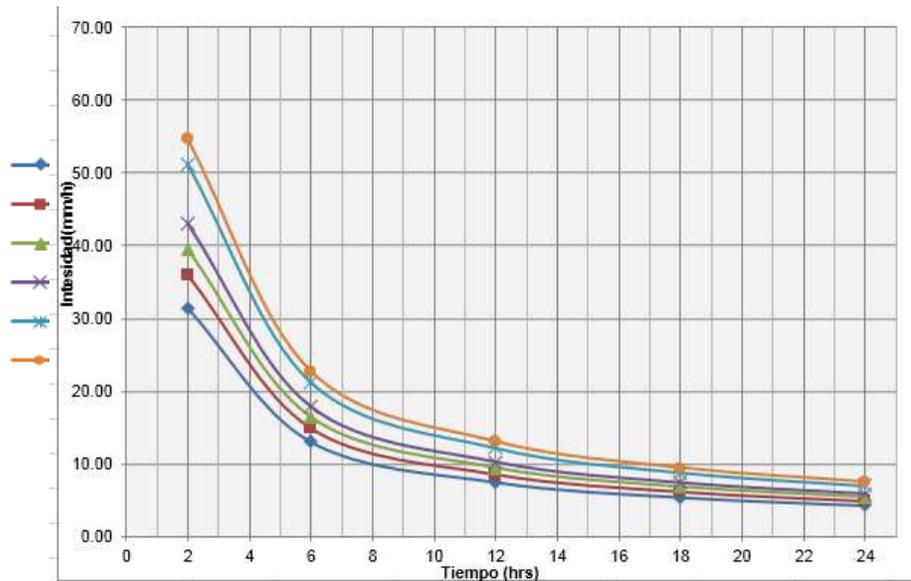
Para lluvias menores a 2 horas se empleó el método gráfico.

GRÁFICO N°2.1. LLUVIAS MENORES A 2 HRS PERÍODO DE RETORNO 100 AÑOS



Fuente: Estudio Hidrológico.

GRÁFICO N°2.2. CURVAS IDF



Fuente:  
Estudio  
Hidrológico.  
Para  
determinar el

Tiempo de Concentración existen fórmulas que dan el mismo sin tener en cuenta la intensidad de la lluvia.

Datos:

A= 24.230 km <sup>2</sup>	Área de la Cuenca
L= 8.710 km	Longitud del río principal
ΔH= 389.00 m	Diferencia de cotas
S= 0.04466 %	Pendiente media del río principal

Kirpich: 
$$tc = 0.06626 * \left(\frac{L^2}{S}\right)^{0.385}$$
 tc= 1.1610 hrs

Temez: 
$$tc = 0.3 * \left(\frac{L}{S^{0.35}}\right)^{0.76}$$
 tc= 3.5535 hrs

Chereque: 
$$tc = \left[0.871 * \frac{L^3}{H}\right]^{0.385}$$
 tc= 1.1628 hrs

$$tc = \frac{4\sqrt{A} + 1.5 * L}{25.3 * S * L}$$

Giandotti:  $t_c = 3.3281$  hrs

California:  $t_c = 0.066 \left( \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.77}$   $t_c = 1.1565$  hrs

Ventura y Heras:  $t_c = 0.05 \sqrt{\frac{A}{S}}$   $t_c = 1.1646$  hrs

Se adoptó como tiempo de concentración de la cuenca el promedio de los distintos métodos, descartando aquel que se dispara mucho que es el Temez y Giandotti:

$$t_c = 1.161 \text{ horas}$$

Intensidad de precipitación en los **10 min.** de máxima concentración:  **$t_c = 0.16667$  horas.**

TABLA 2.6. INTENSIDAD DE LLUVIA TC DE 10 MIN.

Período de Retorno T (años)	htT Altura de Lluvia en (mm)	"imax" Intensidad Máxima (mm/hr)
10	2.21	13.24
25	2.49	14.94
50	2.62	15.74
100	2.79	16.76
500	3.18	19.10
1000	3.34	20.07

Fuente: Estudio Hidrológico.

Entonces tenemos una Intensidad Máxima de 15.74 mm/hr (Para 10 min de máxima concentración) y un período de retorno T= 50 años (Valor de T fue adoptado de la TABLA 1.2-2 PERÍODOS DE RETORNO PARA DISEÑO, Manual de Hidrología y Drenaje de la ADMINISTRADORA BOLIVIANA DE CARRETERAS, ABC).

Se hace notar que el periodo de retorno T=50 años será tanto para drenaje transversal y drenaje de plataforma, esto se justifica porque para éste período de retorno la intensidad máxima no varía considerablemente en relación a la intensidad máxima

para un período de retorno  $T=10$  años (Ver TABLA 2.6.).

El detalle de cálculo del Estudio Hidrológico estará en ANEXO 2. (Estudio Hidrológico).

### 2.3.3. Estudio Geotécnico

El presente acápite se refiere al estudio en detalle de la geotecnia del proyecto, comprendido entre las comunidades de Chocloca – Huayco Grande, circunscritas en las provincias Avilés (Uriondo) del departamento de Tarija y abarca la mecánica de suelos; por ende comprende el estudio de suelos, más sus propiedades físico-mecánicas. El objetivo principal de la Mecánica de Suelos, es estudiar el comportamiento del suelo, para ser usado como material de construcción o como base de sustentación de las obras de ingeniería, en la ingeniería de caminos.

La investigación geotécnica, se subdividió en tres Etapas:

- Etapa de campo.
- Etapa de laboratorio.
- Etapa de gabinete.

El trabajo de campo consistió en la excavación manual de 12 apiques, cada 500 m del desarrollo del camino vecinal “Chocloca-Huayco Grande” hasta el final del tramo, con una profundidad mínima de entre 20 y 40 cm, obteniendo de cada apique una cantidad aproximada de muestra de 20 Kg, con la finalidad de conocer la distribución de los diferentes materiales determinados en cada punto de exploración y así establecer las condiciones de humedad, densidad natural y las situaciones estructurales de la subrasante. Se obtuvieron un total de 12 muestras.

TABLA 2.7. MUESTREO.

Nº	Prog.	Muestra
1	0+500	M1
2	1+000	M2

3	1+500	M3
4	2+000	M4
5	2+500	M5
6	3+000	M6
7	3+500	M7
8	4+000	M8
9	4+500	M9
10	5+000	M10
11	5+500	M11
12	6+500	M12

Fuente: Elaboración Propia

Las muestras obtenidas se llevaron al laboratorio para su respectivo análisis especializado de mecánica de suelos.

Los ensayos de laboratorio son:

- Distribución granulométrica de los materiales constitutivos del suelo, mediante la vía del tamizado según ASTM. (este proceso se realizó desde el tamiz de 21/2" hasta el tamiz N° 200).

TABLA N° 2.8. NÚMERO DE TAMICES CON SU RESPECTIVO DIÁMETRO.

<b>Tamices</b>	<b>Tamaño</b>
<b>(pulg.)</b>	<b>(mm)</b>
2 1/2	63
2	50
1 1/2	37,50
1	25,00
3/4	19,00

1/2	12,50
3/8	9,50
Nº4	4,75
Nº10	2,00
Nº40	0,425
Nº200	0,075

Fuente: Crespo, "Mecánica de Suelos y Cimentaciones" 4ª edición.

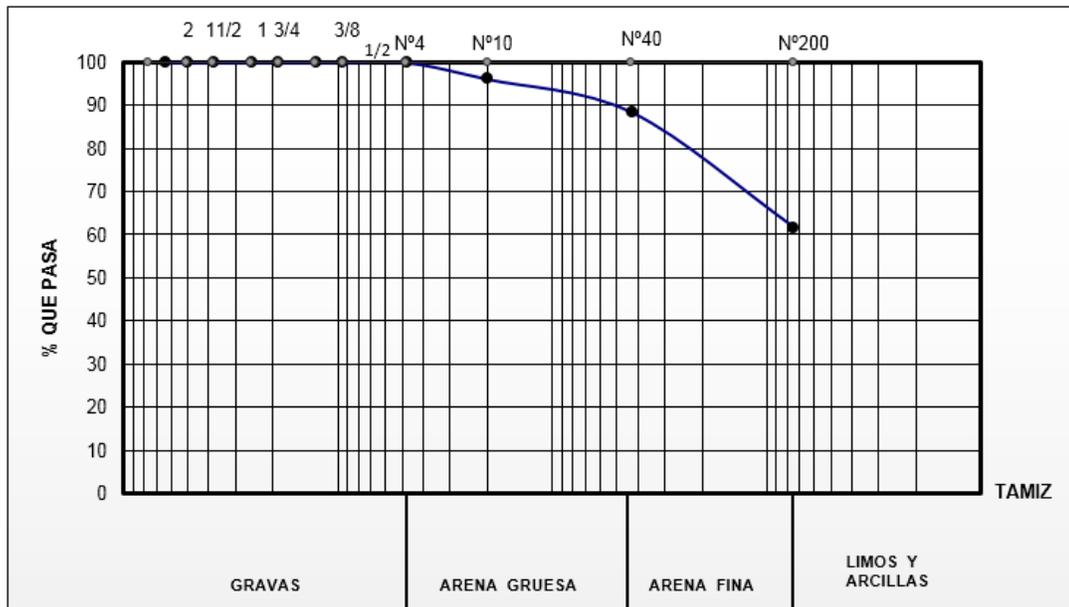
Para empezar con el ensayo de granulometría, se procedió a pesar 5000 gr aproximadamente para material granular y 300 gr para material fino, entonces se comenzó el tamizado de manera mecánica en primer lugar con el ROP TAP y luego de manera manual, luego se pesó el retenido de material, si hubiere, en cada tamiz y anotando los valores de pesos retenidos en planillas para éste ensayo, a continuación presentamos la granulometría para la muestra M6 Prog. 3+000.

MUESTRA: M6

PROG: 3+000

LABORATORISTA: Juan Mauricio Garnica

Peso Total (gr.)			310	A.S.T.M.	
Tamices	Tamaño (mm)	Peso Ret. (gr)	Ret. Acum (gr)	% Ret	% Que Pasa del Total
2 1/2 "	63	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº10	2.00	11.94	11.94	3.85	96.15
Nº40	0.425	24.09	36.03	11.62	88.38
Nº200	0.075	83.0	119.03	38.40	61.60



#### OBSERVACIONES

##### Clasificación:

<i>S.U.C.S.:</i>	<b>ML</b> , limo inorganico o arena muy fina, baja a mediana compresibilidad	<i>A.A.S.H.T.O.:</i>	<b>A-4(4)</b> , suelo limoso poco o nada plastico
------------------	--	----------------------	---

La granulometría para cada una de las muestras estará presentada en el ANEXO 3. Estudio Geotécnico.

- Establecimiento de los límites de consistencia o límites de Atterberg:
  - ✓ Límite líquido (LL).

Para la determinación del límite líquido, primero se tamizo una cantidad de muestra (Sin pesar) por el tamiz N°40, el material que pasó por este tamiz se lo utilizó en el ensayo, primero se dio a la muestra una determinada humedad mojándola hasta que la misma tenga forma de pasta o masa, esta masa fue colocada en el equipo Casagrande y fue separada a la mitad con el ranurador, luego se procedió a dar los golpes y contarlos hasta que la ranura realizada se uniera aproximadamente un centímetro, se sacó la muestra de la parte que se unió, se la peso, se identificó la tara y se puso a secar en el horno 24hrs, se realizó esto tres veces (por muestra) variando la cantidad de agua y siguiendo el procedimiento descrito párrafos más arriba, se anotaron todos los datos en

la planilla correspondiente a este ensayo. A continuación presentamos la planilla de LL para la muestra M6.

MUESTRA: M6

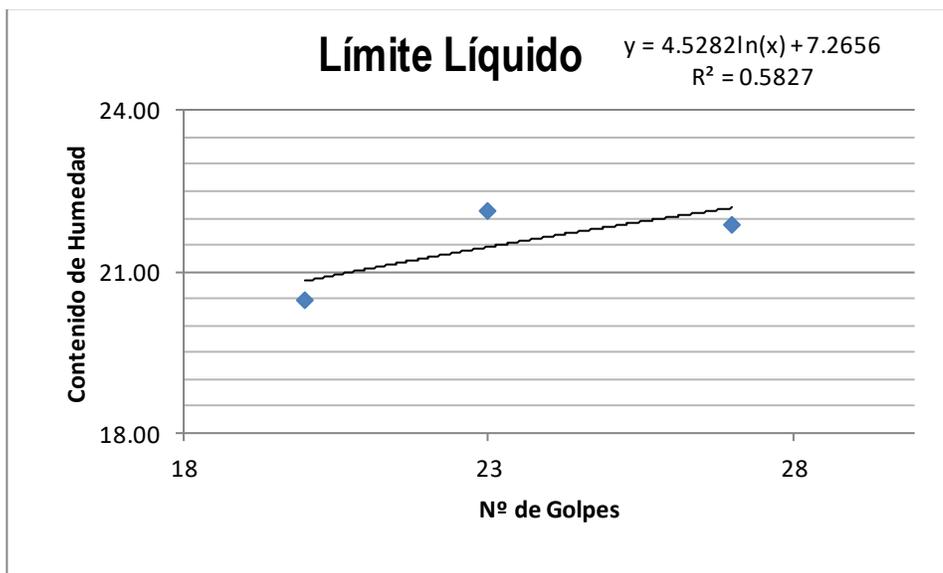
PROG: 3+000

LABORATORISTA: Juan Maurico Garnica

#### Determinación de Límite Líquido

Capsula N°	1	2	3	4
N° de golpes	23	27	20	
Suelo Húmedo + Cápsula	38.84	42.27	46.30	
Suelo Seco + Cápsula	34.68	37.43	42	
Peso del agua	4.16	4.84	4.3	
Peso de la Cápsula	15.88	15.31	21	
Peso Suelo seco	18.8	22.12	21	
Porcentaje de Humedad	22.13	21.88	20.48	

Con estos datos se hace una gráfica entre Contenido de Humedad vs. N° de golpes, de la gráfica se obtiene una ecuación de tipo logarítmica y se reemplaza el valor en X por 25, que es el N° de golpes para el LL.



LL = **21.84 %**

✓ Límite plástico(LP)

Para determinar el Límite Plástico se emplea una base de vidrio y con la muestra que pasa el Tamiz N° 40, se la humedece y se hacen rollitos en la base de vidrio hasta que tengan un diámetro aproximado de 3mm y presenten agrietamientos, se toma la muestra

se la pesa y se la coloca en el horno, luego de 24 hr se la vuelve a pesar para obtener el peso del agua y contenido de humedad. A continuación mostramos la planilla de LP para la muestra M6.

Determinación del LP.

Cápsula	1	2	3
Peso de suelo húmedo + Cápsula	17.83	17.84	18.21
Peso de suelo seco + Cápsula	17.53	17.56	17.98
Peso de cápsula	15.77	15.93	16.80
Peso de suelo seco	1.76	1.63	1.18
Peso del agua	0.30	0.28	0.23
Contenido de humedad	17.05	17.18	19.49

$$\Rightarrow \boxed{\text{LP} = 17.90 \%}$$

✓ Índice de plasticidad (IP).

El Índice de plasticidad es la diferencia entre el LL y el LP.

$$\Rightarrow \boxed{\text{IP} = 3.94 \%}$$

Los límites para cada una de las muestras se presentaran en el ANEXO 3.

Teniendo los ensayos de granulometría y límites se procedió clasificar los suelos de las muestras con las normas AASHTO y SUCS, a continuación presentaremos una tabla con la progresiva y su respectiva clasificación.

TABLA N° 2.9. CLASIFICACIÓN DE SUELOS

N°	Prog.	Clasificación	
		AASHTO	S.U.C.S.
1	0+500	A-1-a(0)	GW
2	1+000	A-1-a(0)	GW
3	1+500	A-1-b(0)	GM
4	2+000	A-1-b(0)	GM
5	2+500	A-1-a(0)	GW
6	3+000	A-4(4)	ML
7	3+500	A-4(4)	ML
8	4+000	A-1-b(0)	GM
9	4+500	A-2-4(0)	GM
10	5+000	A-1-a(0)	GW
11	5+500	A-2-4(0)	GM
12	6+500	A-2-4(0)	GM

Fuente: Elaboración Propia

De la TABLA 2.9. Tenemos que en el tramo Chocloca – Huayco Grande (Prog 0+000 hasta Prog 6+500) se tienen cuatro tipos de suelo:

A-1-a (0) bien graduado predomina la piedra y la grava y casi no tiene ligante.

A-1-b (0) bien graduado predomina las arenas gruesas y casi no tiene ligante.

A-2-4 (0) material granular con partículas finas y limosas.

A-4(4) suelo limoso poco o nada plástico.

En la siguiente tabla podremos ver el resumen de los suelos en el trazo del camino.

TABLA N° 2.10. RESUMEN DE SUELOS SOBRE EL TRAZO DEL CAMINO

Suelo	Grupo	Subgrupo	N° de Muestras	Porcentaje	
Granulares	A-1	A-1 -a	4	33%	58%
		A-1-b	3	25%	
	A-2	A-2-4	3	25%	25%
Finos	A-4		2	17%	17%
<b>Total de Muestras:</b>			<b>12</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración Propia

Teniendo cuatro tipos de suelo distintos en todo el desarrollo del camino se hará un ensayo de Compactación y CBR para cada uno de estos.

- Determinación de la relación Humedad-Densidad mediante el ensayo Proctor modificado. AASHTO T 180.

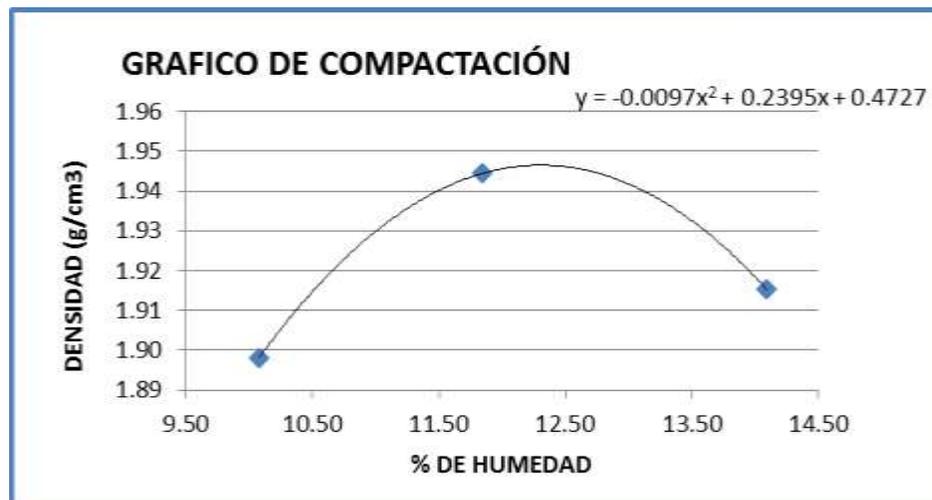
Para la compactación se utilizó el Proctor T-180 para lo cual se tomaron 3 muestras que fueron tamizadas por el tamiz N° ¾ y N° 4 para luego compensar con el retenido del N° 4, luego se humedeció la muestra y se colocó en la probeta normalizada para este ensayo en tres capas, se procedió a compactar con un martillo también normalizado en una cantidad de 56 golpes cada capa, se desarma la probeta y se extrae la muestra del corazón de la misma, es pesada y puesta en el horno, luego se fue incrementando un pequeño porcentaje de agua a cada muestra para ir cambiando su densidad de acuerdo a sus cambios de humedad, todo este proceso es anotado en planilla para este tipo de ensayo. A continuación mostraremos la planilla de datos y resultados.

Compactación para el tipo de suelo A-4(4).

## COMPACTACIÓN

<b>Volumen:</b>	939	cm <sup>3</sup>
-----------------	-----	-----------------

Nº de capas	3	3	3	
Nº de golpes por capa	25	25	25	
Peso suelo húmedo + molde	4365	4445	4455	
Peso del molde	2403	2403	2403	
Peso suelo húmedo	1962	2042	2052	
Volumén de la muestra	939.0	939.0	939.0	
Densidad suelo húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	2.09	2.17	2.19	
Cápsula Nº	1	2	3	
Peso suelo húmedo + capsula	179.0	242.0	223.5	
Peso suelo seco + cápsula	166.5	221.3	202.5	
Peso del agua	12.5	20.7	21	
Peso de la cápsula	42.46	46.50	53.50	
Peso suelo seco	124.04	174.8	149	
Contenido de humedad (%h)	10.08	11.84	14.09	
Densidad suelo seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1.90	1.94	1.92	



Derivando la ecuación del gráfico y despejando “x” que es CHO (Contenido de Humedad Optimo) se obtiene este valor, con el CHO reemplazamos en la ecuación sin derivar y tenemos la Densidad máxima.

<b>Densidad Máxima =</b>	1.95	gr/cm <sup>3</sup>
<b>Humedad Optima =</b>	12.35	%

TABLA N° 2.11. DENSIDAD MÁXIMA Y CHO PARA CADA SUELO PRESENTE EN EL DESARROLLO DEL CAMINO

Nº	Muestra	Clasificación	Proctor
----	---------	---------------	---------

				Dmax	%Hop
		AASHTO	S.U.C.S.		
1	M1	A-1-a(0)	GW	2.17	5.33
2	M2	A-1-b(0)	GM	2.04	6.31
3	M3	A-4(4)	ML	1.95	12.35
4	M4	A-2-4(0)	GM	2.21	6.82

Fuente: Elaboración Propia

Ver el detalle de ensayos para los cuatro tipos de suelos encontrados en ANEXO 3.

- Determinación de la capacidad soporte CBR programada según los resultados de clasificación de los suelos investigados.

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

Se realizó el tamizado por el tamiz N° ¾ y N° 4 para luego compensar con el retenido del N° 4, para el cálculo del CBR se confeccionaron 3 probetas, las que poseen distintas energías de compactación (lo usual es con 56, 25 y 12 golpes). El suelo al cual se aplica el ensayo.

Antes de determinar la resistencia a la penetración, se saturaron las probetas durante 96 horas para simular las condiciones de trabajo más desfavorables y para determinar su posible expansión.

A continuación mostraremos el cálculo del CBR para un suelo A-4(4).

## CBR

Muestra	LL	IP	Clasific.	H. Opt.	D. Máx
3	22	4	A-4(4)	12.35	1.95

## CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO

N° capas	5			5			5		
N° golpes por capa	56			25			12		
CONDICION DE MUESTRA	Antes de mojarse		D. de M	Antes de mojarse		D. de M	Antes de mojarse		D. de M
Peso muestra húm.+molde	11195		11385	11030		11260	10705		10970
Peso Molde	6730		6730	6825		6825	6645		6645
Peso muestra húmeda	4465		4655	4205		4435	4060		4325
Volumen de la muestra	2042		2042	2020		2020	2050		2121
Peso Unit. Muestra Húm.	2.187		2.280	2.082		2.196	1.980		2.039
MUESTRA DE HUMEDAD	Fondo	Medio	2" sup.	Fondo	Superf.	2" sup.	Fondo	Superf.	2" sup.
Tara N°	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Peso muestra húm + tara	97.5	100.5	62	89.5	92.5	59	160.5	163	70.5
Peso muestra seca + tara	90.5	93.5	58	83	86	55	150	151.5	65
Peso del agua	7	7	4	6.5	6.5	4	10.5	11.5	5.5
Peso de tara	28.67	29.37	27.09	27.09	23.5	27.38	46.5	48	27.91
Peso de la muestra seca	61.83	64.13	30.91	55.91	62.5	27.62	103.5	103.5	37.09
Contenido humedad %	11.32	10.915	12.941	11.626	10.4	14.482	10.145	11.11	14.829
Promedio cont. Humedad	11.12		12.941	11.01		14.482	10.63		14.829
Peso Unit.muestra seca	<b>1.968</b>		2.0184	<b>1.875</b>		1.9178	<b>1.790</b>		1.7758

Hum. Opt. %	Peso Unit. gr/cm3
12.35	1.95

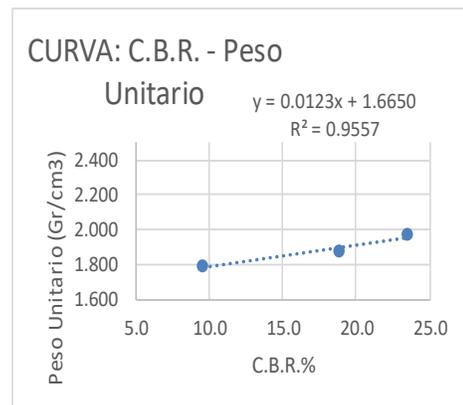
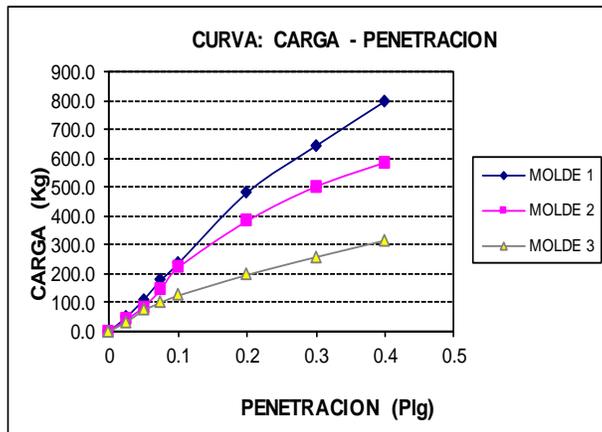
## EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO EN DIAS	MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3		
			LECT.	EXPANSION		LECT.	EXPANSION		LECT.	EXPANSION	
			EXTENS.	CM.	%	EXTENS.	CM.	%	EXTENS.	CM.	%
10-nov	10:30	1	149	14.9	0	137	13.7	0	131	13.1	0
11-nov	10:26	2	200	20	28.684	195	19.5	32.621	187	18.7	31.496
12-nov	10:33	3	288	28.8	78.178	261	26.1	69.741	249	24.9	66.367
13-nov	10:35	4	295	29.5	82.115	270	27	74.803	265	26.5	75.366

C.B.R. %	Peso Unit. gr/cm3
23.5	1.968
18.8	1.875
9.6	1.790

## C.B.R.

PENETRACION		CARGA	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
Pulg.	mm	Kg	CARGA ENSAYO		C.B.R. CORREG		CARGA ENSAYO		C.B.R. CORREG		CARGA ENSAYO		C.B.R. CORREG	
			Kg	Kg/cm2	Kg	%	Kg	Kg/cm2	Kg	%	Kg	Kg/cm2	Kg	%
0	0		0.0	0			0.0	0			0.0	0		
0.025	0.63		48.0	3.2			40.0	2.7			32.0	2.1		
0.05	1.27		108.0	7.2			84.0	5.6			72.0	4.8		
0.075	1.9		176.0	11.7			144.0	9.6			100.0	6.7		
0.1	2.54	1360	233.3	15.6		<b>17.2</b>	220.8	14.7		<b>16.2</b>	124.0	8.3		<b>9.1</b>
0.2	5.08	2040	479.2	31.9		<b>23.5</b>	384.0	25.6		<b>18.8</b>	196.0	13.1		<b>9.6</b>
0.3	7.62		641.7	42.8			504.0	33.6			258.3	17.2		
0.4	10.16		796.0	53.1			588.0	39.2			316.0	21.1		
0.5	12.7							0.0						



CBR 100% D.máx	<b>23 %</b>
CBR 95% D.Máx.	<b>15 %</b>
CBR 90% D.Máx.	<b>7</b>

De esta manera se obtiene el CBR para los cuatro tipos de suelos encontrados en el desarrollo del camino.

Ver el detalle de ensayos para los cuatro tipos de suelos encontrados en ANEXO 3.

**TABLA N° 2.12. RESUMEN DE COMPACTACIÓN Y CBR EN CADA PROGRESIVA**

N°	Prog.	Destino	Clasificación		Proctor		C.B.R.	
			AASHTO	S.U.C.S.	D <sub>max</sub>	%H <sub>op</sub>	100%	95%
1	0+500	Estudio	A-1-a(0)	GW	2.17	5.33	71.00	56
2	1+000	Estudio	A-1-a(0)	GW	2.17	5.33	71.00	56
3	1+500	Estudio	A-1-b(0)	GM	2.04	6.31	38.00	23

4	2+000	Estudio	A-1-b(0)	GM	2.04	6.31	38.00	23
5	2+500	Estudio	A-1-a(0)	GW	2.17	5.33	71.00	56
6	3+000	Estudio	A-4(4)	ML	1.95	12.35	23.00	15
7	3+500	Estudio	A-4(4)	ML	1.95	12.35	23.00	15
8	4+000	Estudio	A-1-b(0)	GM	2.04	6.31	38.00	23
9	4+500	Estudio	A-2-4(0)	GM	2.21	6.82	58.00	48
10	5+000	Estudio	A-1-a(0)	GW	2.17	5.33	71.00	56
11	5+500	Estudio	A-2-4(0)	GM	2.21	6.82	58.00	48
12	6+500	Estudio	A-2-4(0)	GM	2.21	6.82	58.00	48

Fuente: Elaboración Propia.

De la TABLA N°2.12., se define el CBR de diseño para el tramo en estudio, de donde se eligió en CBR más bajo correspondiente a un suelo tipo A-4(4) con un valor de 15%.

Concluidos los ensayos de laboratorio y trabajo de gabinete presentamos la TABLA 2.13., de resumen de los ensayos de control en la sub rasante.

TABLA N° 2.13. RESUMEN CONTROL TECNOLÓGICO DE MATERIALES - SUB RASANTE

N°	Proyecto	Procedencia	Prog.	Destino	Granulometría (Porcentaje pasafamiz)												Fuente: Elaboración Propia					Proctor		C.B.R.	
					2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº20	LL	LP	IP	AASHTO	S.U.C.S.	D <sub>max</sub>	%H <sub>op</sub>	100%	95%		
1	CHOCLOCA-HUAYCO GRANDE	SUB RASANTE	0+500	Estudio	100.00	100.00	86.68	74.84	67.23	56.12	50.49	38.80	26.95	10.62	1.17	NP	NP	0	A-1-a(0)	GW	2.17	5.33	71.00	56	
2	CHOCLOCA-HUAYCO GRANDE	SUB RASANTE	1+000	Estudio	100.00	87.45	80.32	60.28	55.92	47.55	45.43	34.94	25.08	11.80	1.43	NP	NP	0	A-1-a(0)	GW	2.17	5.33	71.00	56	
3	CHOCLOCA-HUAYCO GRANDE	SUB RASANTE	1+500	Estudio	100.00	100.00	99.74	80.49	76.13	67.76	62.46	47.99	38.14	28.42	21.91	NP	NP	0	A-1-b(0)	GM	2.04	6.31	38.00	23	
4	CHOCLOCA-HUAYCO GRANDE	SUB RASANTE	2+000	Estudio	100.00	100.00	99.54	89.40	81.41	73.12	63.13	54.55	35.06	30.77	24.18	NP	NP	0	A-1-b(0)	GM	2.04	6.31	38.00	23	
5	CHOCLOCA-HUAYCO GRANDE	SUB RASANTE	2+500	Estudio	100.00	100.00	94.24	74.05	65.97	56.23	51.69	42.60	34.89	24.68	1.47	22.87	NP	0	A-1-a(0)	GW	2.17	5.33	71.00	56	
6	CHOCLOCA-HUAYCO GRANDE	SUB RASANTE	3+000	Estudio	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	96.15	88.38	61.60	21.84	17.9	3.94	A-4(4)	ML	1.95	12.35	23.00	15	
7	CHOCLOCA-HUAYCO GRANDE	SUB RASANTE	3+500	Estudio	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	98.86	95.79	55.95	NP	NP	0	A-4(4)	ML	1.95	12.35	23.00	15	
8	CHOCLOCA-HUAYCO GRANDE	SUB RASANTE	4+000	Estudio	100.00	100.00	98.01	90.21	83.35	74.21	67.72	58.03	50.03	37.44	23.72	22.97	NP	NP	A-1-b(0)	GM	2.04	6.31	38.00	23	
9	CHOCLOCA-HUAYCO GRANDE	SUB RASANTE	4+500	Estudio	100.00	100.00	98.96	85.55	74.20	58.22	49.19	36.89	30.23	26.23	20.46	20.67	16.91	3.76	A-2-4(0)	GM	2.21	6.82	58.00	48	
10	CHOCLOCA-HUAYCO GRANDE	SUB RASANTE	5+000	Estudio	100.00	91.38	81.20	68.00	62.36	55.78	52.81	46.00	33.52	9.87	3.93	NP	NP	0	A-1-a(0)	GW	2.17	5.33	71.00	56	
11	CHOCLOCA-HUAYCO GRANDE	SUB RASANTE	5+500	Estudio	100.00	99.54	96.23	91.77	84.78	76.45	60.73	52.22	39.09	28.41	26.31	NP	NP	0	A-2-4(0)	GM	2.21	6.82	58.00	48	
12	CHOCLOCA-HUAYCO GRANDE	SUB RASANTE	6+500	Estudio	100.00	100.00	98.89	85.45	74.15	70.17	53.86	44.91	32.50	25.86	21.24	20.97	18.63	2.34	A-2-4(0)	GM	2.21	6.82	58.00	48	

Durante la prospección geotécnica se consideró la ubicación de los yacimientos y bancos de préstamo tratando en lo posible de determinar aquellos que se encuentren próximos al eje de diseño, para minimizar los costos de movimientos de tierra y transporte, además como se puede ver en el estudio de suelo de la TABLA N° 2.10. en el tramo los suelos más predominantes son granulares (A-1,A-2) que hacen un 83% del total de las muestras con valores de CBR entre los 56% y 23%, entonces se pretende utilizar este material como Capa Base ya que según la TABLA N° 2.14 que mostraremos a continuación podemos calificar como base entre buena y excelente. Se pretende mezclar y conformar un suelo tipo A-2-4 para conformar la capa base y para la capa de rodadura se tomara material de la chancadora que se encuentra en la localidad de Charaja en el puente de Armaos a 3 Km del tramo.

**TABLA N° 2.14. RANGOS DE CBR DE MATERIALES SEGÚN CLASIFICACIÓN Y USO**

CBR	CLASIFICACIÓN GENERAL	USOS	UNIFICADO	AASHTO
0 - 3	Muy pobre	Sub rasante	OH, CH, MH, OL	A-5, A-6, A-7
3 - 7	Muy pobre a regular	Sub rasante	OH, CH, MH, OL	A-4, A-5, A-6, A-7
7 - 20	Regular	Sub base	OL, CL, ML, SC, SM, SP	A-2, A-4, A-6, A-7
20 - 50	Bueno	Sub base y Base	GM, GC, SW, SM, SP, GP	A-1-b, A-2-5, A-3, A-2-6
> 50	Excelente	Base	GW, GM	A-1-a, A-2-4, A-3

Fuente: Manual de diseño de AASHTO 93

A continuación se presentara las características del material para la conformación de la Capa de Rodadura obtenido de la chancadora de la Comunidad de Caraja.

### GRANULOMETRÍA - AGREGADO GRUESO

Proyecto: Chocloca – Huayco Grande	
Procedencia: Chancadora “Charaja”	Laboratorista:
Solicitante: Univ. Juan Garnica	Fecha: 18/06/2015

Peso Total (gr.)		5000			% Que pasa del total	% Que pasa Especific. ASTM "refuerzo"	
Tamices	Tamaño (mm)	Peso Ret.	Retenido Acumulado (gr)	(%)			
1 1/2	38,10	0,00	0,00	0,00	100,0	100	100
1	25,40	0,00	0,00	0,00	100,0	100	100
3/4	19,05	0,00	0,00	0,00	100,0	100	100
1/2	12,50	49,00	49,00	0,98	99,0	90	100
3/8	9,50	1277,20	1326,20	26,52	73,5	40	70
4	4,80	2943,90	4270,10	85,40	14,6	0	15
8	2,36	721,50	4991,60	99,83	0,2	0	5
BASE	0	7,80	4999,40	99,99	0,0		

GRÁFICA R2 CURVA GRANULOMÉTRICA DE LA GARVA



TAMAÑO NOMINAL		1/2"
PESO ESPECIFICO		2,49 gr/cm <sup>3</sup>
PESO ESPECIFICO S.S.S.		2,51 gr/cm <sup>3</sup>
ABSORCIÓN DE AGUA		6,4 %
DENSIDAD	SUELTA	1,39 gr/cm <sup>3</sup>
	COMPACTADA	1,51 gr/cm <sup>3</sup>
GRADACIÓN Nº		c
CARGA ABRASIVA		8 Esferas
ABRASIÓN EN PORCENTAJE		23,62 %

#### 2.3.4. Estudio de Tráfico.

Los aforos de tránsito que se realizan para las carreteras consideran varias categorías o tipos de vehículos, como podemos

observar en la siguiente tabla:

TABLA N° 2.15. TIPO DE VEHÍCULOS

CODIGO	TIPO DE VEHÍCULOS	FIGURA
1	Automóviles, Jeep y Vagonetas	
2	Camionetas (hasta 2 tn.)	
3	Minibuses (hasta 15 pasajeros)	
4	Microbuses(hasta 21 pasajeros; de 2 ejes)	
5	Buses Medianos (hasta 35 pasajeros; de 2 ejes)	
6	Buses Grandes (hasta 35 pasajeros; de 3 ejes)	
7	Camiones Medianos (de 2,5 a 10 tn; de 2 ejes)	
8	Camiones Grandes (más de 10 tn; de 2 ejes)	
9	Camiones Grandes (más de 10 tn; de 3 ejes)	
10	Camiones Semi remolque	
11	Camiones Remolque	

Fuente: Manual de Carreteras de la ABC.

Los aforos han sido calculados para once tipos de vehículos: 1: automóvil, vagoneta, jeep, 2: camioneta, 3: minibús, 4: microbús, 5: Bus mediano, 6: Bus grande, 7: camión mediano, 8: camión grande dos ejes, 9: camión grande tres ejes, 10: camión semirremolque y 11: camión con remolque, se realizó el aforo manual por el tesista en la comunidad de Huayco Chico en un periodo de diez días de aforo.

### 2.3.4.1. Trabajo de gabinete y procesamiento de datos.

Se presenta la TABLA 2.16 del total de aforos en 10 días de aforo (06:00 – 19:00).

TABLA N° 2.16. AFOROS DE 10 DÍAS

TIPO DE VEHICULO		DIAS ( 06:00 - 19:00 )									
		LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOLES
LIVIANOS		7	6	7	5	9	5	7	9	10	10
	 	14	10	11	8	14	10	9	10	11	9
MEDIANO		4	2	2	3	2	3	2	2	2	3
PESADOS		3	1	3	1	0	2	2	1	1	0
		0	0	0	2	1	2	0	1	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Estudio de Tráfico.

Se obtiene con estos valores el TPDA y se muestra a continuación en la siguiente tabla.

TABLA N° 2.17. TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL

Tipo de Vehículo	TPD [veh/día]	% TPD
<b>Livianos</b>	19.00	83
<b>Medianos</b>	2.00	9
<b>Pesados</b>	2.00	9
<b>Total =</b>	23	100.0

Fuente: Estudio de Tráfico.

La proyección del tráfico consiste en la predicción del tránsito futuro en la red del proyecto. Para los estudios de transporte en los países en vías de desarrollo, al estimar la magnitud de la demanda de transporte, es conveniente examinar por separado las siguientes fuentes generadoras de tráfico: El Tráfico Normal, el Tráfico Inducido y el Tráfico Generado.

El tráfico normal corresponde al tráfico existente y su proyección; el tráfico inducido, al que se atraería de otras vías próximas por las ventajas que se ofrecerán con la nueva carretera como ser el ahorro en la distancia recorrida, ahorro en el tiempo de viaje, confort, etc. El tráfico generado consiste en: a) tráfico que se origina exclusivamente por la construcción de la nueva vía, sin necesidad de cambio en el uso de la tierra, es decir el tráfico por la novedad o mayor comodidad y b) El tráfico de desarrollo, debido al desarrollo del uso de la tierra adyacente al camino.

Los proyectos de nuevas carreteras, o el mejoramiento de las existentes, no deben basarse solamente en las características del volumen del tráfico actual, sino que se debe tomar en cuenta también los tráficos probables en años futuros. De esta manera el volumen de proyecto ha de corresponder al del año escogido para proyectar dicho proyecto, en este caso se proyectó para 20 años (Para concreto asfáltico).

Entonces para proyectar al tráfico futuro en 20 años, será el producto del TPD \* (FC)<sub>i</sub> que será el tráfico normal, así se tiene:

$$(FC)_i = \left[ 1 + \frac{(IC)_i}{100} \right]^{(N)}$$

Donde:

**(FC)<sub>i</sub>** = Factor de crecimiento del vehículo tipo i.

**(IC)<sub>i</sub>** = Índice de crecimiento del vehículo tipo i.=3.22

**(N)** = Número de años hasta el período de diseño: (20 años).

Hacemos notar que el valor de (IC)<sub>i</sub>=3.22, fue obtenido del RUAD 2014 de la Provincia Avilés.

El tráfico Inducido será un 5% del tráfico normal, y el tráfico Generado será un 10% del tráfico normal, estos porcentajes se adoptan en función a lo que se espera ocurra en el camino durante la proyección que se realizó para 20 años, estos porcentajes podrán variar de acuerdo al criterio del proyectista y de lo que el mismo espera ocurra en la proyección futura de tráfico.

La siguiente tabla muestra la proyección de tráfico, incluido el normal, el inducido y el generado.

TABLA N° 2.18. TRÁFICO TOTAL.

AÑO	N°	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	TOTAL
					
NORMAL+GENERADO+INDUCIDO					
2015	0	22	2	2	26
2016	1	23	2	2	27
2017	2	23	2	2	27
2018	3	24	2	2	28
2019	4	25	2	2	29
2020	5	26	2	2	30
2021	6	27	2	2	31
2022	7	27	3	3	33
2023	8	29	3	3	35
2024	9	30	3	3	36
2025	10	31	3	3	37
2026	11	32	3	3	38
2027	12	33	3	3	39
2028	13	35	3	3	41
2029	14	36	3	3	42
2030	15	37	3	3	43
2031	16	39	4	4	47
2032	17	41	4	4	49
2033	18	42	4	4	50
2034	19	43	4	4	51
2035	20	45	4	4	53

Fuente: Estudio de Tráfico.

A partir de éstos resultados, el TPDA en los 20 años de tráfico proyectado para el camino se puede ver en la siguiente tabla:

TABLA N° 2.19. TPDA PROYECTADO PARA 20 AÑOS

<b>Tipo de Vehículo</b>	<b>TPD [veh/día]</b>	<b>Porcentaje (%) TPD</b>
<b>Livianos</b>	45	84.9
<b>Medianos</b>	4	7.5
<b>Pesados</b>	4	7.5
<b>Total =</b>	<b>53</b>	100.0

Fuente: Estudio de Tráfico.

Estos valores serán utilizados en el diseño estructural para la Conversión de los Vehículos a ESALs/vehículo.

Ver detalle de cálculo completo de tráfico y proyección de tráfico futuro, inducido y generado en ANEXO 4. (Estudio de Tráfico).

Concluidos los estudios previos al diseño presentamos la siguiente tabla de parámetros que serán utilizados para el diseño geométrico, diseño estructural y las obras complementarias.

TABLA N° 2.20. PARAMETROS DE ESTUDIOS PREVIOS

<b>ESTUDIOS PREVIOS</b>	<b>PARÁMETROS</b>	
<b>TOPOGRÁFICO</b>	TOTAL DE PUNTOS	3881
	TOTAL DE BMs	11
<b>HIDROLÓGICO</b>	INTENSIDAD MAX.	15.74 mm/hr
	PERÍODO RETORNO	50 años
<b>GEOTÉCNICO</b>	N° DE MUESTRAS	12
	TIPOS DE SUELO EN EL TRAMO	4
	CBR DE DISEÑO	15%
<b>TRÁFICO</b>	TPDA LIVIANOS	45 [veh/día]
	TPDA MEDIANOS	4 [veh/día]
	TPDA PESADOS	4 [veh/día]

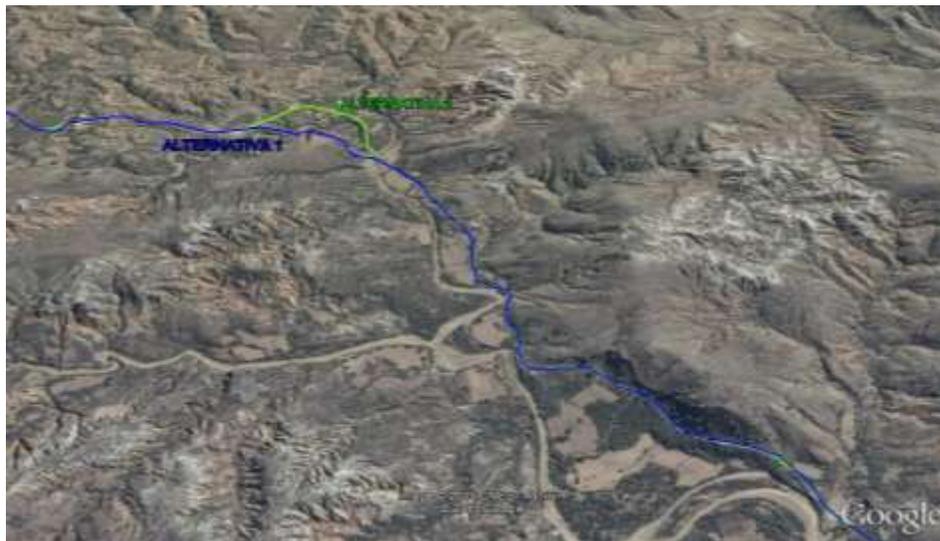
Fuente: Elaboración Propia

## 2.4. DISEÑO DE INGENIERÍA.

### 2.4.1. Análisis y Elección de Alternativas.

El análisis y elección de alternativas consiste en escoger el trazo preliminar más adecuado, utilizando mapas o planos levantados. En este caso se utilizaron imágenes satelitales de Google Earth y el modelo de superficie realizado a partir del levantamiento topográfico. Se realizaron dos trazados preliminares para así obtener los planos sobre los cuales se puedan comparar y escoger el más conveniente.

IMAGEN 2.4. Alternativas de Trazo



Fuente: Google Earth

#### ALTERNATIVA 1

El trazo de la alternativa 1 presenta una longitud de aproximadamente 6362 m, el trazo realizado se apega al trazo existente. En esta alternativa se tendría que realizar el diseño de dos puentes nuevos porque la vía atraviesa por dos quebradas de gran longitud; además se encuentran alrededor de 23 alcantarillas, entre alcantarillas de alivio y de cruce. Presenta una pendiente máxima de 11,75% y una pendiente mínima 0,18%. Además se tienen 2 puentes existentes.

IMAGEN 2.5. Trazo Alternativa 1



Fuente: Google Earth

#### ALTERNATIVA 2

Esta alternativa presenta un trazo de mayor longitud, de aproximadamente 6500 m, al igual que en el trazo de la alternativa 1, se apega al trazo existente pero se hace una variante importante para salvar el paso de quebradas y evitar la construcción de puentes nuevos; con una pendiente máxima de 10,22 % y con una pendiente mínima de 0,76% por lo que no se encuentra ninguna obra de arte mayor, pero se cuenta con 30 alcantarillas entre alcantarillas de alivio y de cruce.

IMAGEN 2.6. Trazo Alternativa 2



Fuente: Google Earth

TABLA N° 2.21. COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS

Alternativa	Longitud	Pendientes		Obras de Arte		Alcantarillas
	(m)	MAX.	MIN.	Puentes a Construir	Puentes Existentes	
1	6362	11,75	0,18	2	2	23
2	6500.1	10,22	0,76	-	2	30

Fuente: Elaboración Propia

La alternativa de trazo más conveniente para esta vía es la número dos, a pesar de tener una mayor distancia  $L=6500$  m, en comparación a la alternativa número uno; no atraviesa por ríos o quebradas que requieran la construcción de algún puente nuevo ya que en su trazo cuenta con un puente construido; no presenta problemas técnicos para el trazo de las curvas horizontales; la pendiente se encuentra dentro de la norma establecida; no presenta gran cantidad de movimiento de tierras. El número de obras de arte es mayor, con relación a la otra alternativa, aunque no en una cantidad considerable. Es por estos criterios técnicos que la alternativa elegida es la alternativa número dos (ALTERNATIVA 2). Para esta opción se tomará en cuenta el eje del camino existente, en su mayoría, pero se tendrá una variante importante, adecuando y respetando las normas vigentes según la Administradora Boliviana de Carreteras.

#### **2.4.2. Diseño Geométrico.**

El diseño geométrico es el primer aspecto que se considera al diseñar una carretera o camino, es la parte más importante del proyecto de una carretera estableciendo, en base a las condicionantes y factores existentes, la configuración geométrica definitiva del conjunto que supone, para satisfacer al máximo los objetivos de funcionalidad, seguridad, comodidad, integración en su entorno, armonía o estética y economía de la vía. El presente proyecto adquiere mayor relevancia con el fin de facilitar la incorporación de conceptos a la práctica habitual de diseño de carreteras.

### 2.4.2.1. Parámetros de diseño geométrico.

Tienen un papel muy importante ya que se toman en cuenta los diferentes factores como los funcionales, físicos, factores de costo y otros que son adoptados del Manual de Diseño Geométrico de la ABC.

### 2.4.2.2. Categoría de la vía.

Para definir la categoría se utiliza la norma ABC y la topografía. Como consecuencia de un análisis mecánico, se obtuvo la siguiente clasificación funcional:

TABLA N° 2.22. CLASIFICACIÓN PARA DISEÑO DE CARRETERAS Y CAMINOS RURALES

CATEGORIA		SECCION TRANSVERSAL		VELOCIDADES DE PROYECTO (km/h)	CODIGO TIPO
		N° CARRILES	N° CALZADAS		
AUTOPISTA	(O)	4 ó + UD	2	120 - 100 - 80	A (n) - xx
AUTORUTA	(I.A)	4 ó + UD	2	100 - 90 - 80	AR (n) - xx
PRIMARIO	(I.B)	4 ó + UD	2 (1)	100 - 90 - 80	P (n) - xx
		2 BD	1	100 - 90 - 80	P (2) - xx
COLECTOR	(II)	4 ó + UD	2 (1)	80 - 70 - 60	C (n) - xx
		2 BD	1	80 - 70 - 60	C (2) - xx
LOCAL	(III)	2 BD	1	70 - 60 - 50 - 40	L (2) - xx
DESARROLLO		2 BD	1	50 - 40 - 30*	D - xx

- UD: Unidireccionales  
- BD: Bidireccionales

(n) Número Total de Carriles  
- xx Velocidad de Proyecto (km/h)  
\* Menor que 30 km/h en sectores puntuales conflictivos

Fuente: Manual de Diseño Geométrico ABC (2009, Bolivia)

De acuerdo a la TABLA N° 2.22., se utilizan las normas de diseño correspondientes a la categoría *Camino de Desarrollo Rural*, teniendo en cuenta la cantidad de tráfico proyectado y principalmente a la topografía (Ondulado Fuerte a Montañoso), ya que está dada para las condiciones para un alineamiento, tanto en lo horizontal como en lo vertical.

### 2.4.2.3. Velocidad de proyecto (Vp).

Es la velocidad de proyecto que permite definir las características geométricas mínimas de los elementos del trazado, bajo condiciones de seguridad y comodidad.

Previamente y clasificado el camino con la TABLA N° 2.22., consideramos las condiciones del terreno para seleccionar la velocidad del proyecto; entonces, del

Manual de Diseño Geométrico ABC (2009), se tienen como velocidades referenciales las siguientes:

- Terreno Llano a Ondulado Medio 50 y 40 Km/hr.
- Terreno Ondulado Fuerte a Montañoso 30 Km/hr.

Entonces la velocidad del proyecto  $V_p = 30 \text{ Km/hr}$ .

#### 2.4.2.4. Características según categoría.

Se tiene la siguiente categoría **D (2)-30** (Camino de Desarrollo Rural de dos carriles y velocidad de 30 Km/hr).

#### 2.4.2.5. Distancia de visibilidad.

La distancia de visibilidad es la longitud continúa hacia adelante del camino, que es visible al conductor del vehículo.

En diseño se consideran dos distancias: la de visibilidad suficiente para detener el vehículo (Distancia de frenado) y la necesaria para que un vehículo adelante a otro (Distancia de visibilidad para sobrepaso) que viaje a una velocidad inferior, en el mismo sentido.

##### 2.4.2.5.1. Distancia de Frenado.

Las distancias mínimas de frenado en función de la velocidad directriz, están unificadas en la TABLA N° 2.23, para rasantes horizontales.

TABLA N° 2.23. DISTANCIA DE FRENADO

VELOCIDAD DIRECTRIZ										
[Km/h]	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Df (m)	25	38	52	70	90	115	145	175	210	250

Fuente: Manual de Diseño Geométrico ABC (2009, Bolivia)

De acuerdo a lo indicado, entonces  $D_f = 25\text{m}$ .

##### 2.4.2.5.2. Distancia de visibilidad de sobrepaso.

Llamada también distancia de adelantamiento “ $D_a$ ” se requiere solo en caminos con carriles para tránsito bidireccional. A continuación se muestran los valores mínimos a considerarse en el diseño como visibilidades adecuadas para adelantar.

TABLA N° 2.24. DISTANCIA DE ADELANTAMIENTO

<b>Vp (km/h)</b>	<b>Distancia mínima de adelantamiento (m)</b>
30	180
40	240
50	300
60	370
70	440
80	500
90	550
100	600

Fuente: Manual de Diseño Geométrico ABC (2009, Bolivia)

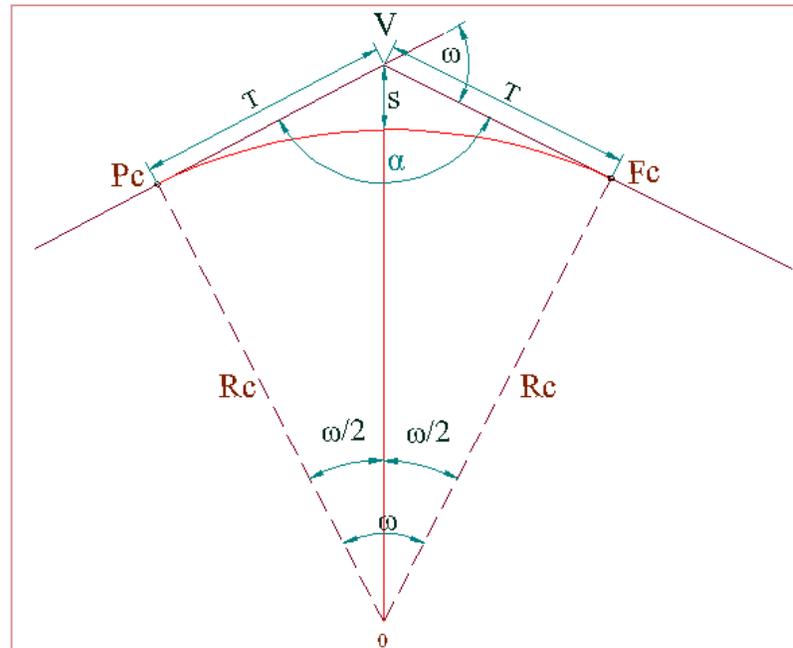
Se hace notar que por las condiciones topográficas de la zona no hay longitudes mayores en recta a 180 m, entonces en la carretera misma las zonas de no adelantar se señalarán, y en aquellas zonas con visibilidad adecuada para adelantar, los conductores actuarán en conformidad con la situación particular que enfrenten.

#### **2.4.2.6. Diseño Planimétrico.**

- **Curvas horizontales.** Las curvas horizontales pueden ser de dos tipos: de curvas circulares y curvas clotoide. Para este proyecto sólo se trazó un solo tipo de curva, *curva circular*, debido a la categoría del camino (de Desarrollo y con velocidad de 30 km/hr) y la topografía, ya que la misma es de características de terreno montañoso a ondulado fuerte; por esto está compuesto de diferentes tipos de radios de curvaturas.
- **Curvas circulares.** Según la norma del Manual de Diseño Geométrico ABC (2009, Bolivia) se aplican curvas circulares cuando; los caminos de desarrollo tienen una velocidad de proyecto igual a 30 km/h.

Podemos ver como en la Figura 2.1 se ilustran los diversos elementos asociados a una curva circular.

Figura 2.1. Elementos de curvas circulares



Fuente: Manual de Diseño Geométrico ABC (2009, Bolivia)

A continuación se muestra el cálculo que se realizó utilizando las formulas empíricas para una curva circular.

N° PI. 1

$$\text{Tangente: } T = R \cdot \tan\left(\frac{\omega}{2}\right) = 25 \cdot \tan\left(\frac{22^{\circ}7'12.72''}{2}\right) = 4.905$$

$$\text{Externa: } E = R \cdot \left(\sec\left(\frac{\omega}{2}\right) - 1\right) = 25 \cdot \left(\sec\left(\frac{22^{\circ}7'12.72''}{2}\right) - 1\right) = 0.477$$

$$\text{Desarrollo: } D = \frac{\pi \cdot R \cdot \omega}{180} = \frac{\pi \cdot 25 \cdot 22^{\circ}7'12.72''}{180} = 9.626$$

$$\text{Longitud: } L = 2 \cdot R \cdot \sin\left(\frac{\omega}{2}\right) = 2 \cdot 25 \cdot \sin\left(\frac{22^{\circ}7'12.72''}{2}\right) = 9.687$$

En la TABLA N° 2.25., se mostrarán los elementos de las curvas horizontales correspondientes al tramo Chocloca - Huayco.

TABLA N° 2.25. ELEMENTOS DE CURVAS HORIZONTALES

N° PI	PI's	PROGRESIVAS CIRCULAR		Tang.	Radio	Long de Curva	Desarrollo	Ordenada Externa
	Ang. Deflex.	(Inicio)	(Fin)	m	m	m	m	m
	(Delta = I)	(PC)	(PT)	(T)	(R)	(L)	(D)	(E)
1	22°7'12.72"	0+088.026	0+097.713	4.905	25.00	9.687	9.626	0.477
2	78°31'16.68"	0+131.134	0+165.548	20.561	25.00	34.414	31.760	7.369
3	98°11'40.56"	0+184.639	0+227.543	28.927	25.00	42.904	37.830	13.233
4	58°3'4.32"	0+231.194	0+256.539	13.882	25.00	25.345	24.274	3.596
5	32°32'38.4"	0+285.439	0+314.160	14.769	50.00	28.720	28.327	2.135
6	93°32'1.32"	0+371.936	0+437.487	42.815	40.00	65.550	58.458	18.593
7	52°28'49.44"	0+484.632	0+576.787	49.642	100.00	92.155	88.929	11.644
8	76°0'18"	0+643.389	0+676.556	19.537	25.00	33.167	30.788	6.728
9	47°6'43.92"	0+743.605	0+764.196	10.920	25.00	20.590	20.013	2.281
10	68°25'27.84"	0+813.108	0+843.089	17.090	25.00	29.981	28.217	5.283
11	80°30'21.24"	0+847.081	0+882.359	21.295	25.00	35.277	32.423	7.840
12	45°28'20.64"	0+908.672	0+948.632	21.116	50.00	39.959	38.904	4.276
13	62°11'5.28"	0+972.396	0+999.585	15.115	25.00	27.189	25.869	4.214
14	129°18'17.28"	0+999.585	1+056.096	53.024	25.00	56.511	45.225	33.622
15	80°28'58.44"	1+064.610	1+099.869	21.280	25.00	35.259	32.409	7.830
16	20°30'43.56"	1+131.416	1+149.616	9.202	50.00	18.200	18.100	0.840
17	88°23'5.28"	1+164.319	1+210.735	29.300	30.00	46.415	41.922	11.934
18	21°11'31.56"	1+292.518	1+337.175	22.590	120.00	44.658	44.400	2.108
19	50°29'30.12"	1+422.246	1+475.466	28.504	60.00	53.220	51.492	6.426
20	67°14'44.88"	1+517.953	1+623.850	60.041	90.00	105.897	99.893	18.189
21	29°0'12.24"	1+678.011	1+708.389	15.522	60.00	30.379	30.055	1.975
22	38°34'50.16"	1+744.974	1+812.986	35.381	100.00	68.012	66.709	6.074
23	29°21'57.24"	1+934.528	2+012.063	39.655	150.00	77.535	76.675	5.153
24	27°12'6.48"	2+030.277	2+116.163	43.777	180.00	85.886	85.074	5.247
25	34°18'15.84"	2+172.003	2+262.356	46.594	150.00	90.353	88.993	7.070
26	19°11'43.08"	2+346.967	2+448.186	51.095	300.00	101.219	100.739	4.320
27	33°9'7.2"	2+466.119	2+518.356	26.878	90.00	52.238	51.508	3.928
28	39°22'51.6"	2+568.584	2+651.598	43.245	120.00	83.014	81.368	7.555
29	24°25'27.12"	2+686.901	2+773.161	43.811	200.00	86.260	85.593	4.742
30	51°30'38.88"	2+792.548	2+864.947	38.891	80.00	72.399	69.954	8.952
31	70°5'5.28"	3+003.030	3+039.759	21.063	30.00	36.729	34.477	6.656
32	47°31'22.08"	3+086.191	3+119.614	17.757	40.00	33.423	32.459	3.764
33	38°27'40.68"	3+133.954	3+154.254	10.556	30.00	20.300	19.915	1.803

34	20°28'50.88"	3+165.099	3+201.406	18.356	100.00	36.307	36.108	1.671
35	35°18'16.56"	3+241.454	3+278.643	19.214	60.00	37.189	36.597	3.001
36	27°11'29.76"	3+342.279	3+370.890	14.583	60.00	28.611	28.340	1.747
37	97°15'13.68"	3+395.912	3+446.924	34.165	30.00	51.013	45.085	15.467
38	69°32'3.84"	3+506.114	3+615.906	62.897	90.00	109.792	103.109	19.800
39	36°35'31.92"	3+723.586	3+852.704	66.899	200.00	129.118	126.887	10.892
40	9°11'3.84"	4+107.482	4+172.495	32.578	400.00	65.012	64.941	1.324
41	20°30'2.16"	4+207.450	4+298.359	45.962	250.00	90.909	90.409	4.190
42	2°30'51.12"	4+409.208	4+421.694	6.244	250.00	12.486	12.485	0.078
43	15°14'29.04"	4+470.989	4+492.496	10.819	80.00	21.508	21.443	0.728
44	33°20'1.68"	4+604.595	4+651.454	24.123	80.00	46.859	46.192	3.558
45	33°14'29.04"	4+808.253	4+866.554	30.005	100.00	58.301	57.478	4.405
46	79°25'24.24"	5+052.844	5+136.316	50.087	60.00	83.472	76.901	18.158
47	34°2'8.88"	5+192.086	5+227.760	18.382	60.00	35.674	35.151	2.753
48	60°8'8.88"	5+228.123	5+291.198	34.804	60.00	63.075	60.211	9.363
49	44°25'52.32"	5+378.555	5+425.386	24.681	60.00	46.831	45.651	4.878
50	21°12'9.36"	5+479.272	5+509.069	15.073	80.00	29.797	29.625	1.408
51	20°25'12"	5+666.806	5+695.708	14.611	80.00	28.903	28.746	1.323
52	67°24'45.72"	5+762.152	5+833.038	40.235	60.00	70.886	66.835	12.242
53	23°24'46.08"	5+888.392	5+929.741	20.974	100.00	41.349	41.055	2.176
54	33°5'44.52"	5+990.516	6+036.824	23.823	80.00	46.308	45.664	3.472
55	45°5'31.56"	6+089.183	6+152.232	33.265	80.00	63.049	61.430	6.640
56	5°8'40.92"	6+222.817	6+241.131	9.163	200.00	18.314	18.307	0.210
57	15°27'41.76"	6+309.899	6+318.157	4.155	30.00	8.258	8.232	0.286
58	39°6'8.64"	6+346.732	6+363.825	8.896	25.00	17.093	16.762	1.535
59	73°24'52.56"	6+398.041	6+449.490	29.976	40.00	51.450	47.976	9.986

Fuente: Diseño Geométrico.

➤ **Radios mínimos.**

Los radios mínimos para cada velocidad de proyecto, calculados bajo el criterio de seguridad ante el deslizamiento, están unificados en la TABLA N° 2.26., que servirá para adoptar un radio mínimo de curvatura, para curvas horizontales.

TABLA N° 2.26. RADIOS MÍNIMOS EN CURVAS HORIZONTALES

<b>Caminos colectores – locales - desarrollo</b>			
<b>V<sub>p</sub></b>	<b>e máx</b>	<b>f</b>	<b>R<sub>min</sub></b>
<b>Km/h</b>	<b>(%)</b>		<b>(m)</b>
30	7	0.215	25
40	7	0.198	50
50	7	0.182	80
60	7	0.165	120
70	7	0.149	180
80	7	0.132	250

Fuente: Manual de Diseño Geométrico ABC (2009, Bolivia)

De acuerdo a lo indicado, entonces  $R_{\min} = 25$  m.

➤ **Peralte en curvas circulares.**

El peralte constituye 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. De acuerdo a la velocidad de proyecto se define el peralte máximo.

TABLA N° 2.27. PERALTE SEGÚN LA VELOCIDAD DE PROYECTO

<b>V<sub>p</sub></b>	<b>e máx</b>
<b>Km/h</b>	<b>(%)</b>
30	7
40	7
50	7
60	7
70	7
80	7

Fuente: Manual de Diseño Geométrico ABC (2009, Bolivia)

De acuerdo a lo indicado, entonces  $e_{\max} = 7$  %.

### 2.4.2.7. Diseño Altimétrico.

Es la proyección sobre un plano vertical del trazado en planta. A esta línea se la denomina subrasante. Las pendientes que se adopten para subrasante no deben sobrepasar las especificadas en el manual, correspondiendo a la pendiente máxima; es necesario que el cambio se realice gradualmente; para esto se usan las llamadas curvas verticales.

- **Rasante.** Las cotas del eje en planta de una carretera o camino, al nivel de la superficie del pavimento o capa de rodadura, constituyen la rasante o línea de referencia del alineamiento vertical. La representación gráfica de esta rasante recibe el nombre de Perfil Longitudinal del Proyecto.

La rasante determina las características en el alineamiento vertical de la carretera y está constituida por sectores que presentan pendientes de diversa magnitud y/o sentido, enlazadas por curvas verticales que normalmente serán parábolas de segundo grado.

- **Pendientes máximas en rectas.** La Tabla N° 2.28., establece las pendientes máximas admisibles según la categoría de la carretera o camino.

TABLA N°2.28. 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	-	-
Autorrutas	-	-	-	-	-	6	5	4,5	-	-
Autopistas	-	-	-	-	-	5	-	4,5	-	4

Fuente: Manual de Diseño Geométrico ABC (2009, Bolivia)

Debido a todo lo expuesto en este acápite, se adoptó una pendiente máxima admisible comprendida en un rango de entre 10 y 12% para el proyecto.

- **Enlaces de rasantes.**

Después de haber definido la subrasante en el perfil longitudinal, corresponde el diseño de curvas verticales, que sirven para pasar gradualmente de un tramo a otro con

diferente pendiente. Toda vez que la deflexión ( $\theta$ ) es igual o mayor que  $0,5\% = 0,005$  m/m, se deberá proyectar una curva vertical para enlazar las rasantes. Bajo esta magnitud se podrá prescindir de la curva de enlace ya que la discontinuidad es imperceptible para el usuario.

En la TABLA N° 2.29., se resumen los valores de  $K_v$  y los valores  $K_c$  solo en función de  $V_p$ , entonces según lo expuesto:

TABLA N°2.29. PARÁMETROS MÍNIMOS EN CURVAS VERTICALES  
POR CRITERIOS DE VISIBILIDAD DE FRENADO

<b>Velocidad de proyecto</b>	<b>Curvas convexas</b>	<b>Curvas cóncavas</b>
<b><math>V_p=(\text{km/h})</math></b>	<b><math>K_v</math></b>	<b><math>K_c</math></b>
30	300	400
40	400	500
50	700	1000
60	1200	1400
70	1800	1900
80	3000	2600
90	4700	3400
100	6850	4200
110	9850	5200
120	14000	6300

Fuente: Manual de Diseño Geométrico ABC (2009, Bolivia)

➤ **Curvas Verticales.**

Para el diseño geométrico en el alineamiento vertical se han previsto curvas verticales parabólicas de segundo orden, para asegurar un trazado seguro, buena apariencia estética, comodidad a los usuarios, para pasar gradualmente entre dos pendientes adyacentes del perfil longitudinal, proporcionando, como mínimo una distancia de visibilidad igual a la distancia mínima de frenado. A continuación se mostrara la tabla resumen de las curvas verticales (para las 6 primeras curvas).

TABLA N°2.30. CURVAS VERTICALES.

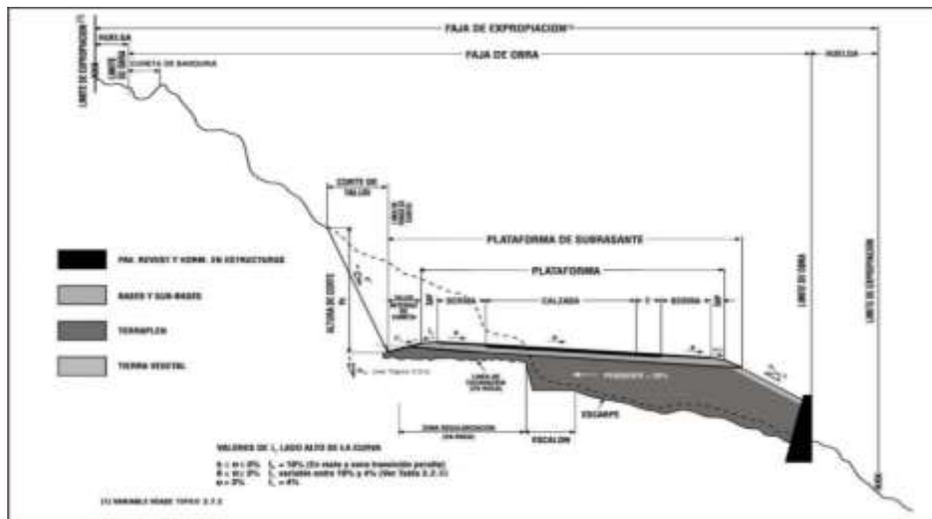
Nº	Prog.(m)	Elevación (m)	Grado (%)	Tipo de curva	Valor de K	Longitud (m)
1	0+204,667	1.814,15	7,69	CONCAVA	43.246	100
2	0+436,857	1.832,47	-7,17	CONVEXA	4,038	60
3	0+529,087	1.825,86	-1,76	CONVEXA	11,086	60
4	0+670.332	1823.371	-10,00	CONVEXA	7.281	60
5	0+752.250	1.815.180	-1.91	CONVEXA	4.943	40
6	0+805.354	1.814.167	7.08	CONCAVA	4.452	40

Fuente: Elaboración Propia.

El reporte completo está en ANEXO 5 (Diseño Geométrico).

➤ **Sección Transversal.** La Sección Transversal de una carretera o camino describe las características geométricas de éstas, según un plano normal a la superficie vertical que contiene el eje de la carretera. Dicha sección transversal varía de un punto a otro de la vía, ya que ella resulta de la combinación de los distintos elementos que la constituyen, cuyos tamaños, formas e interrelaciones dependen de las funciones que ellas cumplan y de las características del trazado y del terreno en los puntos considerados.

Figura 2.2. Perfil Transversal Descriptivo



Fuente: Manual de Diseño Geométrico ABC (2009, Bolivia)

TABLA N° 2.31. RESUMEN DE SECCIONES TRANSVERSALES TIPO

NÚMERO DE CALZADAS Y CATEGORÍA	VELOCIDAD PROYECTO (km/h)	ANCHO PISTAS "A" (m)	ANCHO BERMAS		ANCHO SAP (3)		ANCHO CANTERO CENTRAL - M (m)			ANCHO TOTAL DE PLATAFORMA A NIVEL DE PASANTE <sup>(1)</sup>		
			"Tc" INTERIOR (m)	"Tb" EXTERIOR (m)	"S1" INTERIOR (m)	"S2" EXTERIOR (m)	INICIAL 4 PISTAS AMPLIABLE a 5	FINAL 6 PISTAS	FINAL e INICIAL 4 PISTAS	8 PISTAS Y 4 AMPLIABLE	4 PISTAS	2 PISTAS
CALZADAS UNIDIRECCIONALES	120	3.5	1.2	2.5	0.5-0.8	1.5	13.0	6.0	6.0	26	35	-
	80	3.5	1.0	2.5	0.5-0.8	0.8	11.0	4.0	4.0	24.6	31.6	-
CALZADAS BIDIRECCIONALES	90	3.5	1.0	2.5	0.5-0.8	1.0	12.0	5.0	5.0	26	33	-
	70	3.5	0.6-0.70	2.0	0.5-0.8	0.5-0.8 <sup>(4)</sup>	10.0	3.0	3.0 <sup>(4)</sup>	22	29	-
PRIMARIO	100-90	3.5	-	2.5	-	1.0	-	-	-	-	-	14.0
LOCAL	70	3.5	-	1.5	-	0.5-0.8	-	-	-	-	-	11.0
40	3.0	-	0.5-1.0 <sup>(2)</sup>	-	0.5	-	-	-	-	-	8.0-10.0	
												30
-	-	-	0.0-0.5 <sup>(2)</sup>	-	0.5	-	-	-	-	-	-	

(1) Pistas de menos de 3.5 m deberán ser autorizadas expresamente por la Administradora Boliviana de Carreteras.  
 (2) El ancho de las Bermas de Locales y de Desarrollo se definirá en función del tránsito y dificultad del emplazamiento.  
 (3) La Tabla Especifica anchos de SAP en Terraplén; caso sin Barrera de Seguridad SAPe = 0.5 m; con Barrera SAPe = 0.8 m.  
 (4) Para Ancho Final de Carriero central de 3 y 2 m, los SAP interiores se juntan presentando un ancho conjunto de 1 m y 0.6 a 0.8 m respectivamente, espacio que servirá de base para una Barrera Rígida de Hormigón con anchos en la base de: Tipo F (0.55 m o 0.82 m) o New Jersey (0.61 m).  
 (5) Ancho Total de Plataforma en Terraplén con SAP mínimo = 0.5 m. Para corte cerrado o Perfil Mixto agregar Ancho(s) Cunetas(s) y corregir Ancho del SAP exterior. Si cuneta es revestida Se = 0.0 m - Cuneta sin Revestir Se = 0.5 m. En Unidireccionales "b" y "s" están comprendidos en el ancho del Carriero central.

Fuente: Manual de Diseño Geométrico ABC (2009, Bolivia)

- **Calzadas.** Una calzada es una banda material y geoméricamente definida de tal modo que su superficie pueda soportar un cierto tránsito vehicular y permitir desplazamientos cómodos y seguros de los vehículos; la misma está formada por dos o más carriles. Un carril será entonces cada una de las divisiones de la calzada que pueda acomodar una fila de vehículos transitando en un mismo sentido
- **Bermas.** Las bermas son las franjas que flanquean el pavimento de la(s) calzada(s); ellas pueden ser construidas con pavimento de hormigón, capas asfálticas, tratamiento superficial, o simplemente ser una prolongación de la capa de grava en los caminos no pavimentados.

Para el proyecto tenemos una berma de 0.5m de acuerdo a la TABLA 2.31.

- **Sobre ancho de plataforma SAP.** La plataforma en terraplén tendrá siempre un SAP mínimo de 0,5 m que permita confinar las capas de sub-base y base, de modo que en el extremo exterior de la berma sea posible alcanzar el nivel de compactación especificado.

Hacemos notar que de la TABLA N° 2.31., se ve que los caminos de desarrollo no tienen sobre ancho interno ni externo, pero para fines académicos se adoptara un sobre ancho de 0.5m.

- **Bombeos.** Las calzadas deberán tener bombeo con la finalidad de evacuar las aguas superficiales, una inclinación transversal mínima o bombeo que depende del tipo de superficie de rodadura y la intensidad de la lluvia de 1 hora de duración con periodo de retorno de 10 años ( $I^1_{10}$ ) mm/h.

TABLA N° 2.32. BOMBEO DE LA CALZADA.

Tipo de superficie	Pendiente transversal	
	$(I^1_{10}) \leq 15$ mm/h	$(I^1_{10}) \leq 15$ mm/h
Pav. De Hormigón o asfalto	2.0	2.5
Tratamiento superficial	3.0	3.5
Tierra, grava, chancado	3.0 -3.5	3.5-4.0

Fuente: Manual de Diseño Geométrico ABC

Entonces de esta TABLA 2.32., se tiene un bombeo del 2%.

Una vez definido el peralte y sobre ancho se presentara TABLAS de replanteo de peraltes y sobre anchos en el siguiente formato.

TABLA N° 2.33. TABLA DE REPLANTEO

PROG.	Peralte	Sobre Ancho	S+ Berma (m)
	%	S [m]	

Fuente: Elaboración Propia

A continuación presentaremos tablas de replanteo de peraltes y sobre anchos para las curvas horizontales, se hace notar que para el replanteo de peraltes se analizaron dos casos, el primero cuando se tiene espacio entre curvas para la transición con una longitud mínima de 20m (inicia en recta) para inicio y final de curva, el segundo caso cuando no hay espacio para transición la distancia será 25% de la longitud de la curva  $L_c$ , en este caso la transición se dará dentro de la curva. Ambos casos tienen como referencia al manual de diseño geométrico AASHTO 93.

TABLA N° 2.34. REPLANTEO DE PERALTES Y SAP

CURVA 1			
PROG.	Peralte	SobreAncho	S+Berma (m)
	%	S [m]	
0+060.000	0%	0.00	0.50
0+080.000	5%	0.36	0.86
<b>0+088.026</b>	7%	0.50	1.00
0+090.000	7%	0.50	1.00
<b>0+097.713</b>	7%	0.50	1.00
0+100.000	6%	0.45	0.95
0+120.000	0%	0.00	0.50
CURVA 2			
PROG.	Peralte	SobreAncho	S+Berma (m)
	%	S [m]	
0+120.000	0%	0.00	0.50
<b>0+131.134</b>	4%	0.28	0.78
0+139.738	7%	0.50	1.00

0+157.0445	7%	0.50	1.00
<b>0+165.648</b>	4%	0.28	0.78
0+177.045	0%	0.00	0.50
CURVA 3			
PROG.	Peralte	SobreAncho	S+Berma (m)
	%	S [m]	
0+120.000	0%	0.00	0.50
<b>0+131.134</b>	3%	0.23	0.73
0+144.439	7%	0.50	1.00
0+152.343	7%	0.50	1.00
<b>0+165.648</b>	2%	0.17	0.67
0+172.343	0%	0.00	0.50
CURVA N 4			
PROG.	Peralte	SobreAncho	S+Berma (m)
	%	S [m]	
0+200.00	0%	0.00	0.50
0+220.00	4%	0.32	0.82
<b>0+231.19</b>	7%	0.50	1.00
0+240.00	7%	0.50	1.00
0+250.00	7%	0.50	1.00
<b>0+256.54</b>	7%	0.50	1.00
0+260.00	6%	0.43	0.93
0+280.00	0%	0.00	0.50
CURVA N 5			
PROG.	Peralte	SobreAncho	S+Berma (m)
	%	S [m]	
0+280.00	0%	0.00	0.50
<b>0+285.44</b>	3%	0.22	0.72
0+292.62	7%	0.50	1.00
0+306.98	7%	0.50	1.00
<b>0+314.16</b>	3%	0.22	0.72
0+320.00	0%	0.00	0.50
CURVA N 6			
PROG.	Peralte	SobreAncho	S+Berma (m)
	%	S [m]	
0+340.00	0%	0.00	0.50
0+360.00	4%	0.31	0.81
<b>0+371.94</b>	7%	0.50	1.00
0+381.94	7%	0.50	1.00
0+391.94	7%	0.50	1.00
0+401.94	7%	0.50	1.00
0+427.49	7%	0.50	1.00
<b>0+437.49</b>	7%	0.50	1.00

0+440.00	6%	0.44	0.94
0+460.00	0%	0.00	0.50
CURVA 7			
PROG.	Peralte	SobreAncho	S+Berma (m)
	%	S [m]	
0+460.00	0%	0.00	0.50
0+480.00	6%	0.41	0.91
<b>0+484.63</b>	7%	0.50	1.00
0+494.63	7%	0.50	1.00
0+504.63	7%	0.50	1.00
0+514.63	7%	0.50	1.00
0+566.79	7%	0.50	1.00
<b>0+576.79</b>	7%	0.50	1.00
0+580.00	6%	0.43	0.93
0+600.00	0%	0.00	0.50
CURVA N 8			
PROG.	Peralte	SobreAncho	S+Berma (m)
	%	S [m]	
0+620.00	0%	0.00	0.50
0+640.00	6%	0.43	0.93
<b>0+643.39</b>	7%	0.50	1.00
0+653.39	7%	0.50	1.00
0+663.39	7%	0.50	1.00
0+673.39	7%	0.50	1.00
<b>0+676.56</b>	7%	0.50	1.00
0+680.00	6%	0.43	0.93
0+700.00	0%	0.00	0.50
CURVA N 9			
PROG.	Peralte	SobreAncho	S+Berma (m)
	%	S [m]	
0+720.00	0%	0.00	0.50
0+740.00	6%	0.42	0.92
<b>0+743.61</b>	7%	0.50	1.00
0+753.61	7%	0.50	1.00
0+763.61	7%	0.50	1.00
<b>0+764.20</b>	7%	0.50	1.00
0+780.00	4%	0.28	0.78
0+800.00	0%	0.00	0.50
CURVA N 10			
PROG.	Peralte	SobreAncho	S+Berma (m)
	%	S [m]	
0+800.00	0%	0.00	0.50
<b>0+813.11</b>	4%	0.32	0.82
0+820.60	7%	0.50	1.00
0+830.00	7%	0.50	1.00
0+835.59	7%	0.50	1.00

0+840.00	3%	0.13	0.63
<b>0+843.09</b>	1%	0.10	0.60
0+845.00	0%	0.00	0.50
CURVA N 11			
<b>PROG.</b>	<b>Peralte</b>	<b>SobreAncho</b>	<b>S+Berma (m)</b>
	%	<b>S [m]</b>	
0+845.00	0%	0.00	0.50
<b>0+847.08</b>	1%	0.10	0.60
0+855.90	7%	0.50	1.00
0+860.00	7%	0.50	1.00
0+870.00	7%	0.50	1.00
0+873.54	7%	0.50	1.00
<b>0+882.36</b>	2%	0.12	0.62
0+885.00	0%	0.00	0.50
CURVA N 12			
<b>PROG.</b>	<b>Peralte</b>	<b>SobreAncho</b>	<b>S+Berma (m)</b>
	%	<b>S [m]</b>	
0+900.00	0%	0.00	0.50
<b>0+908.67</b>	3%	0.23	0.73
0+918.66	7%	0.50	1.00
0+920.00	7%	0.50	1.00
0+930.00	7%	0.50	1.00
0+938.64	7%	0.50	1.00
<b>0+948.63</b>	4%	0.27	0.77
0+960.00	0%	0.00	0.50
CURVA 58			
<b>PROG.</b>	<b>Peralte</b>	<b>SobreAncho</b>	<b>S+Berma (m)</b>
	%	<b>S [m]</b>	
6+320.00	0%	0.00	0.50
6+340.00	5%	0.37	0.87
<b>6+346.732</b>	7%	0.50	1.00
6+350.00	7%	0.50	1.00
6+360.00	7%	0.50	1.00
<b>6+363.825</b>	7%	0.50	1.00
6+370.00	5%	0.38	0.88
6+390.00	0%	0.00	0.50
CURVA N 59			
<b>PROG.</b>	<b>Peralte</b>	<b>SobreAncho</b>	<b>S+Berma (m)</b>
	%	<b>S [m]</b>	
<b>6+398.041</b>	0%	0.00	0.50
6+400.00	1%	0.08	0.58
6+410.9035	7%	0.50	1.00
6+420.00	7%	0.50	1.00
6+430.00	7%	0.50	1.00
6+436.6275	7%	0.50	1.00

6+440.00	5%	0.02	0.52
<b>6+449.490</b>	0%	0.07	0.57

Fuente: Elaboración Propia

Hacemos notar que debido a la gran cantidad de curvas replanteadas, el resto de las mismas estará en ANEXO 5 (Diseño Geométrico).

De acuerdo a la categoría adoptada y las condiciones topográficas de la zona de estudio, se adoptó para el proyecto, una velocidad de diseño de 30 km/hr. Sobre la base de este valor se calculan o se asumen el resto de los parámetros de diseño. Además el tramo comprende una longitud de 6.5 km, los cuales se pretende mejorar el alineamiento horizontal y vertical, aumentando los radios de curvatura mayores o iguales a 25m, pendiente máxima de un 10-12%, ancho de plataforma de 7m con taludes 1:3 en corte y 1:1 en relleno.

TABLA N° 2.35. RESUMEN DE PARÁMETROS

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>PARÁMETRO</b>
Categoría de la carretera	Desarrollo
Calzada (m)	6.0
Carril (m)	Simple 3.00
Berma (m)	0.5 m
Topografía	Montañoso
Velocidad de proyecto (km. /hr.)	30.0
Peralte máximo (%)	7.0
Radio mínimo (m)	25.0
Pendiente máxima en rectas (%)	10 - 12

Fuente: Elaboración Propia

#### 2.4.2.8. Movimiento de tierras.

Cálculo de volumen de excedentes:

$$E_c = \sum \text{Excedente de corte}$$

$$E_R = \sum \text{Excedente de relleno}$$

$$V_c = \text{Volumen de excedente} = E_c + E_R$$

A continuación en la siguiente tabla se mostrara el movimiento parcial (la tabla completa se la mostrara en el ANEXO 5., Diseño Geométrico).

TABLA N° 2.36. MOVIMIENTO DE TIERRAS

ESTACIÓN	VOL. CORTE	VOL. RELLENO	VOL. NETO
	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )
0+000.000	0	0	0
0+015.000	2.88	85.065	-82.185
0+020.000	0	69.694	-151.879
0+040.000	0	291.45	-443.329
0+060.000	0	156.771	-600.1
0+080.000	0	87.707	-687.807
0+088.026	0	52.896	-740.703
0+090.000	0	15.403	-756.106
0+097.713	0	68.553	-824.659
0+100.000	0	23.252	-847.911
0+120.000	1.82	121.396	-967.487
0+131.134	29.029	8.447	-946.905
0+140.000	26.856	0.923	-920.972
0+150.000	11.653	4.105	-913.424
3+500.000	0	170.270716	29009.8652
3+506.114	0.246642	21.8285214	28988.2834
3+510.000	1.608728	5.4007212	28984.4914
3+520.000	20.09799	3.3918276	29001.1975
3+530.000	42.87349	0.0788515	29043.9922
3+540.000	52.077014	0	29096.0692
3+550.000	43.077914	0	29139.1471
3+560.000	28.692686	0.3687824	29167.471
3+570.000	14.678532	2.4080035	29179.7415
3+580.000	11.523292	3.0376024	29188.2272
3+590.000	23.222122	0.9983813	29210.451
3+600.000	25.257474	0.8843499	29234.8241
3+610.000	12.034352	4.8305642	29242.0279
3+615.906	1.315424	6.3651357	29236.9782
3+620.000	0.159984	6.1334336	29231.0047
3+640.000	0.306636	42.5858755	29188.7255
3+660.000	3.904054	37.0068286	29155.6227
3+680.000	48.357386	10.7905245	29193.1895
3+700.000	123.703184	0	29316.8927
3+720.000	194.231686	0	29511.1244
3+723.586	44.72886	0	29555.8533
3+730.000	102.987478	0	29658.8408
3+740.000	236.889642	0	29895.7304

3+750.000	343.714514	0	30239.4449
3+760.000	436.274146	0	30675.7191
3+770.000	473.18601	0	31148.9051
3+780.000	475.63021	0	31624.5353
3+790.000	434.860954	0	32059.3962
3+800.000	340.64371	0	32400.0399
3+810.000	242.593516	0	32642.6335
3+820.000	158.908552	0	32801.542
3+830.000	94.070592	0	32895.6126
3+840.000	59.27185	0	32954.8845
3+850.000	38.398382	0	32993.2828
3+852.704	6.019398	0	32999.3022
3+860.000	8.628026	0.3991099	33007.5311
3+880.000	6.506016	3.8054947	33010.2317
3+900.000	14.191914	4.2470631	33020.1765
3+920.000	42.7735	1.5345715	33061.4154
3+940.000	74.112588	0	33135.528
3+960.000	117.217166	0	33252.7452
3+980.000	76.907864	6.4124466	33323.2406
4+000.000	23.15324	9.8855519	33336.5083
6+400.000	41.726938	0	64356.1891
6+410.000	185.199256	0	64541.3884
6+420.000	158.455264	0	64699.8436
6+430.000	151.604838	0	64851.4485
6+440.000	148.671798	0	65000.1203
6+449.490	132.548966	0	65132.6692
6+460.000	127.48725	0	65260.1565
6+480.000	184.417112	0	65444.5736
6+500.009	141.732492	0	65586.3061
Total	69732.9164	4146.61036	N/A

Fuente: Elaboración Propia

Volumen de excedencia =  $69732.9164 - 4146.6104 = 65586.3061 \text{ m}^3$

**Volumen de excedencia 65586.3061 m<sup>3</sup>**

### **2.4.3. Diseño Estructural.**

#### **2.4.3.1. Alternativas de rodadura.**

Se realizará el análisis de diferentes alternativas por el tipo de rodadura, que será:

- Alternativa 1: el diseño para un Pavimento Flexible.
- Alternativa 2: el diseño para un Tratamiento Superficial Doble.

Para llegar a determinar la mejor alternativa, se analizan todas las características técnicas necesarias para el tipo de proyecto que tratamos. El resultado estará expresado en las conclusiones.

#### **2.4.3.2 Parámetros de entrada comunes para el diseño.**

Los parámetros de entrada comunes al diseño para el pavimento flexible y tratamiento superficial son:

- Características geotécnicas de los suelos de la subrasante, que se detallan en el estudio de suelos.
- Tráfico vehicular, el mismo que ha sido definido anteriormente.

Subrasante. El espesor del pavimento depende fundamentalmente de la subrasante por lo que esta debe cumplir con los requisitos de consistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad.

Material de la subrasante. Tiene que estar libre de vegetación y materia orgánica, en general los materiales apropiados para la subrasante, son los suelos de preferencia granulares.

#### **2.4.3.3. Pavimento flexible.**

El pavimento flexible, al contar con una carpeta estructural formada por capas debe también tomar en cuenta para el diseño el material para dichas capas, las cuales son: capa base, capa sub base y capa de rodadura.

#### 2.4.3.4. Métodos para el Diseño de Espesores

Existen varios métodos para el diseño de espesores en pavimentos flexibles, entre éstos tenemos:

- El método AASHTO - 93.
- El método de CBR.
- El método de índice de Grupo.

En este proyecto se diseñarán los espesores del paquete estructural con el Método AASHTO - 93, esto debido a que este método tiene mayor datos de entrada que los anteriores y toma en cuenta varios factores.

##### ➤ Método AASHTO – 93.

$$\text{Log}_{10} W_{18} = Z_r S_o + 9.36 \text{Log}_{10} (\text{SN} + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log}_{10} \left[ \frac{\Delta \text{PSI}}{4.2 - 1.5} \right]}{\frac{0.40 + 1094}{(\text{SN} + 1)^{5.19}}} + 2.32 \text{Log}_{10} M_r - 8.07$$

Dónde:

$W_{18}$  = Número de cargas de ejes simples equivalentes de 18 Kips. (80 KN) calculadas conforme al tráfico vehicular.

$Z_r$  = Es el valor de Z (área bajo la curva de distribución) correspondiente a la curva estandarizada para una confiabilidad R.

$S_o$  = Desviación estándar de todas las variables.

$\Delta \text{PSI}$  = Perdida de serviciabilidad (serviciabilidad inicial menos serviciabilidad final)

$M_r$  = Módulo de resiliencia de la subrasante.

$\text{SN}$  = Número estructural.

El valor de  $M_r$  la relación es:

Expresada en [Psi], formula empírica según AASTHO.

$$M_r = 1500 * CBR$$

Las variables a Considerarse en el Método AASHTO son:

En Función al Tiempo. Existen dos variables que deben tomarse en cuenta y son:

- **El periodo de diseño:** Es el tiempo total para el cual se diseña un pavimento en función de la proyección del tránsito y el tiempo que se considere apropiado para que las condiciones del entorno se comiencen a alterar desproporcionadamente.
- **La vida útil del pavimento:** Es aquel tiempo que transcurre entre la construcción del mismo y el momento en que alcanza el mínimo de serviciabilidad.

El periodo de diseño puede llegar a ser igual a la vida útil de un pavimento. Se recomiendan periodos de diseño en la siguiente forma:

TABLA N° 2.37. PERÍODO DE DISEÑO

TIPO DE CARRETERA	PERIODO DE DISEÑO
Autopista Regional	20-40 años
Troncales Sub-Urbanas	15-30 años
Troncales Rurales	
Colectoras Sub-Urbanas	10-20 años
Colectoras Rurales	

Fuente: Guía para el Diseño de Estructuras de Pavimentos, AASHTO 1993

Se adoptó un periodo de diseño de 20 años.

**Confiabilidad (R).** Este valor se refiere al grado de seguridad o veracidad de que el diseño de la estructura de un pavimento, puede llegar al fin de su periodo de diseño en buenas condiciones.

TABLA N° 2.38. NIVELES DE CONFIABILIDAD

Tipo de Carretera	Nivel de Confiabilidad R	
	Suburbanas	Rurales
Autopista Regional	85-99.9	80-99.9
Troncales	80-99	75-95
Colectoras o Locales	80-95	50-80

Fuente: Guía para el Diseño de Estructuras de Pavimentos, AASHTO 1993

Se asumirá una Confiabilidad  $R=80\%$ , de acuerdo a este valor se tiene  $Z_r=0.841$ .

**Serviciabilidad.** Los criterios para determinar la Serviciosabilidad de una estructura de pavimento, se basan en la capacidad que tiene éste de servir al tipo y volumen de tránsito para el cual fue diseñado. El índice de serviciosabilidad se califica entre 0 (malas condiciones) y 5 (perfecto).

Para el diseño de pavimentos debe asumirse la serviciosabilidad (PSI) inicial y la serviciosabilidad final; el PSI inicial es función directa de la estructura del pavimento y de la calidad con que se construye la carretera, el PSI final, va en función de la categoría del camino.

Serviciabilidad Inicial.

PSI = 4.5 para pavimentos rígidos.

PSI = 4.2 para pavimentos flexibles.

Serviciabilidad Final

PSI = 2.5 o más para caminos principales.

PSI = 2.0 para caminos de tránsito menor.

Entonces tenemos PSI inicial= 4.2 y PSI final= 2.0

**Drenaje.** Un buen drenaje mantiene la capacidad soporte de la subrasante (mantiene el módulo de resiliencia cuando la humedad es estable), lo que hace un camino de mejor calidad, así como permite, en determinado momento, el uso de capas de soporte de menor espesor. En la tabla a continuación, se dan los tiempos de drenaje que

recomienda AASHTO:

TABLA N° 2.39. TIEMPO DE DRENAJE

<b>CALIDAD DE DRENAJE</b>	<b>50% DE SATURACIÓN</b>	<b>85% DE SATURACIÓN</b>
Excelente	2 Horas	2 Horas
Bueno	1 Día	2 a 5 Horas
Regular	1 Semana	5 a 10 Horas
Pobre	1 Mes	10 a 15 Horas
Muy Pobre	El agua no drena	Mayor de 15 Horas

Fuente: Guía para el Diseño de Estructuras de Pavimentos, AASHTO 1993

La calidad del drenaje es expresado en la fórmula del número estructural, por medio del coeficiente de drenaje (m) que toma en cuenta las capas no ligadas. A continuación tenemos los coeficientes de drenaje para pavimentos flexibles:

TABLA N° 2.40. COEFICIENTES DE DRENAJE

<b>CALIDAD DEL DRENAJE</b>	<b>P= % del tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación.</b>			
	<b>&lt; 1%</b>	<b>1% - 5%</b>	<b>5% -</b>	<b>&gt; 25%</b>
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-	1.20
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-	1.00
Regula	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-	0.80
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-	0.60
Muy Pobre	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-	0.40

Fuente: Guía para el Diseño de Estructuras de Pavimentos, AASHTO 1993

Estos valores son coeficientes de capa que se ajustan a valores mayores o menores a la unidad para tomar en cuenta el drenaje y el tiempo en que las capas granulares están

sometidas a niveles de humedad cerca de la saturación.

**Para desviación estándar (So).** Se recomienda usar los valores comprendidos entre los intervalos siguientes:

Para pavimentos flexibles 0.40-0.50

Para pavimentos rígidos 0.30-0.40

El valor recomendado que utiliza la varianza del tránsito futuro es  $S_o=0.49$

#### 2.4.3.5. Diseño de espesores

Anteriormente presentamos la fórmula AASTHO de diseño para pavimentos flexibles y las variables que intervienen en ella, esta fórmula puede resolverse en forma manual a través de iteraciones para obtener el número estructural SN y en función del mismo se determinan los distintos espesores de las capas que conforman el paquete estructural. Para empezar el cálculo iniciamos con la conversión de los Vehículos a ESAL's/vehículo para transformar cada tipo de carga que actuará sobre el pavimento se determina el factor de equivalencia de carga LEF (Load Equivalent Factor). Entonces se comenzó de la siguiente manera:

Calculo del Factor Camión. LEF, es una manera de expresar los ejes en ESAL's, pero es necesario saber el daño que producen los diferentes tipos de vehículos en el pavimento con los varios tipos de ejes que posee. Factor camión es el número de ESAL's que equivale un vehículo.

Configuración de Ejes de los Vehículos. De acuerdo con los censos de origen y destino, la configuración de los ejes de los vehículos se puede ver en el cuadro 2.1.

CUADRO 2.1. CONFIGURACION DE EJES

MEDIO DE TRANSPORTE	PESO TOTAL (Tn)	PESO POR EJES (Tn)		
		EJE	NOMENCLATURA	CARGA POR EJE
VEHIV 	3.00	Del.	1.00	1.00
		Post. 01	1.00	1.00
CAMIONETA 	3.50	Del.	1.00	1.60
		Post. 01	1.00	3.30
MINIBUS 	5.00	Del.	1.00	3.00
		Post. 01	1.00	6.20

Fuente: Teoría Flujo de Tráfico en Vías

Entonces tenemos la siguiente tabla de tipo de vehículo:

TABLA N° 2.41. TIPOS DE VEHÍCULO

Tipo de Vehículo	TPD [veh/día]	Tipo de Vehículo
------------------	------------------	------------------

<b>Livianos</b>	45	Camioneta
<b>Medianos</b>	4	Bus Mediano
<b>Pesados</b>	4	Camión Grande

Fuente: Elaboración Propia.

Para las cargas de los Ejes, según el Decreto Ley N°11771, los Límites de la Ley de Cargas para los diferentes tipos de ejes se pueden ver en el cuadro 2.2.

CUADRO 2.2 LÍMITES DE CARGAS POR EJE DECRETO LEY N°11771

Carga Máxima para Eje Delantero:	7,00 ton.
Carga Máxima para Eje Trasero simple (llanta doble):	11,00 ton.
Carga Máxima para Eje Trasero Tandem (llanta doble):	18,00 ton.
Carga Máxima para Eje Trasero Tridem (llanta doble):	25,00 ton.

Fuente: Guía para el Diseño de Estructuras de Pavimentos, AASHTO 1993

Con estos datos de tipo de vehículo y límites de cargas por eje (Ley de Cargas), obtenemos el Factor de carga Equivalente, con la ayuda del programa DIPAV 2.0, tenemos:

TABLA N° 2.42. FACTOR DE CARGA EQUIVALENTE

Tipo de Vehículo	Tipo de Vehículo	Factor de Carga Equiv.
<b>Livianos</b>	Camioneta	0.0265
<b>Medianos</b>	Bus Mediano	1.1329
<b>Pesados</b>	Camión Grande	1.5531

Fuente: DIPAV 2.0

Entonces con los datos completos aplicamos la fórmula:

$$W_{18} = \sum (TPD)_i * (FC)_i * (FCE)_i * 365$$

Donde:

- W18** = Número de ejes Equivalentes
- (TPD)<sub>i</sub>** = Tráfico promedio diario del vehículo tipo i, en el primer año de circulación.
- (FC)<sub>i</sub>** = Factor de crecimiento del vehículo tipo i.
- (IC)<sub>i</sub>** = Índice de crecimiento del vehículo tipo i
- (N)** = Número de años hasta el período de diseño: (20 años).
- (FCE)<sub>i</sub>** = Factor de carga equivalente del vehículo tipo i.

Se tiene la siguiente tabla de resultados.

TABLA N° 2.43. RESULTADOS W18

TIPO DE VEHÍCULO	NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES
LIVIANOS	12781
MEDIANOS	48570
PESADOS	66585
<b>TOTAL EJES EQUIVALENTES</b>	<b>127936,81</b>

Fuente: Elaboración Propia.

$$W_{18} = 127936.81$$

Aplicando con este valor la fórmula AASHTO 93.

$$\log_{10} W_{18} = Z_r S_o + 9.36 \log_{10} (SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left( \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right)}{\frac{0.40 + 1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10} M_r - 8.07$$

Del proceso iterativo se obtiene SN= 1.49 Plg.

A continuación se calcula los espesores de capas en base al número estructural SN con la siguiente expresión:

$$SN = a_1 h_1 + a_2 m_2 h_2 + a_3 m_3 h_3$$

Donde:

$a_1 = 0,44$  Coeficiente Estructural Capa Rodadura(Pav. Flexible)

$a_2 = 0,13$  Coeficiente Estructural de capa Base

$a_3 = 0,100$  Coeficiente Estructural de capa Sub Base

$m_2 = 1,00$  Coeficiente de Drenaje de la capa Base

$m_3 = 0,80$  Coeficiente de Drenaje de la capa Sub Base

$h_i$  = Espesores del paquete estructural

Los valores de los coeficientes estructurales fueron obtenidos del IBCH Diseño de Pavimentos AASHTO-93, pg. 166 Tabla 8.3. Propiedades de los materiales.

Remplazando en la fórmula se obtiene los espesores mínimos:

$h_1 = 50,00$  [mm] Carpeta de Rodadura

$h_2 = 100,0$  [mm] Capa Base

$h_3 = 35,6$  [mm] Capa Sub Base CBR Diseño de 15%

Espesores adoptados:

$h_1 = 50,0$  [mm]

$h_2 = 100,0$  [mm]

$h_3 = 150,0$  [mm] mínimo para capa sub base

TABLA 2.44. PAQUETE ESTRUCTURAL PAVIMENTO FLEXIBLE.

TRAMO	PROG.	CBR DE DISEÑO	PAVIMENTO FLEXIBLE			
			METODO DE DISEÑO AASTHO			
			C. RODAD (cm)	C. BASE (cm)	C. SUB-BASE (cm)	TOTAL (cm)
Chocloca-Huayco	0+000 - 6+500	15 %	5	10	15	30

Fuente: Elaboración Propia.

#### 2.4.3.6. Tratamiento Superficial Doble (TSD).

Para el diseño del Tratamiento Superficial Doble, se tiene en cuenta que los espesores de las capas tanto Base como Sub Base serán los mismos de los del paquete para Pavimento Flexible 10cm y 15cm respectivamente, se aplicará la misma fórmula de número estructural SN variando únicamente el coeficiente de la Capa de Rodadura para TSD que es  $a_1=0.27$  obtenido el dato de la Guía para el Diseño de Estructuras de

Pavimentos, AASHTO 1993.

Entonces aplicando la fórmula reemplazando los datos y despejando el  $h_1$ , espesor de la capa de rodadura, se tiene:

$$SN = a_1 h_1 + a_2 m_2 h_2 + a_3 m_3 h_3$$

$h_1 = 22.18$  [mm] Carpeta de Rodadura

$h_2 = 100.0$  [mm] Capa Base

$h_3 = 150.00$  [mm] Capa Sub-Base

Valores adoptados del paquete estructural TSD

$h_1 = 2.50$  cm Carpeta de Rodadura

$h_2 = 10.00$  cm Capa Base

$h_3 = 15.00$  cm Capa Sub Base

$ht = 27.50$  cm Altura del paquete

TABLA 2.45. PAQUETE ESTRUCTURAL TSD.

TRAMO	PROG.	CBR DE DISEÑO	TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE			
			MÉTODO DE DISEÑO AASTHO			
			C. RODAD. (cm)	C. BASE (cm)	C. SUB-BASE (cm)	TOTAL(cm)
1	0+000 - 6+500	15 %	2.5	10	15	27.5

Fuente: Elaboración Propia.

#### 2.4.4. Diseño de Drenaje.

El drenaje transversal de la carretera tiene como objetivo evacuar adecuadamente el agua superficial que intercepta su infraestructura, la cual discurre por cauces naturales o artificiales, en forma permanente o transitoria, a fin de garantizar su estabilidad y permanencia.

El elemento básico del drenaje transversal se denomina alcantarilla, considerada como una estructura menor; su densidad a lo largo de la carretera resulta importante e incide en los costos, por ello, se debe dar especial atención a su diseño.

##### 2.4.4.1. Alcantarilla.

En el presente estudio se proyecta la construcción de alcantarillas de sección circular de Chapa ARMCO; además, en los causes de mayor caudal se proyecta la construcción de alcantarillas cajón de acuerdo al caudal de diseño.

**Alcantarillas de Alivio.** Construcción de 14 alcantarillas de Alivio para los cursos de agua que se encuentran los siguientes tramos:

TABLA N° 2.46. UBICACIÓN ALCATARILLAS DE ALIVIO

<b>Tramo Chocloca – Huayco Grande</b>	
prog. 0+141.00	prog. 4+340.00
prog. 1+580.00	prog. 4+750.00
prog. 1+786.00	prog. 4+900.00
prog. 2+050.00	prog. 5+050.00
prog. 3+724.00	prog. 5+900.00
prog. 3+850.00	prog. 6+280.00
prog. 3+600.00	prog. 6+500.00

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, mostraremos el diseño hidráulico de una alcantarilla de Alivio, el resto de los cálculos se encuentran en el ANEXO 7 (Diseño Hidráulico).

**DISEÑO DE INGENIERÍA PARA EL CAMINO VECINAL CHOCLOCA - HUAYCO GRANDE**  
**DISEÑO DE ALCANTARILLA DE ALIVIO**

Tramo Chocloca - Huayco

**Progresiva 0+141.00**

Ecuación Racional:

$$Q_d = \frac{C * i * A}{360}$$

Q = Caudal (m<sup>3</sup>/seg)

i = Intensidad de precipitación en los 10 min. de máxima concentración (mm/h)

C = Coeficiente de escorrentía (C=0.55 Zona con vegetación media)

A = Area de aporte (Ha)

**Datos:**

i = 15.74 mm/h

C = 0.55

A = 2.51 has

n = 0.025      Coeficiente de rugosidad (n=0.025 Acueductos semicirculares, metálicos corrugados)

**Remplazando tenemos:**

$$Q = 0.060 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Sumando el caudal de las cunetas del tramo: 0+141 - 0+262    Q=0.0048m<sup>3</sup>/seg

$$Q = 0.065 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Calculando el tirante normal aplicando el programa de "HCANALES" de (Máximo Villón Béjar) se tiene los siguientes resultados:

Datos :			
Caudal (Q)	<input type="text" value="0.065"/>	m <sup>3</sup> /s	
Diámetro (d)	<input type="text" value="1.00"/>	m	
Rugosidad (n)	<input type="text" value="0.025"/>		
Pendiente (S)	<input type="text" value="0.01"/>	m/m	

Resultados :					
Tirante normal (y)	<input type="text" value="0.1552"/>	m	Perímetro mojado (p)	<input type="text" value="0.8098"/>	m
Area hidráulica (A)	<input type="text" value="0.0776"/>	m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R)	<input type="text" value="0.0958"/>	m
Espejo de agua (T)	<input type="text" value="0.7242"/>	m	Velocidad (v)	<input type="text" value="0.8376"/>	m/s
Número de Froude (F)	<input type="text" value="0.8170"/>		Energía específica (E)	<input type="text" value="0.1909"/>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo	<input type="text" value="Subcrítico"/>				

Se tiene como resultado un tirante normal de:  $y = 0.1552 \text{ m}$

$$y + \text{borde libre} = 0.26 \text{ m}$$

Se asume un diámetro mínimo comerciable Tubo de Chapa ARMCO de D=1.00m

**Alcantarillas de Tipo Cajón.** Construcción de 16 alcantarillas tipo cajón para los cursos de agua que se encuentran en los siguientes tramos:

TABLA N° 2.47. UBICACIÓN ALCANTARILLAS TIPO CAJON

<b>Tramo Chocloca – Huayco Grande</b>	
prog. 0+015.00	prog. 2+520.00
prog. 0+262.00	prog. 4+076.00
prog. 0+565.00	prog. 4+163.00
prog. 0+722.00	prog. 4+423.00
prog. 0+868.00	prog. 5+283.00
prog. 1+090.00	prog. 5+420.00
prog. 1+194.00	prog. 5+509.00
prog. 1+323.00	prog. 6+065.00

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación mostraremos el diseño hidráulico de una alcantarilla Tipo Cajón.

**DISEÑO DE INGENIERÍA PARA EL CAMINO VECINAL CHOCLOCA - HUAYCO GRANDE**  
**DISEÑO DE ALCANTARILLA DE TIPO CAJÓN**

Tramo Chocloca - Huayco

**Progresiva 0+015.00**

Ecuación Racional:

$$Q_d = \frac{C * i * A}{360}$$

Q = Caudal (m<sup>3</sup>/seg)

i = Intensidad de precipitación en los 10 min. de máxima concentración (mm/h)

C = Coeficiente de escorrentía (C=0.55 Zona con vegetacion media)

A = Area de aporte (Ha)

**Datos:**

i = 15.74 mm/h

C = 0.55

A = 7.20 ha

n = 0.014

Coeficiente de rugosidad (n=0.014 canales revestidos con concreto)

b = 1.00 m

**Remplazando:**

Q = 0.1731 m<sup>3</sup>/seg

Sumando el caudal de aporte de la cuneta del tramo 0+000-0+141  $Q=0.0282\text{m}^3/\text{seg}$

$Q = 0.2013 \text{ m}^3/\text{seg}$

Calculando el tirante normal aplicando el programa de "HCANALES" de (Máximo Villón Béjar) se tiene los siguientes resultados:

Datos :			
Caudal (Q)	0.2013	m <sup>3</sup> /s	
Ancho de solera (b)	1.00	m	
Talud (Z)	0.00		
Rugosidad (n)	0.014		
Pendiente (S)	0.01	m/m	

Resultados :					
Tirante normal (y)	0.1288	m	Perímetro (p)	1.2575	m
Area hidráulica (A)	0.1288	m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R)	0.1024	m
Espejo de agua (T)	1.0000	m	Velocidad (v)	1.5633	m/s
Número de Froude (F)	1.3910		Energía específica (E)	0.2533	m-Kg/Kg
Tipo de flujo	Supercrítico				

Se tiene como resultado un tirante normal de:

$$y = 0.1288 \text{ m}$$

$$y + \text{borde libre} = 0.23 \text{ m}$$

Se asume una sección de alcantarilla de:

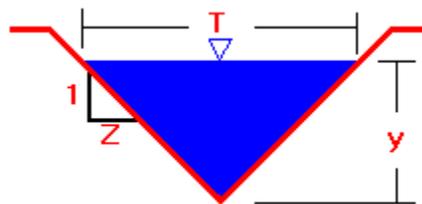
$$b = 1.00 \text{ m}$$

$$h = 1.00 \text{ m}$$

El resto de los cálculos se encuentran en el ANEXO 7 (Diseño Hidráulico).

**Cunetas.** Las cunetas pueden ser de sección en forma triangular, trapezoidal, rectangular y semicircular. El drenaje longitudinal comprende básicamente una sección tipo, triangular. Debido a la facilidad constructiva, considerando que el drenaje longitudinal será construido paralelamente que el paquete estructural se adopta una sección de tipo triangular con taludes simétricos 1:2.

Figura 2.3. Sección de Diseño Tipo.



Fuente: Elaboración Propia

A continuación mostraremos el diseño hidráulico de una cuneta.

**DISEÑO DE INGENIERÍA PARA EL CAMINO VECINAL CHOCLOCA -HUAYCO GRANDE**  
**DISEÑO DE CUNETETA REVESTIDA DE MAMPOSTERÍA DE PIEDRA**

Tramo Chocloca

Prog. 0+000 - 0+141

Ecuación Racional:

$$Q_d = \frac{C * i * A}{360}$$

Q = Caudal (m³/seg)

i = Intensidad de precipitación en los 10 min. de máxima concentración (mm/h)

C = Coeficiente de escorrentía (C=0.55 Zona con vegetación media)

A = Area de aporte (Ha)

Datos:

i = 15.74 mm/h

C = 0.55

A = 0.99 ha

n = 0.025      Coeficiente de rugosidad (n=0.025 canales mampostería de piedra con cemento)

b = 0.00 m

S = 10.00 %      Pendiente del tramo

Remplazando:

Q = 0.0238 m³/seg

Sumando el caudal del tramo 0+155 - 0+262 Q=0.0044m³/seg

Q = **0.0282 m³/seg**

Calculando el tirante normal aplicando el programa de "HCANALES" de (Máximo Villón Béjar) se tiene los siguientes resultados:

Datos:		Diagrama	
Caudal (Q):	0.0282 m³/s		
Ancho de solera (b):	0 m		
Talud (Z):	2		
Rugosidad (n):	.025		
Pendiente (S):	.020 m/m		
Resultados:			
Tirante normal (y):	0.1292 m	Perímetro (p):	0.5776 m
Área hidráulica (A):	0.0334 m²	Radio hidráulico (R):	0.0578 m
Espejo de agua (T):	0.5166 m	Velocidad (v):	0.8453 m/s
Número de Froude (F):	1.0620	Energía específica (E):	0.1656 m·Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico		

Se tiene como resultado un tirante normal de:

y = 0.1292 m

y + borde libre = 0.23 m

Se asume una sección de la cuneta triangular de:

a = 0.40 m

h = 0.30 m

La siguiente tabla presenta el resumen de cunetas:

TABLA N° 2.48. RESUMEN DE CUNETAS

LADO IZQUIERDO				LADO DERECHO			
P. INICIAL		P. FINAL	LONGITUD	P. INICIAL		P. FINAL	LONGITUD
0+ 000	-	0+ 141	141				
0+ 141	-	0+ 262	121	0+ 141	-	0+ 262	121
				0+ 262	-	0+ 360	98
0+ 360	-	0+ 412	52	0+ 360	-	0+ 412	52
0+ 412	-	0+ 439	27				
0+ 439	-	0+ 475	36	0+ 439	-	0+ 475	36
0+ 475	-	0+ 523	48	0+ 475	-	0+ 523	48
0+ 523	-	0+ 565	42	0+ 523	-	0+ 565	42
0+ 565	-	0+ 665	100				
0+ 665	-	0+ 722	57	0+ 665	-	0+ 722	57
0+ 732	-	0+ 785	53	0+ 732	-	0+ 785	53
				0+ 785	-	0+ 868	83
0+ 868	-	0+ 936	68				
0+ 936	-	0+ 974	38	0+ 936	-	0+ 974	38
0+ 974	-	1+ 090	116				
1+ 090	-	1+ 112	22	1+ 090	-	1+ 112	22
1+ 112	-	1+ 194	82				
1+ 194	-	1+ 280	86				
1+ 280	-	1+ 323	43	1+ 280	-	1+ 323	43
1+ 323	-	1+ 440	117				
1+ 440	-	1+ 580	140				
1+ 580	-	1+ 710	130				
1+ 710	-	1+ 786	76	1+ 710	-	1+ 786	76
				1+ 786	-	1+ 853	67
				1+ 853	-	1+ 925	72
1+ 935	-	2+ 060	125				
2+ 060	-	2+ 110	50	2+ 060	-	2+ 110	50
2+ 110	-	2+ 195	85	2+ 110	-	2+ 195	85
2+ 195	-	2+ 380	185				
2+ 380	-	2+ 485	105				
2+ 485	-	2+ 530	45	2+ 485	-	2+ 530	45
2+ 530	-	2+ 595	65	2+ 530	-	2+ 595	65
2+ 595	-	2+ 648	53	2+ 595	-	2+ 648	53
2+ 648	-	2+ 807	159				
2+ 807	-	2+ 937	130				
2+ 937	-	3+ 047	110				
3+ 047	-	3+ 153	106	3+ 047	-	3+ 153	106

				3+ 153	-	3+ 255	102
				3+ 255	-	3+ 353	98
3+ 353	-	3+ 430	77	3+ 353	-	3+ 430	77
3+ 430	-	3+ 495	65	3+ 430	-	3+ 495	65
3+ 495	-	3+ 547	52	3+ 495	-	3+ 547	52
3+ 547	-	3+ 610	63	3+ 547	-	3+ 610	63
3+ 610	-	3+ 735	125				
				3+ 735	-	3+ 860	125
				3+ 860	-	3+ 985	125
3+ 985	-	4+ 040	55	3+ 985	-	4+ 040	55
4+ 040	-	4+ 086	46	4+ 040	-	4+ 086	46
4+ 086	-	4+ 173	87	4+ 086	-	4+ 173	87
4+ 173	-	4+ 250	77				
4+ 250	-	4+ 277	27	4+ 250	-	4+ 277	27
4+ 277	-	4+ 433	156				
				4+ 433	-	4+ 560	127
				4+ 580	-	4+ 670	90
4+ 670	-	4+ 755	85	4+ 670	-	4+ 755	85
				4+ 755	-	4+ 905	150
				4+ 905	-	5+ 055	150
				5+ 050	-	5+ 195	145
5+ 195	-	5+ 257	62	5+ 195	-	5+ 257	62
5+ 257	-	5+ 283	26	5+ 257	-	5+ 283	26
5+ 283	-	5+ 420	137				
5+ 420	-	5+ 478	58	5+ 420	-	5+ 478	58
5+ 478	-	5+ 509	31	5+ 478	-	5+ 509	31
5+ 509	-	5+ 715	206				
5+ 715	-	5+ 757	42	5+ 715	-	5+ 757	42
5+ 757	-	5+ 817	60	5+ 757	-	5+ 817	60
5+ 817	-	5+ 900	83	5+ 817	-	5+ 900	83
5+ 900	-	6+ 065	165				
6+ 065	-	6+ 120	55	6+ 065	-	6+ 120	55
6+ 120	-	6+ 165	45	6+ 120	-	6+ 165	45
6+ 165	-	6+ 240	75	6+ 165	-	6+ 240	75
6+ 240	-	6+ 285	45	6+ 240	-	6+ 285	45
6+ 285	-	6+ 340	55	6+ 285	-	6+ 340	55
6+ 340	-	6+ 395	55	6+ 340	-	6+ 395	55
6+ 395	-	6+ 464	69	6+ 395	-	6+ 464	69
6+ 464	-	6+ 500	36.11	6+ 464	-	6+ 500	36.11
SUB TOTAL			5033.11	SUB TOTAL			3778.11
TOTAL (m)						8811.22	

Fuente: Elaboración Propia.

Longitud total de cunetas **8811.22 m** todas de T=40 cm y h=30cm (Ver cálculo de cunetas en ANEXO 7 (Diseño Hidráulico)).

## 2.5. CÓMPUTOS MÉTRICOS.

El objeto que cumplen los cálculos métricos dentro de una obra son:

- 1.- Determinar la cantidad de material necesario para ejecutar una obra.
- 2.- Establecer volúmenes de obra y costos parciales con fines de pago por avance de obra. Los cálculos métricos son problemas de medición de longitudes, áreas y volúmenes que requieren el manejo de fórmulas geométricas. El cálculo métrico requiere del conocimiento de procedimientos constructivos.

Los cálculos métricos realizados para el proyecto, se detallan en el ANEXO 8. (Cálculos Métricos y Presupuesto).

TABLA N° 2.49. RESUMEN DE COMPUTOS MÉTRICOS

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	N° DE VECES	LARGO (m)	AREA (m2)	ALTO (m)	TOTAL PARCIAL	TOTAL
<b>1</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>							
1.1	INSTALACIÓN DE FAENAS	gib	1				1.00	<b>1.00</b>
<b>1.2</b>	<b>REPLANTEO Y CONTROL TOPOGRAFICO</b>	km	1	6.50			6.50	<b>6.50</b>
	Tramo Chocloca - Huayco Grande 0+000 - 6+500.01							
<b>1.3</b>	<b>LIMPIEZA DE TERRENO Y DESBROCE</b>	ha						<b>4.53</b>
	Tramo Chocloca-Huayco Grande						Convertido a Ha	
	Inicio Tramo hasta Inicio Puente (Prog. 0+000 - 1+925)			1925.00	7.00		1.35	
	Fin de Puente hasta Inicio Puente 20m (Prog. 1+935 - 4+560)			2625.00	7.00		1.84	
	Final de Puente hasta Final del Tramo (4+580 - 6+500)			1920.00	7.00		1.34	
<b>1.4</b>	<b>PROVISION Y COLOCADO LETRERO DE OBRAS</b>	pza.	2				2.00	<b>2.00</b>
<b>2</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>							
2.1	EXCAVACION CLASIFICADA SEMI DURO	m3						<b>69,732.92</b>
	Tramo Chocloca - Huayco							
	Total volumen de excavación (ver anexos de resumen de movimiento de			Sale de la tabla de ANEXO 5 Dis Geo volúm			69732.9169	
<b>2.2</b>	<b>CONFORMADO DE TERRAPLEN CON MATERIAL DE PRESTAMO</b>	m3						<b>4,146.10</b>
	Tramo Chocloca - Huayco							
	Total volumen de relleno (ver anexos de movimiento de tierras)			Sale de la tabla de ANEXO 5 Dis Geo volúm			4146.1036	

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	Nº DE VECES	LARGO (m)	AREA (m2)	ALTO (m)	TOTAL PARCIAL	TOTAL
2	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>							
2.3	<b>SOBREACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE</b>	<b>m3/km</b>						<b>65,586.31</b>
	<b>Tramo Chocloca - Huavco</b>							
	Se considera el sobre acarreo de todo el tramo (Prog 0+000 - 6+500)							65586.3061

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	Nº DE VECES	LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTO (m)	TOTAL PARCIAL	TOTAL
3	<b>CONFORMADO DE PAQUETE ESTRUCTURAL</b>							
	<b>PAV. FLEXIBLE</b>							
3.1	<b>CONFORMACION DE CAPA SUB BASE</b>	<b>m3</b>						<b>6,793.50</b>
	<b>Tramo Chocloca - Huavco</b>							
	Inicio Tramo hasta Inicio Puente (Prog. 0+000 - 1+925)		1	1925.00	7.00	0.15	2021.25	
	Fin de Puente hasta Inicio Puente 20m (Prog. 1+935 - 4+560)		1	2625.00	7.00	0.15	2756.25	
	Final de Puente hasta Final del Tramo (4+580 - 6+500)		1	1920.00	7.00	0.15	2016.00	

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	Nº DE VECES	LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTO (m)	TOTAL PARCIAL	TOTAL
3	<b>CONFORMADO DE PAQUETE ESTRUCTURAL</b>							
	<b>PAV. FLEXIBLE</b>							
3.2	<b>CONFORMACION DE CAPA BASE</b>	<b>m3</b>						<b>4,529.00</b>
	<b>Tramo Chocloca - Huavco</b>							
	Inicio Tramo hasta Inicio Puente (Prog. 0+000 - 1+925)		1	1925.00	7.00	0.10	1347.50	
	Fin de Puente hasta Inicio Puente 20m (Prog. 1+935 - 4+560)		1	2625.00	7.00	0.10	1837.50	
	Final de Puente hasta Final del Tramo (4+580 - 6+500)		1	1920.00	7.00	0.10	1344.00	

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	Nº DE VECES	LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTO (m)	TOTAL PARCIAL	TOTAL
3	<b>CONFORMADO DE PAQUETE ESTRUCTURAL</b>							
	<b>PAV. FLEXIBLE</b>							
3.3	<b>IMPRIMACIÓN ASFALTICA</b>	<b>m2</b>						<b>45,290.00</b>
	<b>Tramo Chocloca - Huavco</b>							
	Inicio Tramo hasta Inicio Puente (Prog. 0+000 - 1+925)		1	1925.00	7.00		13475.00	
	Fin de Puente hasta Inicio Puente 20m (Prog. 1+935 - 4+560)		1	2625.00	7.00		18375.00	
	Final de Puente hasta Final del Tramo (4+580 - 6+500)		1	1920.00	7.00		13440.00	

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	Nº DE VECES	LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTO (m)	TOTAL PARCIAL	TOTAL
3	<b>CONFORMADO DE PAQUETE ESTRUCTURAL</b>							
	<b>PAV. FLEXIBLE</b>							
3.4	<b>CAPA DE RODADURA (PAVIMENTO FLEXIBLE e= 5cm)</b>	<b>m3</b>						<b>2,264.50</b>
	<b>Tramo Chocloca - Huavco</b>							
	Inicio Tramo hasta Inicio Puente (Prog. 0+000 - 1+925)		1	1925.00	7.00	0.05	673.75	
	Fin de Puente hasta Inicio Puente 20m (Prog. 1+935 - 4+560)		1	2625.00	7.00	0.05	918.75	
	Final de Puente hasta Final del Tramo (4+580 - 6+500)		1	1920.00	7.00	0.05	672.00	

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	Nº DE VECES	LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTO (m)	TOTAL PARCIAL	TOTAL
3	<b>CONFORMADO DE PAQUETE ESTRUCTURAL</b>							
	<b>TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE</b>							
3.7	<b>SUMINISTRO ASFALTO DILUIDO PARA TSD</b>	<b>m2</b>						<b>45,290.00</b>
	<b>Tramo Chocloca - Huavco</b>							
	Inicio Tramo hasta Inicio Puente (Prog. 0+000 - 1+925)		1	1925.00	7.00		13475.00	
	Fin de Puente hasta Inicio Puente 20m (Prog. 1+935 - 4+560)		1	2625.00	7.00		18375.00	
	Final de Puente hasta Final del Tramo (4+580 - 6+500)		1	1920.00	7.00		13440.00	

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	Nº DE VECES	LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTO (m)	TOTAL PARCIAL	TOTAL
3	<b>CONFORMADO DE PAQUETE ESTRUCTURAL</b>							
	<b>TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE</b>							
3.8	<b>CAPA DE RODADURA (T.S.D. 2.5 cm)</b>	<b>m2</b>						<b>1,132.25</b>
	<b>Tramo Chocloca - Huavco</b>							
	Inicio Tramo hasta Inicio Puente (Prog. 0+000 - 1+925)		1	1925.00	7.00	0.025	336.88	
	Fin de Puente hasta Inicio Puente 20m (Prog. 1+935 - 4+560)		1	2625.00	7.00	0.025	459.38	
	Final de Puente hasta Final del Tramo (4+580 - 6+500)		1	1920.00	7.00	0.025	336.00	

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	Nº DE VECES	LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTO (m)	TOTAL PARCIAL	TOTAL
7	<b>ENTREGA DE OBRA</b>							
7.1	<b>LIMPIEZA GENERAL DE OBRA</b>	<b>Glb</b>						<b>1.00</b>
	<b>Tramo Chocloca - Huavco</b>							
	Limpieza general de obra en todo el tramo de ejecución		1				1.00	

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	Nº DE VECES	LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTO (m)	TOTAL PARCIAL	TOTAL
7	ENTREGA DE OBRA							
7.2	PLACA DE ENTREGA DE OBRA	Pza						2.00
	Tramo Choeloca - Huayco							
	Una placa al inicio del tramo y una al final del mismo		2				2.00	

Fuente: Cómputos Métricos y Presupuesto.

## 2.6. PRECIOS UNITARIOS Y PRESUPUESTO.

El análisis de precios unitarios, según las NB-SABS (Normas Básicas del Sistema de Administración de Bienes y Servicios), se realiza llenando el formulario B-2 por actividad o ítem y se encuentran detallados en ANEXO 8. (Cómputos Métricos, Precios Unitarios y Presupuesto). Además, se utilizó el Programa PRESCOM (las planillas fueron exportadas al Excel) para cada ítem del proyecto.

### 2.6.1. Descripción de los componentes de los precios unitarios

A continuación se desglosará todos los componentes que influyen en el análisis de precios unitarios.

#### ➤ Materiales.

Es el primer componente que tiene su importancia en la estructura de costos, su magnitud y cantidad dependen de la definición técnica y las características propias de cada uno de los materiales que integran el ítem.

La mano de obra, se halla condicionada a dos factores:

- El precio que pagan por ella o salario.
- El tiempo de ejecución de la unidad de obra o rendimiento y a tres sistemas de trabajo, a jornal, a contrato y destajo.

Los costos indirectos de la mano de obra se calculan basados en varios criterios, englobados en las cargas sociales, que incluyen rubros como: aportes, vacaciones, licencias y enfermedad, días efectivamente trabajados, costos de campamento y alimentación. Todas estas incidencias fueron convertidas en días efectivamente pagados y en porcentajes de incidencia que sirvieron para determinar los factores de mayoración correspondientes.

TABLA 2.50. CATEGORIZACIÓN DEL MERCADO LOCAL PARA LA MANO DE OBRA DESTINADA A LA CONSTRUCCIÓN

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	JORNALES (BS.)
<b>No calificada</b>		
1	Peón	86
2	Ayudante	100
3	Contramaestro	150
4	Maestro	156
<b>Calificada</b>		
5	Especialista	156
6	Operador equipo liviano	130
7	Operador equipo pesado	160
8	Capataz	170
9	Técnico	176

Fuente: Elaboración Propia (en función a Análisis de Costos Cámara Departamental de la Construcción – Tarija 2015)

➤ **Cargas sociales.**

Las cargas sociales relacionadas con la mano de obra se dividen en dos categorías:

- Cargas de aplicación directa (inmediata)
- Cargas de aplicación diferida

Las cargas de aplicación directa comprenden los aportes que efectúa el empleador al sistema del seguro social y a los beneficios que recibe el empleado de acuerdo a las disposiciones legales vigentes.

Las cargas de aplicación diferida se refieren a los compromisos que el empleador asume con el empleado, en forma voluntaria o forzosa, de acuerdo a circunstancias

especiales como: rescisión del contrato de trabajo, días no trabajados por feriados, licencias, y otros.

Para el cálculo de las cargas sociales se confeccionó primero la Tabla siguiente que muestra el precio de la mano de obra, expresado en bolivianos este precio son los que se presentan en las revistas de la cámara de la construcción y se añadió el costo de la alimentación considerando el precio de almuerzo desayuno y cena.15bs, 10bs y 5bs respectivamente sumando el costo diario y dividiendo entre 8 horas laborales obtenemos 3.75 bs que serán añadidos a los precios horarios finales.

TABLA 2.51: PRECIO PROMEDIO DE LA MANO DE OBRA EN EL MERCADO LOCAL

<i>Categoría</i>	<i>Descripción</i>	<i>Jornal (Bs.)</i>	<i>Precio Horario(Bs)</i>	<i>Precio Horario + Alimentación red.</i>
1	<i>Peón</i>	86	10.75	14.50
2	<i>Ayudante</i>	100	12.50	16.25
3	<i>Contramaestro</i>	150	18.75	22.50
4	<i>Maestro</i>	156	19.50	23.25
5	<i>Especialista</i>	156	19.50	23.25
6	<i>Operador equipo liviano</i>	130	16.25	20.00
7	<i>Operador equipo pesado</i>	160	20.00	23.75
8	<i>Capataz</i>	170	21.25	25.00
9	<i>Técnico</i>	176	22.00	25.75

Fuente: Elaboración Propia (en función a Análisis de Costos Cámara Departamental de la Construcción – Tarija 2015)

➤ **Cargas de aplicación directa.**

En la siguiente tabla se presenta el resumen de los aportes a entidades según Ley 1732

TABLA 2.52. APORTES A ENTIDADES

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PATRONAL</b>	<b>LABORAL</b>
Caja nacional de salud	10%	
Fondo de Vivienda	2%	
AFP	2%	12.50%
INFOCAL	1%	
<b>TOTAL</b>	<b>15%</b>	<b>12.50%</b>

Fuente: Elaboración Propia (en función a Análisis de Costos Cámara Departamental de la Construcción – Tarija 2015)

➤ **Cargas de aplicación diferida.**

La incidencia por inactividad se la calcula de acuerdo al tipo de obra, en el caso de carreteras, las incidencias son mayores, debido a las imposibilidades y factores que impiden un buen desarrollo de la obra. A continuación se presenta el cálculo de los días al año sin producción y los jornales cancelados al año.

TABLA 2.53. INCIDENCIA DE INACTIVIDAD

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>DÍAS SIN PRODUCCIÓN</b>	<b>JORNALES PAGADOS</b>
Domingos	52	52
Feridos	9	9
Vacación	15	15
Enfermedad	3	3
Ausencias justificadas	4	4
Ausencias injustificadas	2	
Lluvias	4	4
Día de Constructor	1	1
<b>TOTAL</b>	<b>90</b>	<b>88</b>
Días efectivamente Pagados	$365-90=$	275 días
Jornales Abonados	$275+88=$	363 días
Incidencia de Inactividad	$363/275=$	1.32
<b>INACTIVIDAD</b>	<b>32.00%</b>	

Fuente: Elaboración Propia (en función a Análisis de Costos Cámara Departamental de la Construcción – Tarija 2015)

➤ **Incidencia por subsidios**

A partir del 1 de enero de 1993 en cumplimiento a las previsiones contenidas en el artículo 2do. Del D. S. No. 23410 del 16 de febrero de 1993, que modifica la cuantía del salario mínimo nacional, los subsidios, prenatal, natalidad, lactancia y sepelio, cuya obligación está a cargo de la empresa o los empleadores, según lo dispuesto por el D. S. 21637 en su art. 25 de junio de 1987 deben considerarse dentro de la estructura de costos.

TABLA 2.54. INCIDENCIA POR SUBSIDIOS

<b>SUBSIDIO</b>	<b>MONTO BS.</b>	<b>PERIODO (mes)</b>	<b>TOTAL A CANCELAR</b>
Prenatal	1440	5	7200
Natalidad	1440	1	1440
Lactancia	1440	12	17280
Sepelio	1440	1	1440
<b>Totales</b>		<b>19</b>	<b>27360</b>

Fuente: Elaboración Propia (en función a Análisis de Costos Cámara Departamental de la Construcción – Tarija 2015)

Para el análisis de la incidencia de los subsidios, es necesario determinar el costo mensual promedio de la mano de obra, para dicho efecto determinaremos el jornal o salario promedio ponderado mensual, en base a los precios vigentes en el mercado y pesos ponderados para carreteras.

TABLA 2.55. SALARIO PONDERADO MENSUAL

<b>OCUPACIÓN</b>	<b>SALARIO DIARIO</b>	<b>SALARIO MENSUAL</b>	<b>PROMEDIO PONDERADO</b>	<b>SALARIO PONDERADO</b>
Peón	86	2580	13.19	340
Ayudante	100	3000	15.34	460
Albañil	150	4500	23.01	1035
Especialista	156	4680	23.93	1120
Maquinista	160	4800	24.54	1178
<b>TOTAL</b>		<b>19560</b>	<b>100</b>	<b>4133</b>

Fuente: Elaboración Propia (en función a Análisis de Costos Cámara Departamental de la Construcción – Tarija 2015)

Es necesario determinar el número de trabajadores de planta para un proyecto, considerando 80 obreros de los cuales el 8% tienen derecho a los subsidios excepto sepelio donde se asume un 4%, con estos datos determinamos el porcentaje de incidencia de los subsidios.

TABLA 2.56. PORCENTAJE DE INVERSIÓN ANUAL EN SUBSIDIOS

SUBSIDIO	PORCENTAJE	FORMULA DE	MONTO
		CÁLCULO	ANUAL Bs.
Prenatal	8%	$0.08*60*1440*5$	34560
Natalidad	8%	$0.08*60*1440*1$	6912
Lactancia	8%	$0.08*60*1440*12$	82944
Sepelio	4%	$0.04*60*1440*1$	3456
<b>TOTAL</b>			<b>127872</b>
Datos:			
Salario Promedio	4133	Bs.	
Número de obreros	60	Obreros	
Tiempo	12	meses	
$4133*60*12$	2975760	Bs/año	
$127872/2975760$	<b>4.29%</b>	<b>Subsidio</b>	

Fuente: Elaboración Propia (en función a Análisis de Costos Cámara Departamental de la Construcción – Tarija 2015)

➤ **Incidencia por seguridad industrial e higiene.**

En la Ley General del Trabajo, existe la LEY GENERAL DE HIGIENE, SEGURIDAD OCUPACIONAL Y BIENESTAR (Decreto Ley N° 16998 del 2 de agosto de 1979), la cual recomienda la utilización de implementos de seguridad.

Las Cámaras Departamentales de la Construcción así como la Cámara Boliviana, han realizado estudios al respecto recomendando por lo general se aplique al precio de la mano de obra:

TABLA 2.57. INCIDENCIA POR SEGURIDAD INDUSTRIAL

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	FORMULA DE CÁLCULO	TOTALES
Botas de Agua	15	80	$18*80/60$	20
Guante de Cuero	120	7	$180*7/60$	14
Guantes de Plástico	60	4	$60*4/60$	4
Ropa de Trabajo	60	80	$60*80/60$	80
Cascos	60	25	$30*25/60$	25
Cinturones de Seguridad	12	30	$12*30/60$	6
Botiquín	2	500	$2*500/60$	16.67
Anteojos	18	40	$18*40/60$	12
<b>TOTAL</b>				<b>177.67</b>
Incidencia Promedio mensual	$177.67/12=$	14.81	Bs/Obrero-mes	
Equivalente a :	$14.81/4133$	<b>0.36%</b>	<b>Seguridad Industrial</b>	

Fuente: Elaboración Propia (en función a Análisis de Costos Cámara Departamental de la Construcción – Tarija 2015)

Finalmente, se presenta en el siguiente cuadro, el resumen de la incidencia total de los beneficios sociales sobre el salario básico:

TABLA 2.58. PORCENTAJES TOTALES

DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE A APLICAR
Aportes a Entidades	27.50%
Incidencia de Inactividad	32.00%
Incidencia por Subsidios	4.29%
Seguridad Industrial e Higiene	0.36%
<b>Porcentaje de Beneficios Sociales</b>	<b>64.15%</b>

Fuente: Elaboración Propia (en función a Análisis de Costos Cámara Departamental de la Construcción – Tarija 2015)

Por lo tanto se adopta el 65 % de incidencia, por beneficios sociales sobre el salario básico.

➤ **Maquinaria y equipo**

Para seleccionar el equipo y la maquinaria a utilizar en la construcción del proyecto, se toman en cuenta la potencia, capacidad de trabajo y condiciones de operabilidad del equipo.

- **Rendimiento de equipos.**

El rendimiento de los equipos, se entiende como la cantidad de unidades a producirse en una cierta tarea y en un tiempo determinado, por los general en una hora de trabajo.

- **Incidencias en la estructura del precio unitario.**

Al margen de los Beneficios Sociales que fueron analizados precedentemente, la estructura del precio unitario contiene otros porcentajes de incidencia que hacen la totalidad real del precio de la actividad.

- **Herramientas y equipos menores.**

Por lo general para este rubro, se adoptan un porcentaje de la mano de obra teniéndose como racional el 5% dependiendo de la actividad.

- **Gastos generales y administrativos.**

Otro de los porcentajes con el que se mayor el Precio Unitario es el de los Gastos Generales, este considera todos los gastos operacionales indirectos como ser los administrativos, seguros, garantías, etc. Los Consultores afectaron a los Precios unitarios con un factor de gastos generales y administrativos de 17 % del costo parcial del ítem, y que se desglosa a continuación:

TABLA 2.59. ESTIMACIÓN DE GASTOS GENERALES

<b>1. Gastos Administrativos</b>	%
Material de escritorio	0.2
Material de mantenimiento de Oficina	0.1
Vehículos	1.0
Agua, Luz teléfonos, fax, radio	0.8
Seguros	0.3
Alquiler de oficina, depósitos	1.2
Sueldos personal Jerárquico y en General	4
Subtotal	6.1
<b>2. Gastos en Obra</b>	%
Movilización	2
Campamento	2
Laboratorio de suelos y ensayo de materiales	0.3
Replanteos de Obras	0.2
Gastos de representación	0.1
Ejecución de planos AsBuilt	0.3
Viajes de Inspección	0.1
Bibliografía	0.1
Subtotal	5.1
<b>3. Riesgos e Imprevistos</b>	%

Trabajos deteriorados Causas ajenas	0.4
Reposición materiales defectuosos	0.4
Perdidas y Robos	0.2
Accidentes	0.5
Atención médica de urgencia	0.5
Subtotal	2
<b>RESUMEN DE GASTOS GENERALES</b>	<b>%</b>
1. Gastos Administrativos	8.4%
2. Gastos en Obra	5.10%
3. Riesgos e Imprevistos	2.00%
<b>TOTAL</b>	<b>17.00%</b>

Fuente: Elaboración Propia (en función a Análisis de Costos Cámara Departamental de la Construcción – Tarija 2015)

- **Utilidades.**

Es el beneficio que busca la empresa en la realización de las obras, y por consiguiente su fijación en porcentaje es difícil de determinar. Normalmente se suele utilizar el valor del 10% del Costo parcial del Ítem (Costo Parcial más Gastos Generales) y ese es el referente que se utiliza en el presente Proyecto

- **Impuestos.**

El impuesto aplicable es el **Impuesto al Valor Agregado IVA**, el que incide en un 13% del costo de la Mano de Obra que, determinado del subtotal de la Mano de Obra más las Cargas Sociales, corresponde al **14.94%** (resultante de la división  $100\%/0.87-100\%=14.94\%$ ), el **Impuesto a las Transacciones**, por su carácter global, se aplica al total del precio unitario correspondiente al 3% del mismo correspondiendo al **3.09%** (resultante de la división  $100\%/0.97-100\%=3.09$ ) de los subtotales de los costos directos e indirectos, y el **Impuesto a la Utilidad de las Empresas**, que es parte de los gastos generales y administrativos, por lo que no es tomado en cuenta como porcentaje directo de ningún rubro.

A continuación se mostrara la tabla de un ítem del proyecto.

**Ítem: PLACA ENTREGA DE OBRAS**

**Unidad: pza**

**Proyecto: CHOCLOCA - HUAYCO**

**Cliente: JUAN GARNICA**

**Tipo de cambio: 7.00**

Nº	P.	Insumo/Parámetro	Und.	Cant.	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)
	A	MATERIALES				
1	-	PLACA METALICA DE ENTREGA DE OB	pza	1.00	141.17	141.17
>	<b>D</b>	<b>TOTAL MATERIALES</b>			<b>(A) =</b>	<b>141.17</b>
	B	MANO DE OBRA				
1	-	ALBAÑIL	hr	1.00	17.50	17.50
>	<b>E</b>	<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>			<b>(B) =</b>	<b>17.50</b>
	F	Cargas Sociales		65.00% de	(E) =	9.63
	O	Impuesto al Valor Agregado		14.94% de	(E+F) =	4.05
>	<b>G</b>	<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>			<b>(E+F+O) =</b>	<b>31.18</b>
	C	EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIEN				
	H	Herramientas menores		5.00% de	(G) =	1.56
>	<b>I</b>	<b>TOTAL HERRAMIENTAS Y EQUIPO</b>			<b>(C+H) =</b>	<b>1.56</b>
>	<b>J</b>	<b>SUB TOTAL</b>			<b>(D+G+I) =</b>	<b>173.91</b>
	L	Gastos grales. y administrativ		17.00% de	(J) =	17.39
	M	Utilidad		10.00% de	(J+L) =	19.13
>	<b>N</b>	<b>PARCIAL</b>			<b>(J+L+M) =</b>	<b>210.43</b>
	P	Impuesto a las Transacciones		3.09% de	(N) =	6.50
>	<b>Q</b>	<b>TOTAL PRECIO UNITARIO</b>			<b>(N+P) =</b>	<b>216.93</b>
>		<b>PRECIO ADOPTADO:</b>				<b>216.93</b>
		Son: Doscientos Dieciseis con 93/100 Bolivianos				

## 2.6.2. Presupuesto General.

### ➤ Pavimento Flexible.

El presupuesto general del pavimento flexible del tramo en estudio se mostrara en la siguiente tabla (Se la realizó con ayuda del PRESCOM):

TABLA 2.60. PRESUPUESTO GENERAL PAVIMENTO FLEXIBLE

Nº	Descripción	Und.	Cantidad	Unitario	Parcial (Bs)
>	<b>M01 - OBRAS PRELIMINARES</b>				<b>122,983.75</b>
1	INSTALACIÓN DE FAENAS	glb	1.00	65,586.61	65,586.61
2	REPLANTEO Y CONTROL TOPOGRÁFICO	km	6.50	2,517.73	16,365.27
3	LIMPIEZA TERRENO Y DESBROCE	ha	4.53	8,028.15	36,359.49
4	PROVISIÓN Y COLOCADO LETRERO DE OBRAS	pza	2.00	2,336.19	4,672.38
>	<b>M02 - MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>3,444,294.91</b>
5	EXCAVACION CLASIFICADA	m³	69,732.92	24.10	1,680,563.30
6	CONFORMADO TERRAPLEN CON MATERIAL DE PRESTAMC	m³	4,146.10	30.40	126,041.55
7	SOBREACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE	m³	65,586.31	24.97	1,637,690.06
>	<b>M03 - CONFORMADO PAQUETE ESTRUCTURAL</b>				<b>5,300,084.90</b>
8	CONFORMACIÓN CAPA SUB BASE(Incluye transporte)	m³	6,793.50	155.56	1,056,796.86
9	CONFORMACION CAPA BASE (Incluye transporte)	m³	4,529.00	230.87	1,045,610.23
10	IMPRIMACION ASFALTICA	m²	45,290.00	20.72	938,408.80
11	CAPA DE RODADURA (PAVIMENTO FLEXIBLE)	m³	2,264.50	997.69	2,259,269.01
>	<b>M04 - OBRAS DE ARTE MENOR</b>				<b>2,003,586.30</b>
12	REPLANTEO/CONTROL OBRAS DE ARTE MENOR	pza	44.00	599.64	26,384.16
13	EXCAVACION NO CLASIFICADA C/MAQ P/OBRAS DE ARTE	m³	747.11	31.21	23,317.21
14	EXCAVACION MANUAL P/CUNETAS REVESTIDAS	m³	528.67	102.09	53,972.25
15	H° C° P/ALCANTARILLAS DOS. 1:2:3 50% PD	m³	279.47	818.13	228,639.68
16	HORMIGON ARMADO PARA LOSAS	m³	26.88	3,865.93	103,916.20
17	PISO DE CEMENTO + EMPEDRADO P/ALCANTARILLAS	m³	29.91	145.62	4,355.83
18	COLOC CAPA BASE ARENA SELECCIONADA	m³	25.20	156.40	3,941.28
19	PROV Y COLOC. TUBOS DE ARMCO D=1000MM	m	84.00	2,580.57	216,767.88
20	RELLENO COMPACTADO MANUAL-S/MATERI RELLE	m³	218.40	120.99	26,424.22
21	CUNETA REVESTIDA DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA	m	8,811.22	149.34	1,315,867.59
>	<b>M05 - SEÑALIZACIÓN</b>				<b>67,039.35</b>
22	SEÑAL PREVENTIVA CUADRANGULAR 0.60x0.60 m	pza	15.0	1,748.89	26,233.35
23	SEÑALIZACION RESTRICTIVA CUADRANGULAR 0.60x0.90 m	pza	5.0	1,804.19	9,020.95
24	LINEAS DE SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL (SIMPLES, ETC.)	m	6,500.0	4.89	31,785.0489
>	<b>M06 - ENTREGA DE OBRA</b>				<b>28,779.39</b>
25	LIMPIEZA GENERAL DE LA OBRA	glb	1.00	28,345.53	28,345.53
26	PLACA ENTREGA DE OBRAS	pza	2.00	216.93	433.86
	<b>Total presupuesto:</b>				<b>10,966,768.59</b>
	SON: Diez Millones Novecientos Sesenta y Seis Mil Setecientos Sesenta y Ocho 59/100 bolivianos				

Fuente: Elaboración Propia

### ➤ . Tratamiento Superficial Doble.

El presupuesto general del tratamiento superficial doble del tramo en estudio se mostrara en la siguiente tabla (Se la realizó con ayuda del PRESCOM):

**TABLA. 2.61. PRESUPUESTO GENERAL TRATAMIENTO SUPERFICIAL  
DOBLE**

N°	Descripción	Und.	Cantidad	Unitario	Parcial (Bs)
>	<b>M01 - OBRAS PRELIMINARES</b>				<b>122,983.75</b>
1	INSTALACION DE FAENAS	glb	1.00	65,586.61	65,586.61
2	REPLANTEO Y CONTROL TOPOGRAFICO	km	6.50	2,517.73	16,365.27
3	LIMPIEZA TERRENO Y DESBROCE	ha	4.53	8,028.15	36,359.49
4	PROVISIÓN Y COLOCADO LETRERO DE OBRAS	pza	2.00	2,336.19	4,672.38
>	<b>M02 - MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>3,444,294.91</b>
5	EXCAVACION CLASIFICADA	m³	69,732.92	24.10	1,680,563.30
6	CONFORMADO TERRAPLEN CON MATERIAL DE PRESTAMO	m³	4,146.10	30.40	126,041.55
7	SOBREACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE	m³	65,586.31	24.97	1,637,690.06
>	<b>M03 - CONFORMADO PAQUETE ESTRUCTURAL</b>				<b>3,128,406.75</b>
8	CONFORMACION CAPA SUB BASE	m³	6,793.50	155.56	1,056,796.86
9	CONFORMACION CAPA BASE	m³	4,529.00	230.87	1,045,610.23
10	SUMINISTRO ASFALTO DILUIDO PARA TSD	m²	45,290.00	20.72	938,408.80
11	CAPA DE RODADURA (TSD)	m²	1,132.25	77.36	87,590.86
>	<b>M04 - OBRAS DE ARTE MENOR</b>				<b>2,003,586.30</b>
12	REPLANTEO/CONTROL OBRAS DE ARTE MENOR	pza	44.00	599.64	26,384.16
13	EXCAVACION NO CLASIFICADA C/MAQ P/OBRAS DE ARTE	m³	747.11	31.21	23,317.21
14	EXCAVACION MANUAL P/CUNETAS REVESTIDAS	m³	528.67	102.09	53,972.25
15	H° C° P/ALCANTARILLAS DOS. 1:2:3 50% PD	m³	279.47	818.13	228,639.68
16	HORMIGON ARMADO PARA LOSAS	m³	26.88	3,865.93	103,916.20
17	PISO DE CEMENTO + EMPEDRADO P/ALCANTARILLAS	m³	29.91	145.62	4,355.83
18	COLOC CAPA BASE AREÑA SELECCIONADA	m³	25.20	156.40	3,941.28
19	PROV Y COLOC. TUBOS DE ARMCO D=1000MM	m	84.00	2,580.57	216,767.88
20	RELLENO COMPACTADO MANUAL-S/MATERI RELLE	m³	218.40	120.99	26,424.22
21	CUNETA REVESTIDA DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA	m	8,811.22	149.34	1,315,867.59
>	<b>M05 - SEÑALIZACIÓN</b>				<b>67,039.35</b>
22	SEÑAL PREVENTIVA CUADRANGULAR 0.60x0.60 m	pza	15.0	1,748.89	26,233.35
23	SEÑALIZACION RESTRICTIVA CUADRANGULAR 0.60x0.90 m	pza	5.0	1,804.19	9,020.95
24	LINEAS DE SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL (SIMPLES, ETC.)	m	6,500.0	4.89	31,785.0489
>	<b>M06 - ENTREGA DE OBRA</b>				<b>28,779.39</b>
25	LIMPIEZA GENERAL DE LA OBRA	glb	1.00	28,345.53	28,345.53
26	PLACA ENTREGA DE OBRAS	pza	2.00	216.93	433.86
	<b>Total presupuesto:</b>				<b>8,795,090.45</b>
	SON: Ocho Millones Setecientos Noventa y Cinco Mil Noventa 45/100 bolivianos				

Fuente: Elaboración Propia.

La elección de la alternativa a diseñarse no está solo en función a aspectos económicos, también se debe tomar muy en cuenta los aspectos técnicos.

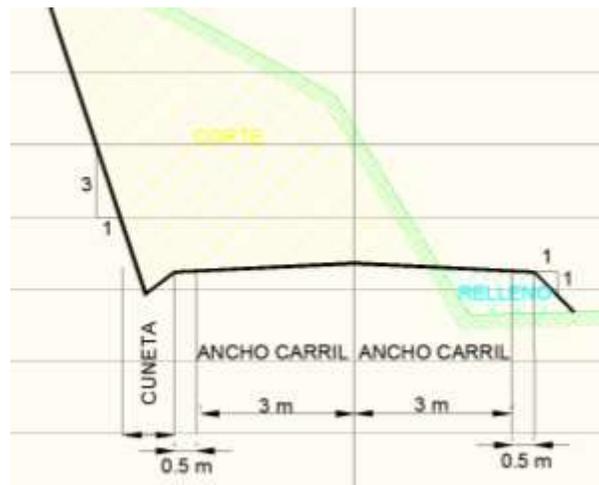
Entonces se elige al TSD (ALTERNATIVA 2), como la mejor alternativa a diseñarse.

TABLA. 2.62. PRESUPUESTO GENERAL ALTERNATIVA 2

ALTERNATIVA 2	TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE	8,795,090.45	SON: Ocho Millones Setecientos Noventa y Cinco Mil Noventa 45/100 bolivianos
---------------	-------------------------------	--------------	--

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 2.10. Sección Tipo



Fuente: Elaboración Propia.

## CAPITULO III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 3.1. CONCLUSIONES.

Realizado el análisis de todos los componentes de estudio del “**Diseño de Ingeniería para el Camino Vecinal Chocloca – Huayco Grande**”, presentamos las siguientes conclusiones:

- Se pudo establecer la mejor alternativa de trazo para el diseño geométrico del camino vecinal haciendo una comparación de alternativas desde el punto de vista técnico y económico; se pudo así, seleccionar la alternativa adecuada a las características de la zona del proyecto y utilizando la normativa vigente en el país para el diseño de carreteras (Ver parámetros de diseño Geométrico en la TABLA N° 2.35., Pg. 59).
- Para la elaboración del proyecto se realizó una investigación geotécnica en el área de estudio, para poder obtener las características mecánicas de los distintos suelos y materiales que componen la subrasante, se identificó, analizó y clasificó cada una de estas muestras (Ver ANEXO 3.)
- Se identificaron cuatro tipos de suelo en el desarrollo de la carretera (granular del tipo A-1-a, A-1-b, A-2-4 y la parte fina (17%) con un suelo A-4), se optó por el CBR de diseño más bajo cuyo valor es 15%.
- Se diseñó el paquete estructural de pavimento flexible, concluyendo así con una capa de rodadura de 5 cm, una base granular de 10 cm y una capa sub base de 15 cm.
- Se diseñó el paquete estructural para el tratamiento superficial doble, concluyendo así con una capa de rodadura de 2.5 cm, una base granular de 10cm y una capa sub base de 15 cm.
- Se realizó el presupuesto general para cada una de las alternativas de paquete estructural y de la comparación de precios optamos por la alternativa 2 Tratamiento Superficial Doble.

- Del presupuesto general se observa la diferencia de precios entre el pavimento flexible y el tratamiento superficial doble de 2171678.15 bolivianos.
- Al tener ambos presupuestos se deja abierta la elección de alternativa por la institución, si ésta lo viera conveniente, de acuerdo a su presupuesto disponible.

### **3.2. RECOMENDACIONES.**

- Recomendamos que para todo diseño de ingeniería, los datos deben presentarse en forma clara y precisa en las planillas de cálculo realizadas; además, los planos deben reflejar en forma exacta los datos que se deducen en la fase de campo.
- En cuanto al diseño geométrico y estructural, se recomienda el correcto uso tabla, índices, ábacos y otros que nos presenta la Normativa vigente en el país para el diseño de carreteras (Normas de la Administradora Boliviana de Carreteras).

Tomando en cuenta estas recomendaciones no pueden existir mayores complicaciones en la ejecución de este diseño de ingeniería.



