

# TREN METROPOLITANO COCHABAMBA

---

## 0. RESUMEN EJECUTIVO

FECHA:	ENERO DE 2016
PROYECTO:	TREN METROPOLITANO DE COCHABAMBA
CONTRATANTE:	MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS SERVICIOS Y VIVIENDA



ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA



MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS,  
SERVICIOS Y VIVIENDA

## TABLA DE CONTENIDO

<b>0</b>	<b>RESUMEN EJECUTIVO</b>	<b>1</b>
<b>0.1</b>	<b>EL CONTRATO LLAVE EN MANO</b>	<b>1</b>
0.1.1	OBJETO DEL CONTRATO LLAVE EN MANO .....	1
0.1.2	PLAZO DE EJECUCIÓN .....	1
0.1.3	FACTIBILIDAD TÉCNICA Y/O ECONÓMICA .....	1
<b>0.2</b>	<b>ANTECEDENTES DEL PROYECTO</b>	<b>1</b>
0.2.1	ESTUDIO DE REHABILITACIÓN Y AMPLIACIÓN TREN URBANO SACABA – COCHABAMBA – VINTO .....	2
0.2.2	ESTUDIO TÉCNICO, ECONÓMICO, SOCIAL Y AMBIENTAL (TESA) REHABILITACIÓN DEL FERROCARRIL COCHABAMBA – ARANI 3	3
0.2.3	CONTRATO LLAVE EN MANO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL TREN METROPOLITANO COCHABAMBA .....	3
<b>0.3</b>	<b>ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO, ECONÓMICO Y SOCIAL (DISEÑO PRELIMINAR)</b>	<b>3</b>
0.3.1	ALCANCE Y REQUERIMIENTOS DEL CONTRATANTE .....	4
0.3.1.1	PARÁMETROS BÁSICOS DEL PROYECTO .....	4
0.3.2	COMPONENTES DEL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO, ECONÓMICO Y SOCIAL (DISEÑO PRELIMINAR) PARA EL TREN METROPOLITANO DE COCHABAMBA. ....	4
0.3.2.1	CAPÍTULO 1 – DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....	5
0.3.2.1.1	JUSTIFICACION PARA LA CONSTRUCCION DEL TREN URBANO DE COCHABAMBA .....	6
0.3.2.1.2	OBJETIVOS .....	6
0.3.2.1.3	OBJETIVO GENERAL .....	6
0.3.2.1.4	OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	6
0.3.2.2	CAPÍTULO 2 – CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y OPERATIVAS DE LA VÍA EXISTENTE. ....	7
0.3.2.2.1	UBICACIÓN DEL PROYECTO .....	7
0.3.2.2.2	SITUACIÓN ACTUAL DEL TRAMO FERROVIARIO EXISTENTE .....	7
0.3.2.3	CAPÍTULO 3 – ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO .....	8
0.3.2.3.1	DEFINICION DEL AREA DE INFLUENCIA DIRECTA .....	8
0.3.2.4	CAPÍTULOS 4, 5, 6 Y 7 – DIAGNÓSTICO SOCIOECONÓMICO, ANÁLISIS DE INDICADORES SOCIOECONÓMICOS, PROYECCIONES DE LA ECONOMÍA REGIONAL, NACIONAL E INTERNACIONAL .....	9
0.3.2.5	CAPÍTULO 8 – ANÁLISIS DEL MARCO LÓGICO .....	9
0.3.2.6	CAPÍTULO 9 – ESTUDIO DE TRÁFICO Y TRANSPORTE .....	11
0.3.2.6.1	NUMERO DE PARADAS .....	11
0.3.2.6.2	NUMERO DE TRENES PARA CADA LINEA .....	11
0.3.2.6.3	CARACTERISTICAS DEL MATERIAL RODANTE .....	12
0.3.2.6.4	TIPO DE AREA POBLACIONAL .....	12
0.3.2.6.5	TIEMPO DE VIAJE .....	12
0.3.2.6.6	DISTANCIA DE SEPARACION .....	12
0.3.2.6.7	VELOCIDAD MEDIA DE CIRCULACION .....	13
0.3.2.6.8	DIAGRAMA DE CIRCULACION DE TRENES .....	15
0.3.2.6.9	DETERMINACION DE LA OFERTA MINIMA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE .....	17
0.3.2.6.10	DETERMINACION DE LA OFERTA MAXIMA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE .....	18
0.3.2.6.11	ANALISIS ESPECIAL DE LA LINEA ROJA .....	18
0.3.2.6.12	ESTUDIO DE VELOCIDADES .....	18
0.3.2.6.13	NIVEL DE SERVICIO .....	19
0.3.2.6.14	ANALISIS DE LA DEMANDA TRANSFERIDA AL SISTEMA DEL TREN METROPOLITANO COCHABAMBA .....	21
0.3.2.6.15	ESTIMACION DE LA DEMANDA DEL SISTEMA .....	22
0.3.2.6.16	INCREMENTO DE LA DEMANDA EN LA LINEA ROJA .....	25
0.3.2.7	CAPÍTULO 10 – ESTUDIO DE ALTERNATIVAS TÉCNICAS DEL PROYECTO .....	25
0.3.2.7.1	DEFINICION DE LA ALTERNATIVA DEL TRAZADO .....	26
0.3.2.7.2	DEFINICIÓN DE PARADAS .....	26
0.3.2.7.3	ALTERNATIVAS DE LA INFRAESTRUCTURA FÉRREA .....	28
a)	ALTERNATIVA VIA SOBRE BALASTO .....	28

b)	ALTERNATIVA VIA EN PLACA .....	28
c)	VENTAJAS DE LA VÍA EN PLACA RESPECTO A SISTEMAS SOBRE BALASTO .....	29
0.3.2.8	CAPÍTULO 11 – PREDISEÑO DE ALTERNATIVAS .....	30
0.3.2.9	CAPÍTULOS 12, 13 Y 14 – ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS, GEOLÓGICOS Y GEOTÉCNICOS DE ALTERNATIVAS ....	30
0.3.2.10	CAPÍTULO 15 – ESTUDIOS MEDIOAMBIENTALES DE ALTERNATIVAS .....	30
0.3.2.11	CAPÍTULOS 16, 17 Y 18 – ESTUDIOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN, ESTUDIOS GEOTÉCNICOS PARA ESTRUCTURAS, ESTUDIOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS .....	31
0.3.2.11.1	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.....	31
0.3.2.11.2	ESTUDIOS GEOTÉCNICOS PARA PUENTES, ALCANTARILLAS Y VIADUCTOS .....	31
0.3.2.11.3	ESTUDIOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS .....	31
0.3.2.12	CAPÍTULOS 19, 20, Y 21 – ESTUDIOS DE AFECTACIONES DE DERECHO DE VÍA, VEGETACIÓN Y EXPROPIACIONES DE PASO .....	33
0.3.2.13	CAPÍTULO 22 – ALTERNATIVAS DE CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE ARTE MAYOR Y MENOR.....	44
0.3.2.14	CAPÍTULO 23 – COSTO DE LA ALTERNATIVA .....	46
0.3.2.15	CAPÍTULO 24 – EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA .....	50
0.3.2.15.1	CALCULO DE INDICADORES ECONOMICOS .....	51
0.3.2.15.2	COSTOS DE OPORTUNIDAD .....	51
0.3.2.15.3	PERIODO DE EVALUACION .....	51
0.3.2.15.4	DEFINICIÓN DE LOS INDICADORES ECONÓMICOS.....	51
0.3.2.15.5	RESULTADOS DE LA EVALUACION.....	52
0.3.2.15.6	SOSTENIBILIDAD OPERATIVA .....	52
0.3.2.16	CAPÍTULOS 25 Y 26 – ALCANCE DEL PROYECTO Y PREDISEÑO .....	52
0.3.2.16.1	TRAZADO DE LAS LINEAS .....	52
0.3.2.16.2	TIPO DE VÍA .....	53
0.3.2.16.3	PRE-DISEÑO DE CARRILES .....	55
0.3.2.16.4	EQUIPO TRACTIVO .....	56
a)	PRESTACIONES .....	56
b)	CAJA .....	56
c)	CABINA .....	57
d)	TRANSPORTE DE VIAJEROS Y ACCESIBILIDAD .....	57
e)	EQUIPOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS .....	57
f)	BOGIES .....	57
g)	SISTEMAS EMBARCADOS AUXILIARES .....	58
h)	SEGURIDAD.....	58
i)	SISTEMA DE ELECTRIFICACIÓN DEL MATERIAL RODANTE.....	58
j)	SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN DEL MATERIAL RODANTE.....	59
k)	RESUMEN DEL EQUIPO TRACTIVO .....	60
0.3.2.16.5	PARADAS Y ESTACIONES .....	61
a)	UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE PARADA .....	61
b)	ESTACION CENTRAL.....	62
c)	ESTACIONES MUNICIPALES .....	63
d)	APEADEROS SIMPLES .....	63
e)	APEADERO DE CRUCE DE TRENES .....	64
f)	ESTACION FINAL.....	65
g)	COCHERAS .....	65
0.3.2.16.6	PRE-DISEÑO GEOMÉTRICO Y MOVIMIENTO DE TIERRAS .....	66
a)	INTRODUCCIÓN .....	66
b)	PARÁMETROS DE DISEÑO DE LA ALTERNATIVA ELEGIDA.....	66
c)	DISTRIBUCIÓN DE VELOCIDADES .....	67
0.3.2.16.7	PRE-DISEÑO SISTEMA DE DRENAJE .....	67
a)	UBICACIÓN Y LONGITUD DE ALCANTARILLAS ATH (D=1.00M) .....	68
b)	UBICACIÓN Y LONGITUD DE ALCANTARILLAS ACH (1.50X1.00) .....	69
c)	UBICACIÓN Y LONGITUD DE ALCANTARILLAS ACH (2.00X1.00) .....	70
d)	UBICACIÓN Y LONGITUD DE ALCANTARILLAS ACH (3.00X1.50) .....	70
e)	UBICACIÓN DE DISPOSITIVOS DE PASO TIPO CANAL DP .....	70
f)	DRENAJE TRANSVERSAL .....	71
g)	DRENAJE LONGITUDINAL .....	72

---

0.3.2.16.8	PRE-DISEÑO DE OBRAS DE ARTE MAYOR .....	72
a)	NORMAS Y PARÁMETROS DE DISEÑO .....	72
b)	PRE DISEÑO DE ESTRUCTURAS LÍNEA ROJA .....	73
c)	PRE DISEÑO DE ESTRUCTURAS LÍNEA AMARILLA .....	73
d)	PRE DISEÑO DE ESTRUCTURAS LÍNEA VERDE.....	73
e)	LONGITUD TOTAL DE PUENTES EN EL PROYECTO .....	73
f)	CANAL EN U PARA EL PASO DEL TREN EN SECTOR DEL RIO ROCHA. ....	74
g)	MUROS DISIPADORES TRANSVERSALES. ....	75
<b>0.4</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>75</b>



## INDICE DE TABLAS

Tabla 0-1 Matriz de Marco Lógico .....	10
Tabla 0-2 Número de Paradas.....	11
Tabla 0-3 Número de Trenes Asignados a cada Línea .....	11
Tabla 0-4 Parámetros del Material Rodante.....	12
Tabla 0-5 Tipo de Área Poblacional.....	12
Tabla 0-6 Distancias de Separación Entre Paradas - Línea Roja.....	12
Tabla 0-7 Distancias de Separación Entre Paradas - Línea Amarilla .....	12
Tabla 0-8 Distancias de Separación Entre Paradas - Línea Verde.....	13
Tabla 0-9 Tiempo de Aceleración y Frenado .....	13
Tabla 0-10 Velocidad Media de Circulación de la Línea Roja .....	13
Tabla 0-11 Velocidad Media de Circulación de la Línea Amarilla.....	14
Tabla 0-12 Velocidad Media de Circulación de la Línea Verde .....	14
Tabla 0-13 Distribución de Trenes – Escenario 2 .....	15
Tabla 0-14 Calculo de la Oferta Mínima del Sistema de Transporte – Escenario 2 .....	18
Tabla 0-15 Calculo de la Oferta Máxima del Sistema de Transporte – Escenario 2.....	18
Tabla 0-16 Resultados del Análisis Extendido de la Línea Roja hasta Ushpa Ushpa.....	18
Tabla 0-17 Valores de Elasticidad Precio por Modo de Transporte.....	21
Tabla 0-18 Cálculo del Ahorro de Tiempo de Viaje del Tren Metropolitano Cochabamba.....	22
Tabla 0-19 Cálculo del Porcentaje de la Demanda Generada al TMC.....	22
Tabla 0-20 DEMANDA DE PASAJEROS PROYECTADA.....	22
Tabla 0-21 Análisis Demanda Versus Oferta Del TMC – Escenario Oferta 1 .....	23
Tabla 0-22 Análisis Demanda Versus Oferta Del TMC – Escenario Oferta 2 .....	23
Tabla 0-23 Proyección de Pasajeros Tren Metropolitano Cochabamba .....	24
Tabla 0-24 Resumen de la Demanda Línea Roja Ampliación a Ushpa - Ushpa .....	25
Tabla 0-25 Alcance de la Alternativa 1 .....	26
Tabla 0-26 Alternativa 1 - Detalle Paradas Línea Roja.....	26
Tabla 0-27 Alternativa 1 - Detalle Paradas Línea Amarilla .....	27
Tabla 0-28 Alternativa 1 - Paradas de la Línea Verde.....	27
Tabla 0-29 Indicadores de rentabilidad.....	52
Tabla 0-30 Alcance del Trazado de las Líneas – Alternativa 1.....	52
Tabla 0-31 Componentes de la Vía en Placa .....	54
Tabla 0-32 Determinación de la masa de carriles.....	55
Tabla 0-33 Características del Perfil 54E1 .....	55
Tabla 0-34 Consumo Diario de Energía, en kW/día .....	58
Tabla 0-35 Resumen de las Características del Equipo Tractivo .....	60
Tabla 0-36.-Ubicación de los puntos de parada de la Línea Roja.....	61
Tabla 0-37.- ubicación de los puntos de parada de la Línea Amarilla.....	61
Tabla 0-38.- ubicación de los puntos de parada de la Línea Verde.....	62
Tabla 0-39.- Ubicación de las Estaciones Municipales .....	63
Tabla 0-40- Ubicación de los apeaderos simples de la línea roja.....	63
Tabla 0-41 Ubicación de los apeaderos simples de la línea amarilla .....	64
Tabla 0-42.- Ubicación de los apeaderos simples de la línea verde .....	64
Tabla 0-43.- Ubicación de los apeaderos de cruce de trenes de la Línea Roja .....	64
Tabla 0-44.- Ubicación de los apeaderos de cruce de trenes de la Línea Amarilla.....	64
Tabla 0-45.- Ubicación de los apeaderos de cruce de trenes de la Línea Verde .....	64
Tabla 0-46 Parámetros del Diseño Geométrico.....	67
Tabla 0-47 Distribución de Velocidades.....	67
Tabla 0-48 UBICACIÓN ATH (D=1.00M). LÍNEA ROJA.....	68
Tabla 0-49 UBICACIÓN ATH (D=1.00M). LÍNEA VERDE – SUB TRAMO COCHABAMBA - VINTO .....	68
Tabla 0-50 UBICACIÓN ATH (D=1.00M). LÍNEA VERDE – SUB TRAMO VINTO - SUTICOLLO .....	69
Tabla 0-51 UBICACIÓN ACH (1.50X1.00). LÍNEA VERDE .....	70
Tabla 0-52 UBICACIÓN ACH (2.00x1.00). LÍNEA VERDE.....	70
Tabla 0-53 UBICACIÓN ACH (3.00x1.50). LÍNEA VERDE.....	70
Tabla 0-54 UBICACIÓN DP (0.4X0.6). LÍNEA VERDE – SUB TRAMO COCHABAMBA – VINTO.....	70

Tabla 0-55 UBICACIÓN DP (0.4X0.6). LÍNEA VERDE – SUB TRAMO COCHABAMBA – VINTO.....	71
Tabla 0-56 UBICACIÓN DP (0.4X0.45). LÍNEA VERDE – SUB TRAMO VINTO – SUTICOLLO .....	71
Tabla 0-57 UBICACIÓN DP (0.6X0.65). LÍNEA VERDE – SUB TRAMO VINTO – SUTICOLLO .....	71
Tabla 0-58 Alternativas Línea Roja.....	73
Tabla 0-59 Propuestas .....	73
Tabla 0-60 Alternativas Línea Verde.....	73
Tabla 0-61 Longitud Total de Puentes en las 3 líneas .....	73
Tabla 0-62Tramos de Canal U .....	74
Tabla 0-63 Ubicación de Muros Transversales. Línea Amarilla.....	75

## INDICE DE FIGURAS

Figura 0-1 Tasa de Crecimiento del PIB y PIB per cápita Bolivia 2004-2014 (En dólares y porcentaje) .....	2
Figura 0-2 Red Ferroviaria en el Área Metropolitana de Cochabamba .....	5
Figura 0-3 Ubicación del Proyecto.....	7
Figura 0-4 Mapa Zona de Influencia Directa – Tráfico .....	8
Figura 0-5 Diagrama de Circulación de Trenes de la Línea Roja – Escenario 2.....	16
Figura 0-6 Diagrama de Circulación de Trenes de la Línea Amarilla – Escenario 2.....	16
Figura 0-7 Diagrama de Circulación de Trenes de la Línea Verde – Escenario 2.....	17
Figura 0-8 Tiempo Promedio de frecuencia entre Vehículos de Pasajeros .....	19
Figura 0-9 Velocidad Promedio de vehículos de transporte público .....	19
Figura 0-10 Niveles de Servicio.....	20
Figura 0-11 Sección Transversal Río Rocha Progresiva 5300 .....	32
Figura 0-12 Comportamiento Flujo Tercio Central del Tramo.....	32
Figura 0-13 Cargas del Tren de Diseño .....	45
Figura 0-14 Sección Transversal Típica de Puentes y Viaductos.....	46
Figura 0-15 Cronograma de Desembolsos .....	50
Figura 0-16 Sección Transversal Típica Vía en Placa .....	53
Figura 0-17 Detalle Instalación del Carril.....	53
Figura 0-18 Perfil Carril 54E1 .....	55
Figura 0-19 Vista Lateral y Planta Interior del Tranvía.....	61
Figura 0-20 Cocheras y Talleres Típicos .....	65
Figura 0-21 ALCANTARILLA ATH (D=1.00M).....	68
Figura 0.22 ALCANTARILLA TIPO CAJÓN DE HORMIGÓN DE 1.50X1.00 Y 2.00 X1.00 .....	69
Figura 0.21 Dispositivo de Paso DP .....	70
Figura 0.24 Detalle del Drenaje Transversal .....	71
Figura 26.78 Cuneta de Hormigón Tipo A.....	72
Figura 0.26 Sección del Canal en U.....	74
Figura 0.27 Sección Muros Disipadores de Energía .....	75



## **0 RESUMEN EJECUTIVO**

### **0.1 EL CONTRATO LLAVE EN MANO**

#### **0.1.1 OBJETO DEL CONTRATO LLAVE EN MANO**

De acuerdo al contrato firmado entre las partes, la ejecución del proyecto Tren Metropolitano de Cochabamba, denominado OBRA comprende la ejecución de los siguientes componentes:

- a) Elaboración de los Estudios y Diseños Necesarios para la ejecución del Proyecto "TREN METROPOLITANO DE COCHABAMBA", hasta contar con el estudio técnico de pre-inversión.
- b) Construcción y Control de Calidad del TREN METROPOLITANO DE COCHABAMBA, con material rodante de última generación, de la más alta calidad, año de fabricación correspondiente a la gestión en la que se realice la puesta en marcha, en estricta conformidad con el Diseño Técnico de Preinversión resultante de la primera etapa del contrato, dando cumplimiento a los correspondientes documentos que forman parte del contrato.
- c) Puesta en Marcha y Mantenimiento que incluye: las pruebas de funcionamiento óptimas de cada uno de los componentes electromecánicos, correcciones y prevenciones de deterioro a fin de garantizar su calidad, cumplimiento del diseño y la construcción, mismas que se efectuarán antes de la recepción provisional y mantenimiento que será por el periodo de tres años.
- d) Capacitación y transferencia de tecnología en favor del personal del Contratante, a ejecutarse durante el montaje, las pruebas de funcionamiento, puesta en marcha, recepción definitiva y mantenimiento.

Se señalan dos fases dentro del Contrato:

#### **Fase 1.-**

Comprende la realización del Estudio Técnico de Preinversión (diseño) y la construcción e implementación de aproximadamente 40.37 Km, correspondientes a los siguientes tramos, vía estándar:

- **Tramo 1:** Sipe Sipe – Estación San Antonio (Cercado) – aproximadamente 27.37 Km.
- **Tramo 2:** Cruce Río Rocha Av. Sajama – El Castillo – aproximadamente 7.74 Km.
- **Tramo 3:** Estación San Antonio (Cercado) – Facultad de Agronomía UMSS – aproximadamente 5.26 Km

De acuerdo al Contrato, la Fase 1 debe ser implementada de manera inmediata y comprende la etapa de diseño y construcción.

#### **Fase 2.-**

La Fase 2 comprende la realización del Estudio Técnico de Preinversión (Diseño) de aproximadamente 45 Km, correspondientes a la ampliación de la Fase 1, vía estándar.

#### **0.1.2 PLAZO DE EJECUCIÓN**

El plazo para la ejecución del Contrato es de 36 meses, computados a partir de la Orden de Proceder, en función a la efectivización del financiamiento para la Obra y el levantamiento de la Cláusula Suspensiva. Por lo tanto, la Orden de Proceder podrá ser emitida una vez que se cumpla la condición suspensiva mencionada.

#### **0.1.3 FACTIBILIDAD TÉCNICA Y/O ECONÓMICA**

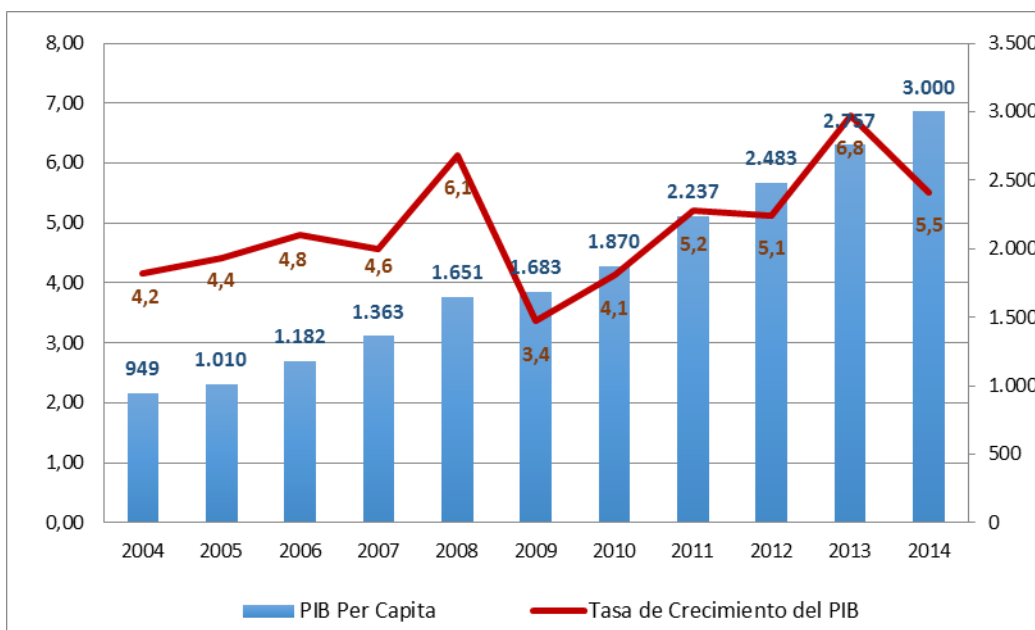
De acuerdo a la Cláusula Quinta del Contrato (Factibilidad Técnica y/o Económica) el Contratista dispondrá un plazo de 3 meses para la presentación del Diseño Preliminar del Proyecto de la Obra necesario para el Financiamiento.

### **0.2 ANTECEDENTES DEL PROYECTO**

Durante los últimos años el Producto Interno Bruto (PIB) en Bolivia registró un crecimiento económico sostenido con una estabilidad macroeconómica importante, lo que se ha traducido en un incremento de las actividades de comercio, producción, transporte, construcción, etc., que ha repercutido en todos los ámbitos de la economía. En la siguiente figura puede apreciarse este crecimiento.



Figura 0-1 Tasa de Crecimiento del PIB y PIB per cápita Bolivia 2004-2014 (En dólares y porcentaje)



Fuente: Instituto Nacional de Estadística INE

Una de las consecuencias de la bonanza económica ha sido que las ciudades han experimentado un crecimiento rápido, que trae aparejado un incremento en la congestión vehicular tanto por el aumento de la actividad como por la mayor capacidad adquisitiva de la población que suma la cantidad de vehículos en las calles. Al mismo tiempo, se puede evidenciar una disminución en la calidad del servicio de transporte público debido, entre otras cosas, a la falta de una planificación ordenada y centralizada, puesto que la proliferación del transporte libre no ha permitido aquello. Como resultado se tiene una disminución en la calidad de vida de los habitantes de las grandes ciudades, puesto que enfrentan calles abarrotadas, transporte lento, polución, atascos y otros problemas que en algunos casos tratan de mitigar mediante el uso de transporte privado (vehículos privados) lo que sale más caro y a la vez incrementa el problema de la congestión.

Por lo anterior, las ciudades más importantes de Bolivia, La Paz, El Alto, Cochabamba y Santa Cruz, han empezado a sentir la necesidad de incorporar algún tipo de sistema masivo de transporte que cumpla con la prerrogativa de satisfacer las necesidades de transporte seguro, rápido y económico a sus habitantes. Es así que en La Paz se han implementado el transporte por teleférico y Bus Rápido (BRT), en el Alto un Bus Rápido (BRT), y en Cochabamba y Santa Cruz se han empezado a gestar proyectos basados en transporte tipo tren ligero (LRT).

En concreto, ya desde el año 2011, Cochabamba comenzó la exploración de alternativas de transporte masivo vía trenes, mediante el aprovechamiento de infraestructura ya construida. Es así que mediante dos instituciones diferentes, Ministerio de Obras Públicas y Gobernación, encarga sendos estudios de soluciones de transporte por tren.

Estos estudios fueron el Estudio de Rehabilitación y Ampliación Tren Urbano Tramo Sacaba – Cochabamba – Vinto y el Estudio Técnico, Económico, Social y Ambiental (TESA) “Rehabilitación del Ferrocarril Cochabamba – Arani”, mismos que fueron proporcionados por el Contratante como parte de la información disponible para el presente estudio.

A continuación se pasa a resumir aspectos importantes de estos estudios:

### 0.2.1 ESTUDIO DE REHABILITACIÓN Y AMPLIACIÓN TREN URBANO SACABA – COCHABAMBA – VINTO

Este Estudio fue elaborado por la Asociación Accidental CPS-Belmonte para el Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Vivienda en el año 2011, y como su nombre indica estuvo enfocado en la rehabilitación de la vía



existente, con la particularidad de que para el tramo Sacaba – Cochabamba debía estudiarse alternativas de construcción nuevas.

Las principales conclusiones de este estudio se refieren a que era factible la rehabilitación del tramo Cochabamba – Vinto (el objetivo del Contrato era ejecutar un estudio para encarar una rehabilitación y por lo tanto no se analizaron alternativas de construcción), y que no era factible la ejecución de un tramo nuevo entre Cochabamba y Sacaba en ese momento por lo que debería postergarse la decisión de construcción hasta que aumente la cantidad de usuarios y actividad que implique una mayor demanda para el sistema.

Los argumentos para estas conclusiones eran que del lado Cochabamba – Vinto, sí existían los ingresos necesarios para cubrir los costos de la rehabilitación lo que hacía el proyecto viable, y al mismo tiempo la baja densidad poblacional, traducida en una baja demanda de sistemas de transporte masivo entre Cochabamba y Sacaba hacía no factible el proyecto de una construcción nueva hacia ese extremo.

Debido a la condicionante impuesta por dicho Contrato de ejecutar una rehabilitación sobre la vía existente del lado Vinto, éste estudio determinó una solución de tren tipo sub-urbano, capaz de compartir la vía con el sistema interdepartamental Cochabamba – Oruro – La Paz, con trocha métrica y sin tener oportunidad de plantear un sistema de alimentación eléctrico (por la misma causa). Por esta misma razón y con el fin de poder obtener un sistema unificado bajo un mismo criterio, dicho estudio tuvo que extrapolar las restricciones impuestas por la rehabilitación del lado Vinto hacia el lado Sacaba. Todo lo anterior resultó en una propuesta de bajas prestaciones y una inversión restringida por tener que acomodarse a una rehabilitación de un tramo pensado para un transporte interdepartamental. El concepto de este estudio fue minimizar la inversión en la rehabilitación puesto que al no tener la libertad de acción que proporciona un tramo nuevo, de todas maneras el resultado “mixto” hacía que no valiera la pena hacer grandes inversiones.

## **0.2.2 ESTUDIO TÉCNICO, ECONÓMICO, SOCIAL Y AMBIENTAL (TESA) REHABILITACIÓN DEL FERROCARRIL COCHABAMBA – ARANI**

El Estudio Técnico, Económico, Social y Ambiental (TESA) “Rehabilitación del Ferrocarril Cochabamba – Arani” fue encarado por la Asociación Accidental GETINSA – CONIN bajo un contrato firmado con la Gobernación de Cochabamba. El estudio fue desarrollado entre los años 2011 y 2012.

Al igual que en el caso anterior, este contrato tenía como objetivo plantear un diseño final para la rehabilitación del ferrocarril Cochabamba – Arani que tiene una longitud de 64 Km aproximadamente. Las conclusiones son que el proyecto de rehabilitación es factible al tener una Tasa Interna de Retorno (TIR) superior a 12.67% para la denominada alternativa 3, por lo que se recomendó la implementación inmediata del proyecto de rehabilitación. Se aclara que en este contrato no se analizó ni se sometió a un escrutinio de factibilidad ninguna alternativa de construcción.

## **0.2.3 CONTRATO LLAVE EN MANO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL TREN METROPOLITANO COCHABAMBA**

Ante la creciente necesidad de contar en la ciudad de Cochabamba con un sistema de transporte moderno y de gran capacidad tanto por el crecimiento del área metropolitana como por el incremento de la actividad económica y de transporte, las autoridades centrales y regionales comenzaron a plantear la necesidad de un sistema de transporte tipo tren completamente nuevo. Es decir, plantear un sistema que no tenga las restricciones impuestas por infraestructura antigua y obsoleta como son los tramos ferroviarios entre Cochabamba y Arani y entre Cochabamba y Vinto.

Es así que en fecha 13 de marzo de 2015 el presidente del Estado Plurinacional de Bolivia, Evo Morales, a través de una conferencia de prensa en la gobernación de Cochabamba realizó una presentación del proyecto del Tren Metropolitano de Cochabamba.

## **0.3 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO, ECONÓMICO Y SOCIAL (DISEÑO PRELIMINAR)**

En atención a la cláusula Quinta del Contrato, y dentro del plazo establecido, se ha elaborado el Estudio de Factibilidad Técnico, Económica y Social para el Tren Metropolitano de Cochabamba que incorpora dentro del



mismo el Diseño Preliminar del Proyecto, de acuerdo a los Términos de Referencia elaborados por el Contratante, del cual se hace un resumen de las partes más importantes en éste capítulo.

### 0.3.1 ALCANCE Y REQUERIMIENTOS DEL CONTRATANTE

#### 0.3.1.1 PARÁMETROS BÁSICOS DEL PROYECTO

El Contratante ha dictado los siguientes parámetros básicos para el presente Proyecto:

- Trocha estándar.
- Tren eléctrico.
- Radio de curvatura mínimo 25 m.
- Obtención de la licencia ambiental (una vez se tenga el proyecto definitivo)
- Velocidad de Diseño de 80 Km/Hr.
- Longitud aproximada de la línea férrea en la Fase 1: 40.37 Km
- Requerimiento mínimo de estaciones 13 Estaciones (una estación central principal y 12 estaciones secundarias).
- Estación de mantenimiento
- Vía Simple.
- Apartaderos de Cruces
- Sistema de Comunicación ATP
- Contemplar viaductos en las carreteras principales.
- La vía en las estaciones y sectores urbanos embebidos en Hormigón Armado.
- Incluir la provisión de material rodante (mínimo cuatro por cada línea, con una capacidad mínima de 200 personas cada una).
- Tiempo de ejecución máximo de tres años.
- Capacitación y asistencia operacional al Contratante.
- Mantenimiento por parte de la empresa por el lapso de 3 años posteriores a la entrega definitiva de la obra.
- Debe incluirse en el proyecto los gastos de viabilidad del proyecto (estudios de viabilidad, adquisición de terrenos, permisos, entre otros) hasta la etapa de la puesta en funcionamiento.

### 0.3.2 COMPONENTES DEL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO, ECONÓMICO Y SOCIAL (DISEÑO PRELIMINAR) PARA EL TREN METROPOLITANO DE COCHABAMBA.

Con objeto de desarrollar a cabalidad el Estudio de Factibilidad Técnico, Económico y Social (Diseño Preliminar) se ha planteado el siguiente esquema de desarrollo y presentación del mismo.

CAPÍTULO	NOMBRE
0	Resumen Ejecutivo
1	Diagnóstico de la situación actual
2	Características Físicas y Operativas de la Vía Existente
3	Área de Influencia del Proyecto
4	Diagnóstico Socioeconómico
5	Análisis de Indicadores Socioeconómicos
6	Análisis y Proyecciones de la Economía Regional
7	Análisis y Proyecciones a Nivel Nacional e Internacional
8	Definición del Marco Lógico del Proyecto
9	Estudio de Tráfico y Transporte
10	Estudio de Alternativas Técnicas del Proyecto
11	Prediseño de Alternativas
12	Estudio Topográfico (Estudio de Alternativas)
13	Estudios Geológicos (Estudio de Alternativas)
14	Estudios Geotécnicos (Estudio de Alternativas)
15	Estudios Medioambientales de Alternativas
16	Estudio de Materiales de Construcción
17	Estudio Geotécnico para Puentes, Alcantarillas y Viaductos
18	Estudios Hidrológicos e Hidráulicos
19	Estudio de Afectaciones de Derecho de Vía



CAPÍTULO	NOMBRE
20	Estudio de Afectaciones Vegetación
21	Estudio Expropiaciones de Paso
22	Alternativas de Construcción de Obras de Arte Mayor y Menor
23	Costo de las Alternativas
24	Evaluación Socioeconómica
25	Alcance del Proyecto
26	Diseño Preliminar

Con objeto de que este Resumen Ejecutivo sea, como su nombre lo indica, un extracto del estudio desarrollado, se realizará un resumen capítulo por capítulo. Sin embargo, se agruparán algunos capítulos que tuvieran temas relacionados.

### 0.3.2.1 CAPÍTULO 1 – DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En la actualidad la actividad ferroviaria en el Departamento de Cochabamba, tanto a nivel metropolitano como departamental, se restringe a un único servicio de bus carril (o flechabus) entre Cochabamba y Aiquile. De hecho, los servicios de alcance nacional se encuentran ausentes en Cochabamba desde hace casi 15 años. Sin embargo, el eje ferroviario representa una alternativa de transporte masivo para algunos de los municipios que ven en la recuperación de este modo de transporte una alternativa a los problemas de transporte metropolitanos.

La red ferroviaria en el área metropolitana de Cochabamba se puede dividir en dos sub-tramos tal como se muestra en la siguiente figura: Oruro-Cochabamba (en dirección Oeste recorre los municipios de Cochabamba, Colcapirhua, Quillacollo, Vinto y Sipe Sipe) y Cochabamba-Aiquile (en dirección Sur desde el municipio de Cochabamba). Estos ejes se encuentran enlazados a través de la estación ferroviaria de Cochabamba, en pleno corazón de la ciudad: la Cancha, la única de su tipo en el ámbito metropolitano.

*Figura 0-2 Red Ferroviaria en el Área Metropolitana de Cochabamba*



Fuente: Plan Maestro de Movilidad Urbana Sustentable para el Área Metropolitana de Cochabamba

El sub-tramo Oruro-Cochabamba recorre el Oeste del ámbito metropolitano siguiendo un recorrido paralelo al de la Av. Blanco Galindo, partiendo desde la estación de Cochabamba, y siguiendo a través de Cochabamba y Colcapirhua a través de las avenidas Sajama y Ferroviaria, pasando luego a través de Quillacollo por la Av. Circunvalación y de Vinto por la calle Salvatierra. Entre este último municipio y Sipe Sipe la vía férrea sigue un trazo fuera de un eje vial, encontrándose con la carretera a Oruro a la altura de Suticollo. Este eje ferroviario



atraviesa zonas de baja densidad poblacional, alejadas del eje concentrador de actividad, la Av. Blanco Galindo. Según el Plan Departamental de Ordenamiento Territorial (PDOT) de Cochabamba (2011), el abandono y la falta de mantenimiento del tramo Oruro-Cochabamba ha ocasionado su severo deterioro.

#### 0.3.2.1.1 JUSTIFICACION PARA LA CONSTRUCCION DEL TREN URBANO DE COCHABAMBA

El Departamento de Cochabamba, tiene una situación geográfica estratégica que la convierte en el corazón de Bolivia, articulando la convergencia nacional de oriente a occidente, a través de la red vial que presenta una configuración lineal. A lo largo de esta vía se han desarrollado los asentamientos humanos principales de la región, como es el caso de los Municipios de Sacaba, Cercado, Colcapirhua, Quillacollo, Vinto y Sipe sipe que representan el área metropolitana de Cochabamba.

De acuerdo a los resultados preliminares del diagnóstico del Plan Maestro de Movilidad Urbana Sustentable para el Área Metropolitana de Cochabamba, el 55% de la población se desplaza a diario en transporte público y cada día se realizan alrededor de 1.9 millones de viajes. El Municipio con mayor desplazamiento es Cercado con un 64% de los viajes y el eje de mayor tensión o movimiento es la ruta este-oeste que corresponde a las avenidas Villazón y Blanco Galindo. En el departamento existen 265.000 vehículos, de los cuales el 80% se concentra en la región metropolitana. El parque automotor provoca el 80% de la contaminación atmosférica y es el principal causante del congestionamiento. El restante 20% puede atribuirse a la proliferación del comercio informal que invade las aceras, calzadas y calles haciendo que el esporádico control de tránsito sea inútil.

El servicio de transporte público en general es deficiente y la mayoría de la población se siente insatisfecha con el mismo. Las unidades de transporte se encuentran en mal estado y llevan exceso de pasajeros, estacionan donde sea, exceden la velocidad máxima, no aplican tarifa diferenciada, no proporcionan trato preferencial a personas con capacidades diferentes ni cuentan con condiciones físicas para ello, no respetan las paradas ni señales de tránsito. A esto se suma la aparición de líneas ilegales que definen de forma arbitraria sus rutas y frecuencias y realizan dobleteo en sus recorridos sin llegar a sus paradas.

Por lo expuesto anteriormente, se plantea la urgencia de contar con un sistema de transporte con estándares de calidad y sostenibilidad que reduzca el caos vehicular y la contaminación ambiental. En este sentido el tren es el único sistema de transporte terrestre que puede movilizar carga y personas a gran escala, con un efecto mínimo sobre el medio ambiente y altos índices de seguridad y comodidad.

#### 0.3.2.1.2 OBJETIVOS

Los objetivos del proyecto se enmarcan dentro de la Estrategia de Desarrollo Económico y Social planteada por el gobierno nacional y también por el Gobierno Departamental que distingue la importancia de mejorar e incrementar la infraestructura vial para promocionar e incentivar las exportaciones en función a la rebaja de los costos de transporte y en la construcción de vías internacionales.

#### 0.3.2.1.3 OBJETIVO GENERAL

El objetivo General es la construcción del Tren Metropolitano de Cochabamba que abarca los municipios de Sacaba, Cercado, Colcapirhua, Quillacollo, Vinto y Sipe Sipe Sipe para atender la creciente demanda de un servicio de transporte masivo de calidad y seguro que coadyuve al mejoramiento del nivel de vida de sus usuarios e incentive la actividad socioeconómica de la zona, mejorando los ingresos de las familias del área de influencia directa e indirecta del proyecto.

#### 0.3.2.1.4 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Crear un sistema de transporte urbano sostenible.
- Garantizar la accesibilidad de los usuarios a sus fuentes de trabajo.
- Reducir la contaminación.
- Contar con un sistema de transporte seguro.
- Contar con la capacidad necesaria para transportar a los pasajeros cómodamente.
- Reducir el tiempo de viaje.
- Establecer horarios definidos.





### 0.3.2.2 CAPÍTULO 2 – CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y OPERATIVAS DE LA VÍA EXISTENTE.

#### 0.3.2.2.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO

El Proyecto se encuentra en el Departamentos de Cochabamba, en los municipios de Sipe Sipe, Vinto, Quillacollo, Colcapirhua, Cercado y Sababa, y está conformada por tres líneas:

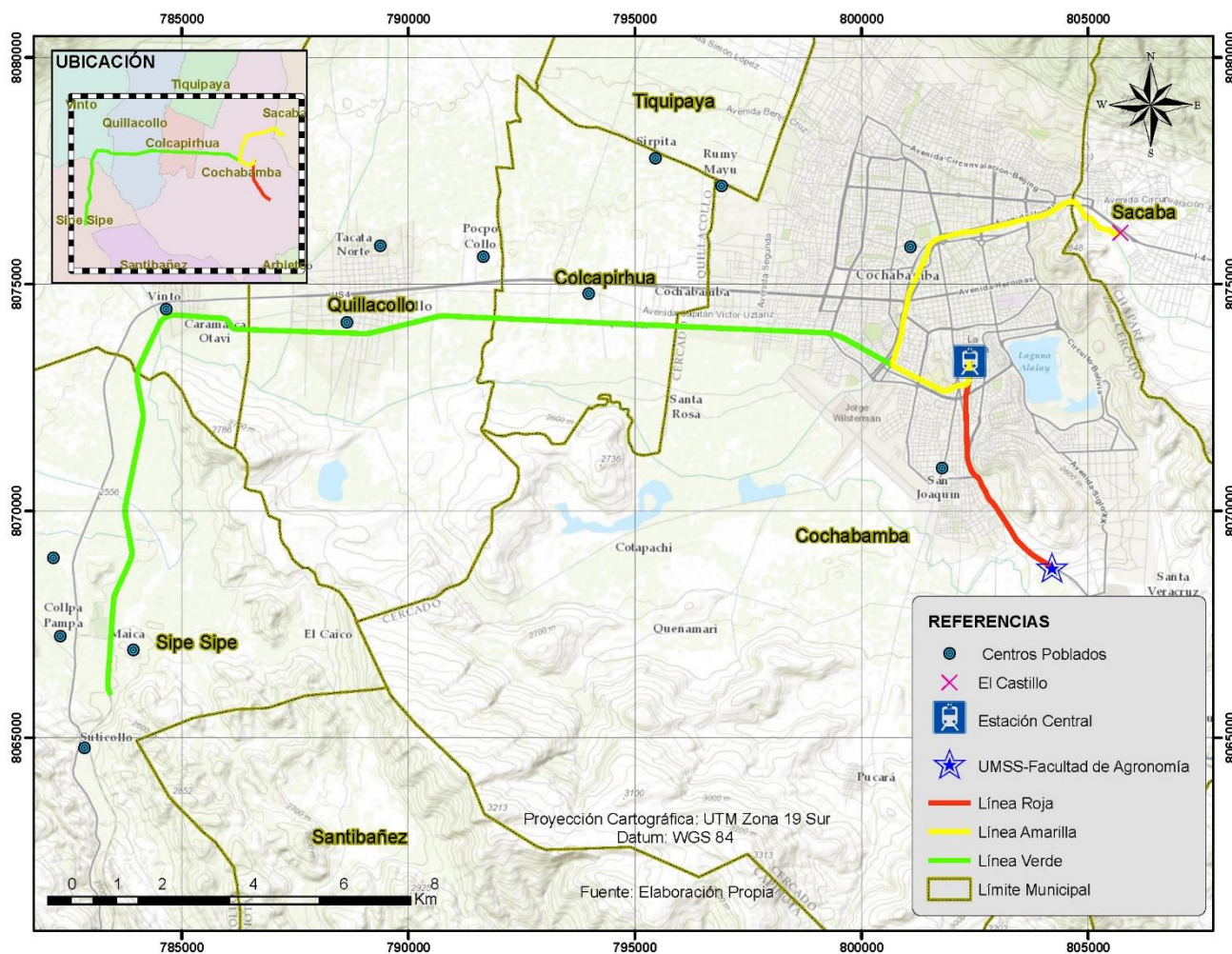
La línea Roja conformada por la Ruta que parte de la Estación Central San Antonio y se desarrolla sobre la vía actual que va hacia la población de Araní, hasta el sector de la Facultad de Agronomía del a UMSS, con una longitud aproximada de 6 km.

La Línea Amarilla que nace de la Estación Central San Antonio y se desarrolla por la misma vía del tren existente Cochabamba – Vinto hasta proximidades del río Rocha, a partir de ahí se está analizando alternativas para llegar al sector de “el Castillo”, la longitud aproximada es de 10 Km.

La Línea Verde que nace de la Estación Central San Antonio y se desarrolla sobre la vía actual hasta el municipio de Sipe Sipe, con recorrido de 27 km aproximadamente.

A continuación la siguiente figura muestra la ubicación del Proyecto:

Figura 0-3 Ubicación del Proyecto



#### 0.3.2.2.2 SITUACIÓN ACTUAL DEL TRAMO FERROVIARIO EXISTENTE

Tanto la línea Roja como la Línea Verde, las cuales han sido emplazadas sobre la vía existente, se inician en la Estación Central de la ciudad de Cochabamba, denominada también “Estación San Antonio”. Esta infraestructura fue construida en el año 1964 y la misma tuvo un rol estratégico importante en el desarrollo de la



ciudad de Cochabamba, principalmente en lo referido al comercio. Actualmente a su alrededor existe el mercado informal más importante de la ciudad denominado "La Cancha".

El estado actual de los tramos existentes es malo, sobre todo en la Línea Verde, la misma que prácticamente está en estado de abandono. No es el caso de la vía que va hacia Arani, puesto que sobre la misma todavía existe un denominado buscarril que presta un servicio reducido de transporte, y por lo tanto se hace un mantenimiento mínimo imprescindible con objeto de permitir su operación.

Por la circunstancia descrita anteriormente se ha constatado que el tramo actual no tiene las condiciones para albergar un sistema de tren moderno, tanto por la condición en la que se encuentran sus diferentes componentes estructurales, como también por el hecho que fue concebido con otro objeto diferente al presente. Las características principales de la vía actual es que no tiene un sistema de alimentación eléctrico, ha perdido prácticamente todo el soporte estructural de la infraestructura y tiene trocha métrica. Todo esto contribuye a que tenga que plantearse un proyecto totalmente nuevo en todos sus componentes y no pueda rescatarse para el presente proyecto nada de la infraestructura actual.

### 0.3.2.3 CAPÍTULO 3 – ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

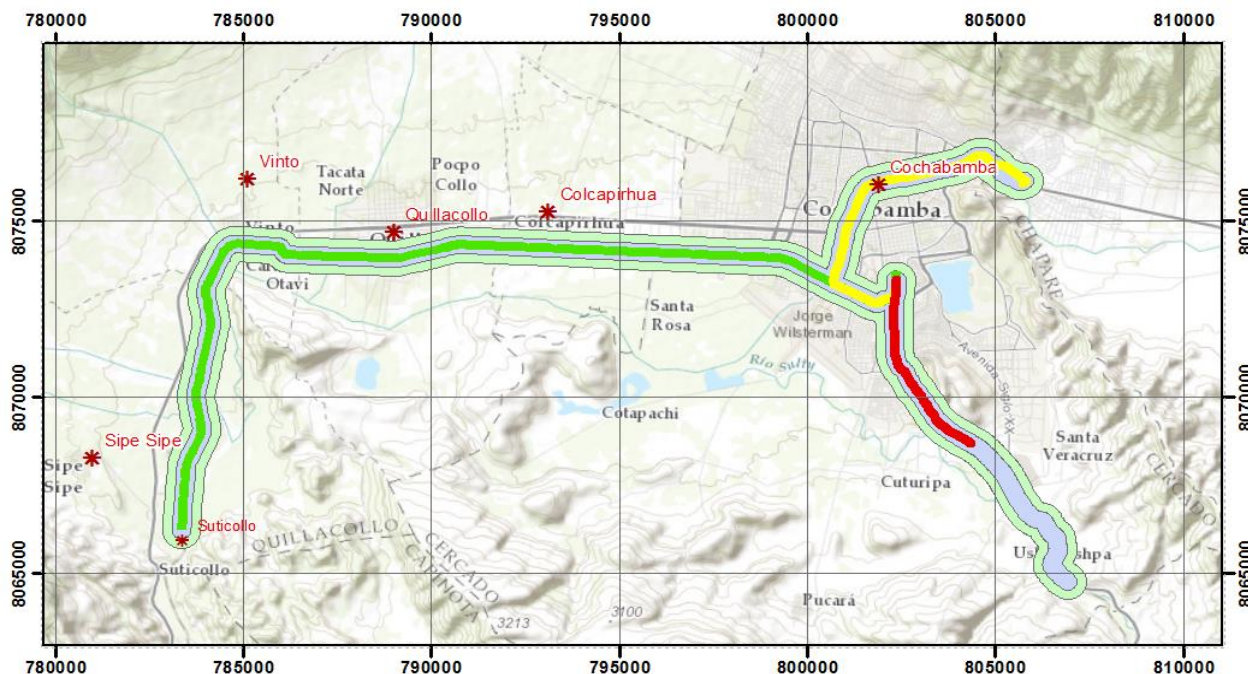
#### 0.3.2.3.1 DEFINICION DEL AREA DE INFLUENCIA DIRECTA

El Área de Influencia Directa fue determinado mediante el Método de la Influencia Geográfica. El área de influencia directa, abarca todas las unidades poblacionales atravesadas por la vía férrea del Tren Metropolitano de Cochabamba incluso en sus puntos de origen y destino, que por su proximidad al proyecto obtendrán un beneficio.

Por otro lado y a nivel del tráfico se ha establecido un corredor de al menos 500 metros medidos a partir de los ejes propuestos para el desarrollo del tren metropolitano Cochabamba.

A continuación se muestra el área de influencia directa considerando las ofertas de transporte.

Figura 0-4 Mapa Zona de Influencia Directa – Tráfico





### **0.3.2.4 CAPÍTULOS 4, 5, 6 Y 7 – DIAGNÓSTICO SOCIOECONÓMICO, ANÁLISIS DE INDICADORES SOCIOECONÓMICOS, PROYECCIONES DE LA ECONOMÍA REGIONAL, NACIONAL E INTERNACIONAL**

En estos capítulos se hace un análisis de los principales componentes socioeconómicos relevantes para el presente estudio con objeto de tener una aproximación de la economía en Bolivia actual y para los próximos años, dentro de los que resaltan: Análisis global del sector transporte; demografía; análisis de la infraestructura de servicios de saneamiento básico; sector agropecuario; sector minero; sector del turismo; perspectivas de la actividad económica; comercio exterior; ocupación, empleo y otros.

El propósito principal del análisis socioeconómico es dotar al estudio de una comprensión cabal de la realidad boliviana (esto cobra particular relevancia en el contexto actual en el que la empresa contratada es de origen español), con el objetivo de asegurar que los planteamientos técnicos tengan coherencia con la realidad boliviana y se ajuste a su conformación socioeconómica.

Con base en éste capítulo se puede decir que la perspectiva del futuro inmediato y de mediano plazo es alentadora, puesto que todos los indicadores relevantes han mostrado un comportamiento saludable de la economía, un crecimiento poblacional sostenido y un incremento en las prestaciones sociales de infraestructura, que hacen prever una sostenibilidad de este crecimiento en el futuro. Todo esto refuerza la necesidad de implementar soluciones integrales de transporte como es el Tren Metropolitano de Cochabamba, al mismo tiempo de plantear un escenario optimista sobre la demanda de este transporte.

### **0.3.2.5 CAPÍTULO 8 – ANÁLISIS DEL MARCO LÓGICO**

Para efectuar la definición del marco lógico del proyecto, construcción del Tren Urbano de Cochabamba, se ha efectuado un análisis de intereses, problemas, actitudes y recursos de los involucrados; con el objeto de encontrar las raíces del problema; de tal manera que las soluciones sean efectivas.

Después de identificar y conocer a los involucrados, se construyó un árbol de problemas, en el cual se dio a conocer específicamente las raíces por cada área de problema, mismos que deben ser resueltos por el proyecto. Sobre la base de éste análisis se construyó un árbol de objetivos del proyecto. Sobre la base de estos objetivos y una estructura analítica del proyecto se ha elaborado una matriz de marco lógico.

A continuación se presenta la Matriz de Marco Lógico que contiene en forma resumida los aspectos más importantes del proyecto. Las cuatro primeras columnas suministran la siguiente información:

- Un resumen narrativo de los objetivos y las actividades.
- Indicadores (resultados específicos a alcanzar).
- Medios de Verificación.
- Supuestos (factores externos que implican riesgos).

Las siguientes cuatro filas presentan información acerca de los objetivos, indicadores, medios de verificación y supuestos en cuatro momentos diferentes en la vida del proyecto:

- Fin al cual el proyecto contribuye de manera significativa luego de que el proyecto ha estado en funcionamiento.
- Propósito logrado cuando el proyecto ha sido ejecutado.
- Componentes/Resultados completados en el transcurso de la ejecución del proyecto.
- Actividades requeridas para producir los Componentes/Resultados





**Tabla 0-1 Matriz de Marco Lógico**

NIVEL	RESUMEN NARRATIVO	INDICADORES	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
Fin	F1: Pérdidas económicas por mayor tiempo de viaje reducidas.	F1.1: Al finalizar el proyecto las pérdidas económicas por horas no trabajadas se reducirá en 20%	Encuestas a usuarios del servicio. Registro de descuentos al personal en empresas públicas y privadas.	El tren opera en condiciones normales de viaje
		F1.2: Al finalizar el proyecto el tiempo de viaje se reducirá una tercera parte del tiempo de viaje actual.	Registro y estadísticas de la empresa transportadora.	
		F1.3: Al finalizar el proyecto la cantidad de accidentes de tránsito se habrá reducido 10%	Estadísticas por parte de la Autoridad de Transporte y Telecomunicaciones.	
	F2: Alto grado de satisfacción de los usuarios por un servicio de calidad.	F2.1: Incremento de un 15% anual en el número de pasajeros transportados por este medio. F2.2: Grado de satisfacción del 90% de los usuarios con el servicio recibido.	Registros y estadísticas de ventas de la empresa transportadora. Encuestas de satisfacción a los usuarios por el servicio recibido	Se cuenta con el financiamiento suficiente para llevar adelante los estudios.
Propósito	P1: Tren Metropolitano Cochabamba construido y en funcionamiento.	P1.1: Al finalizar el proyecto el tren circulará a una velocidad media de 24 Km/hr.	Registro y control por parte del Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Viviendas.	Se cuenta con el financiamiento suficiente otorgado en tiempo y forma.
		P1.2: Al finalizar el proyecto el tren contará con tres tramos: 1. Línea Verde: Sipe Sipe - Estación San Antonio; 2. Línea Amarilla: Estación San Antonio - El Castillo; 3. Línea Roja: Estación San Antonio - Facultad de Agronomía UMSS	Registro y control por parte del Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Viviendas.	
Componentes	C1: Vía férrea terminada.	C1.1: Al finalizar el proyecto la vía férrea tendrá una longitud de 42.167 km.	Medición por parte del Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Vivienda.	Expropiaciones realizadas.
	C2: Vagones modernos construidos.	C2.1: Al finalizar el proyecto cada línea contará con una capacidad de 200 pasajeros por tren y servicios básicos en perfectas condiciones.	Verificación y control de calidad por parte del Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Vivienda.	Se cuenta con el financiamiento suficiente otorgado en tiempo y forma.
	C3: Personal capacitado y motivado.	C3.1: Al finalizar el proyecto el 100% del personal contratado habrá recibido capacitación técnica y de servicio al cliente.	Registros en la empresa operadora del sistema de transporte.	Se cuenta con el financiamiento suficiente otorgado en tiempo y forma.
		C3.2: Al finalizar el proyecto existirá una estructura jerárquica claramente definida con niveles salariales acordes a las responsabilidades.	Registros en la empresa operadora del sistema de transporte.	
Actividades	A1.1: Reconstruir vía férrea existente y construir un tramo nuevo (Línea Amarilla).		Registros en la empresa . . . y en el Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Vivienda.	Expropiación realizada.
	A1.2: Elaborar estudios técnicos de diseño y factibilidad.	A1.2.1: Estudio técnico, estudio de factibilidad, estudio medio ambiental y otros relacionados.	Registros en la empresa . . . y en el Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Vivienda.	Se cumple con los plazos establecidos.
	A2.1: Contratar mano de obra y maquinaria.	A2.1.1: Publicaciones para la contratación de mano de obra.	Medios de prensa escrita y otros similares.	Publicación en medios de prensa escrita o similares.
		A2.1.2: Licitación para la compra o alquiler de maquinaria y equipo.	Publicación en medios de prensa escrita o similares.	
	A2.2: Diseñar modelo óptimo con altos estándares de calidad.	A2.2.1: Informe de diseño de los vagones y características técnicas.	Documentación y registros en la empresa . . . y en el Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Vivienda.	Se cumple con los plazos establecidos.
	A3.1: Efectuar cursos de capacitación y evaluaciones periódicas.	A3.1.1: Pruebas verbales y escritas al personal.	Documentación y registros en la empresa operadora del sistema de transporte.	Se cuenta con presupuesto asignado.
	A3.2: Selección y contratación de personal.	A3.2.1: Publicaciones para la contratación de personal.	Documentación y registros en la empresa operadora del sistema de transporte.	Documentación y registros en la empresa operadora del sistema de transporte.
		A3.2.2: Evaluaciones psicotécnicas y entrevistas a postulantes.	Documentación y registros en la empresa operadora del sistema de transporte.	

Fuente: Elaboración propia



### 0.3.2.6 CAPÍTULO 9 – ESTUDIO DE TRÁFICO Y TRANSPORTE

El departamento de Cochabamba, siendo el tercer departamento más poblado del país, cuenta con centros urbanos que poseen un servicio de transporte de pasajeros de carácter informal basado en vehículos antiguos, inseguros, contaminantes y de poca capacidad. Todo esto en desmedro de la población que utiliza un sistema de transporte no planificado e incómodo. Añadido a esto, los servicios de transporte actuales no propician la movilidad de los pasajeros permitiéndoles la posibilidad de elegir dada la inexistencia de otro modo por el cual puedan trasladarse. Tampoco cuentan con un sistema de transporte masivo.

Es necesaria la vinculación de la ciudad capital del departamento con las ciudades satélites aledañas de una manera directa conformando un sistema de transporte metropolitano, añadiendo un nuevo modo de transporte como ser, el Tren Metropolitano Cochabamba el cual utilizará parte de la vía férrea existente, que en la actualidad tiene escaso o casi ningún uso, a objeto de brindar servicios accesibles, eficientes, seguros y económicos, a la población.

En ese sentido, el proyecto presente surge de la necesidad de implementar un sistema de trenes ligeros de pasajeros, respondiendo así al Plan Nacional de Desarrollo (PND), Plan Departamental de Desarrollo (PDD) y al Plan de Gobierno 2015-2020, en el sentido de promover el transporte multimodal y en especial el transporte férreo.

En el caso particular, se busca satisfacer las necesidades de transporte cómodo y seguro de la población entre los Municipios de Cochabamba – Sacaba – Colcapirhua - Quillacollo – Vinto y Sipe Sipe.

Dentro de ese marco, este capítulo presenta el Estudio de Tráfico y Transporte para el proyecto denominado: "TREN METROPOLITANO COCHABAMBA".

El Estudio de Tráfico y Transportes corresponde a una de las tareas iniciales de un proyecto de Transportes. Permite identificar y determinar aquellos parámetros de tráfico para diagnosticar la situación actual y en base a ella estimar la situación futura con y sin la implementación del proyecto a ser considerado.

Este capítulo considera los tres aspectos del Estudio de Tráfico es decir, la recopilación de información, trabajos de campo y, procesamiento.

Este Proyecto constituye una alternativa de transporte masivo para contrarrestar el congestionamiento vehicular y brindar al usuario comodidad e itinerarios fijos, también incentivar el turismo (al Valle Bajo) y crear polos de desarrollo a lo largo del área de influencia directa

Las conclusiones principales del acápite destinado al estudio de Tráfico y Transporte son mostradas a continuación.

#### 0.3.2.6.1 NUMERO DE PARADAS

*Tabla 0-2 Número de Paradas*

N°	DESIGNACIÓN	NUMERO DE PARADAS
1	Línea Roja	6
2	Línea Amarilla	14
3	Línea Verde	22
	Parada Común	1 (Estación Central – San Antonio)

#### 0.3.2.6.2 NUMERO DE TRENES PARA CADA LINEA

Se considera la siguiente configuración de trenes para cada línea de circulación de trenes:

*Tabla 0-3 Número de Trenes Asignados a cada Línea*

LINEA	NUMERO DE TRENES
ROJA	3
AMARILLA	4
VERDE	5



TOTAL	12
-------	----

### 0.3.2.6.3 CARACTERISTICAS DEL MATERIAL RODANTE

El material rodante tiene las siguientes características y parámetros base de cálculo:

**Tabla o-4 Parámetros del Material Rodante**

CARACTERISTICA	VALOR
Aceleración	0.70 m/s <sup>2</sup>
Desaceleración	1.20 m/s <sup>2</sup>
Velocidad máxima	80 km/h
Capacidad	200 pasajeros

### 0.3.2.6.4 TIPO DE AREA POBLACIONAL

Se analiza el tipo de área poblacional desde el punto de vista de la seguridad peatonal y de circulación vehicular estableciendo los siguientes parámetros.

**Tabla o-5 Tipo de Área Poblacional**

TIPO DE AREA POBLACIONAL	VELOCIDAD - km/h
URBANA E INTERURBANA	30-50
INTERURBANA PROTEGIDA	Hasta 80

### 0.3.2.6.5 TIEMPO DE VIAJE

El tiempo de viaje se determina en función de las distancias de separación entre estaciones, de la velocidad media de circulación y de los tiempos de carga de pasajeros. Para lo cual se construye el diagrama de circulación de trenes.

### 0.3.2.6.6 DISTANCIA DE SEPARACION

La distancia de separación entre estaciones para cada línea es la siguiente.

**Tabla o-6 Distancias de Separación Entre Paradas - Línea Roja**

N°	CODIGO	DESIGNACIÓN	PROGRESIVA	DISTANCIA (mts)
		ESTACION CENTRAL SAN ANTONIO	0+000	
1	ER1	Parada 6 DE AGOSTO	0+800	800
2	ER2	Parada EL ARCO Km 0	1+750	950
3	ER3	Parada Av. SANTA BÁRBARA	2+600	850
4	ER4	Parada VIDRIOLUX	3+500	900
5	ER5	Parada POLÍTÉCNICO	4+650	1150
6	ER6	Parada UMSS-Facultad de Agronomía	5+260	610

**Tabla o-7 Distancias de Separación Entre Paradas - Línea Amarilla**

N°	CODIGO	DESIGNACIÓN	PROGRESIVA	DISTANCIA
		ESTACION CENTRAL SAN ANTONIO	0+000	
		Parada CEMENTERIO	0+800	800
		Parada Av. AROMA	1+650	850
1	EA1	Parada AEROPUERTO	2+250	600
2	EA2	Parada Villa CORONILLA	2+800	550
3	EA3	Parada HUAYNA KAPAC	3+300	500
4	EA4	Parada ELFEC	3+800	500
5	EA5	Parada PLAZA COBIJA	4+250	450
6	EA6	Parada PARQUE DE LA FAMILIA	4+600	350
7	EA7	Parada ESTADIUM FÉLIX CAPRILES	5+250	650
8	EA8	Parada RECOLETA	6+350	1100
9	EA9	Parada ESCUELA MILITAR DE INGENIERIA	6+800	450



N°	CODIGO	DESIGNACIÓN	PROGRESIVA	DISTANCIA
10	EA10	Parada MUYURINA	7+300	500
11	EA11	Parada USIP	8+000	700
12	EA12	Parada SEDCAM-ABC	8+800	800
13	EA13	Parada ZONA PARAISO	9+400	600
14	EA14	Parada ELCASTILLO	9+800	400

**Tabla o-8 Distancias de Separación Entre Paradas - Línea Verde**

N°	CODIGO	DESIGNACIÓN	PROGRESIVA	DISTANCIA
		ESTACION CENTRAL SAN ANTONIO	0+000	
1	EV1	Parada CEMENTERIO	0+800	800
2	EV2	Parada AROMA	1+650	850
3	EV3	Parada AEROPUERTO	2+250	600
4	EV4	Parada PARQUE MCAL. SANTA CRUZ VELÓDROMO	3+300	1050
5	EV5	Parada Av. CIRCUNVALACIÓN BEIJIN HIPÓDROMO	4+300	1000
6	EV6	Parada HOSPITAL ELIZABETH SETON HOSPITAL CNSS COMPLEJO INDUSTRIAL IMBA	6+200	1900
7	EV7	Parada ADUANA NACIONAL	8+300	2100
8	EV8	Parada COLCAPIRHUA	9+500	1200
9	EV9	Parada PIÑAMI	11+300	1800
10	EV10	Parada TERMINAL DE BUSES QUILLACOLLO	13+600	2300
11	EV11	Parada QUILLACOLLO	14+400	800
12	EV12	Parada FÁBRICA MANACO	15+500	1100
13	EV13	Parada CEMENTERIO DE VINTO	16+800	1300
14	EV14	Parada VINTO	18+200	1400
15	EV15	Parada ALTO MIRADOR	19+300	1100
16	EV16	Parada CENTRO DE SALUD VINTO CHICO	20+400	1100
17	EV17	Parada SIPE SIPE 1	22+400	2000
18	EV18	Parada COTAPACHI	23+520	1120
19	EV19	Parada SIPE SIPE 2	24+540	1020
20	EV20	Parada CAMPOS DE AMIRAYA	25+180	640
21	EV21	Parada SIPE SIPE 3	26+400	1220
22	EV22	Parada SUTICOLLO	27+100	700

### 0.3.2.6.7 VELOCIDAD MEDIA DE CIRCULACION

La velocidad media de circulación se determina en función de cuatro parámetros, la distancia de viaje, la aceleración y desaceleración del material rodante y la velocidad máxima de circulación.

**Tabla o-9 Tiempo de Aceleración y Frenado.**

VELOCIDAD	TIEMPO ACCELERACION		TIEMPO FRENADO		TIEMPO TOTAL DE ACCELERACION Y FRENADO
km/h	segundos	minutos	segundos	minutos	minutos
40	15.87	0.27	9.26	0.15	0.42
50	19.84	0.33	11.57	0.20	0.53
60	23.81	0.40	13.89	0.23	0.63
70	27.78	0.47	16.20	0.27	0.73
80	31.75	0.53	18.52	0.30	0.84

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla o-10 Velocidad Media de Circulación de la Línea Roja.**

PARADA	PK	DISTANCIA	VELOCIDAD MAXIMA	TIEMPO DE ACCELERACION Y DESACELERACION	TIEMPO A VEL CONSTANTE	TIEMPO TOTAL	VELOCIDAD MEDIA CIRCULACION
		m	km/h	min	min	min	km/h
ESTACION CENTRAL	00+000	800	40	0.42	0.99	1.41	34.09



PARADA	PK	DISTANCIA	VELOCIDAD MAXIMA	TIEMPO DE ACCELERACION Y DESACELERACION	TIEMPO A VEL CONSTANTE	TIEMPO TOTAL	VELOCIDAD MEDIA CIRCULACION
		m	km/h	min	min	min	km/h
ESTACION 6DE AGOSTO	00+800	950	40	0.42	1.22	1.63	34.90
PARADA EL ARCO KM 0	01+750	850	40	0.42	1.07	1.48	34.39
PARADA AV SANTA BARBARA	02+600	900	40	0.42	1.14	1.56	34.66
PARADA VIDRIOLUX	03+500	1150	40	0.42	1.52	1.93	35.69
PARADA POLITECNICO	04+650	610	40	0.42	0.71	1.12	32.59
PARADA FAC. AGRONOMIA	05+260						

Tabla o-11 Velocidad Media de Circulación de la Línea Amarilla.

PARADA	PK	DISTANCIA	VELOCIDAD MAXIMA	TIEMPO DE ACCELERACION Y DESACELERACION	TIEMPO A VEL CONSTANTE	TIEMPO TOTAL	VELOCIDAD MEDIA DE CIRCULACION
		m	km/h	min	min	min	km/h
ESTACION CENTRAL	00+000	800	40	0.42	0.99	1.41	34.09
PARADA CEMENTERIO	00+800	850	40	0.42	1.07	1.48	34.39
PARADA AV. AROMA	01+650	600	40	0.42	0.69	1.11	32.49
PARADA AEROPUERTO	02+250	550	40	0.42	0.62	1.03	31.94
PARADA VILLA CORONILLA	02+800	500	40	0.42	0.54	0.96	31.31
PARADA HUAYNA KAPAC	03+300	500	40	0.42	0.54	0.96	31.31
PARADA ELFEC	03+800	450	40	0.42	0.47	0.88	30.58
PARADA PLAZA COBIJA	04+250	350	40	0.42	0.32	0.73	28.65
PARADA PARQUE DE LA FAMILIA	04+600	650	40	0.42	0.77	1.18	32.97
PARADA ESTADIUM FELIX CAPRILES	05+250	1100	40	0.42	1.44	1.86	35.52
PARADA RECOLETA	06+350	450	40	0.42	0.47	0.88	30.58
PARADA EMI	06+800	500	40	0.42	0.54	0.96	31.31
PARADA MUYURINA	07+300	700	40	0.42	0.84	1.26	33.38
PARADA USIP	08+000	800	50	0.53	0.70	1.23	38.94
PARADA SEDCAM	08+800	600	60	0.63	0.29	0.92	39.11
PARADA ZONA PARAISO	09+400	400	60	0.63	0.09	0.72	33.31
PARADA EL CASTILLO	09+800						

Tabla o-12 Velocidad Media de Circulación de la Línea Verde.

PARADAS	PK	DISTANCI A	VEL MAXIM A	TIEMPO DE ACCELERACION Y DESACELERACION	TIEMPO A VEL CONSTANT E	TIEMP O TOTAL	VELOCIDAD MEDIA CIRCULACION
		m	km/h	min	min	min	km/h
ETACION CENTRAL SAN ANTONIO	00+000	800	40	0.42	0.99	1.41	34.09
PARADA CEMENTERIO	00+800	850	40	0.42	1.07	1.48	34.39
PARADA AV AROMA	01+650	600	40	0.42	0.69	1.11	32.49
PARADA AEROPUERTO	02+250	1050	40	0.42	1.37	1.78	35.33
PARADA VELODROMO	03+300	1000	40	0.42	1.29	1.71	35.13
PARADA HIPODROMO	04+300	1900	40	0.42	2.64	3.06	37.28
PARADA IMBA	06+200	2100	40	0.42	2.94	3.36	37.52
PARADA ADUANA	08+300	1200	40	0.42	1.59	2.01	35.86
PARADA COLCAPIRHUA	09+500	1800	50	0.53	1.90	2.43	44.40
PARADA PIÑAMI	11+300	2300	50	0.53	2.50	3.03	45.51
PARADA TERMINAL BUSES QUILLACOLLO	13+600	800	50	0.53	0.70	1.23	38.94
PARADA QUILLACOLLO	14+400	2400	50	0.53	2.62	3.15	45.68
PARADA FABRICA MANACO	15+500	2700	50	0.53	2.98	3.51	46.12
PARADA CEMENTERIO DE VINTO	16+800	1400	50	0.53	1.42	1.95	43.02
PARADA VINTO	18+200	1100	45	0.47	1.23	1.70	38.85
PARADA ALTO MIRADOR	19+300	1100	45	0.47	1.23	1.70	38.85
PARADA CENTRO DE SALUD VINTO	20+400	2000	50	0.53	2.14	2.67	44.90





PARADAS	PK	DISTANCI A	VEL MAXIM A	TIEMPO DE ACELERACION Y DESACELERACIO N	TIEMPO A VEL CONSTANT E	TIEMP O TOTAL	VELOCIDAD MEDIA CIRCULACIO N
		m	km/h	min	min	min	km/h
CHICO							
PARADA SIPE SIPE 1	22+400	1120	60	0.63	0.81	1.44	46.65
PARADA COTAPACHI	23+520	1020	60	0.63	0.71	1.34	45.66
PARADA SIPE SIPE 2	24+540	640	60	0.63	0.33	0.96	39.98
PARADA CAMPOS DE AMIRAYA	25+180	1220	60	0.63	0.91	1.54	47.52
PARADA SIPE SIPE 3	26+400	970	60	0.63	0.66	1.29	45.10
PARADA SUTICOLLO	27+370						

El tiempo medio de parada para la carga de pasajeros será de 30 segundos o medio minuto. Sin embargo el tiempo de espera en las estaciones extremas es variable. El tiempo total de viaje es la suma del tiempo medio de circulación (en movimiento), del tiempo de carga y descarga de pasajeros y del tiempo de parada en las estaciones extremas.

#### 0.3.2.6.8 DIAGRAMA DE CIRCULACION DE TRENES.

El diagrama o malla de circulación de trenes es la representación espacial y temporal de cada uno de los trenes de una vía férrea o línea. La ubicación es graficada en el eje vertical y el tiempo (horas del día) se grafica en el eje horizontal. Las líneas inclinadas muestran el lapso de tiempo de viaje de un tren determinado y las líneas horizontales representan el tiempo de parada.

Se analizaron varios escenarios en base a la asignación de trenes a cada línea. El primer escenario de análisis considera el empleo de 4 trenes por línea. Sin embargo al ser las longitudes de cada línea diferentes entre sí, los valores de oferta calculados bajo este primer escenario no son equilibrados. Es por esto que se han realizado una serie de iteraciones a fin de generar un escenario que permita equilibrar la oferta del sistema.

Un segundo escenario, que resulta más equilibrado y que ofrece una oferta racional y proporcionada al alcance de cada una de las líneas, considera la siguiente distribución de trenes:

*Tabla 0-13 Distribución de Trenes – Escenario 2.*

LÍNEA	TRAMO	LONGITUD (m)	NUMERO DE TRENES
ROJA	ESTACION CENTRAL – FACULTAD DE AGRONOMIA	5,260	3
AMARILLA	ESTACION CENTRAL – EL CASTILLO	9,800	4
VERDE	ESTACION CENTRAL – ESTACION MUNICIPAL DE VINTO	18,200	4
VERDE	ESTACION MUNICIPAL DE VINTO – ESTACION MUNICIPAL DE SIPE-SIPE (SUTICOLLO)	8,900	1

Esta configuración permite:

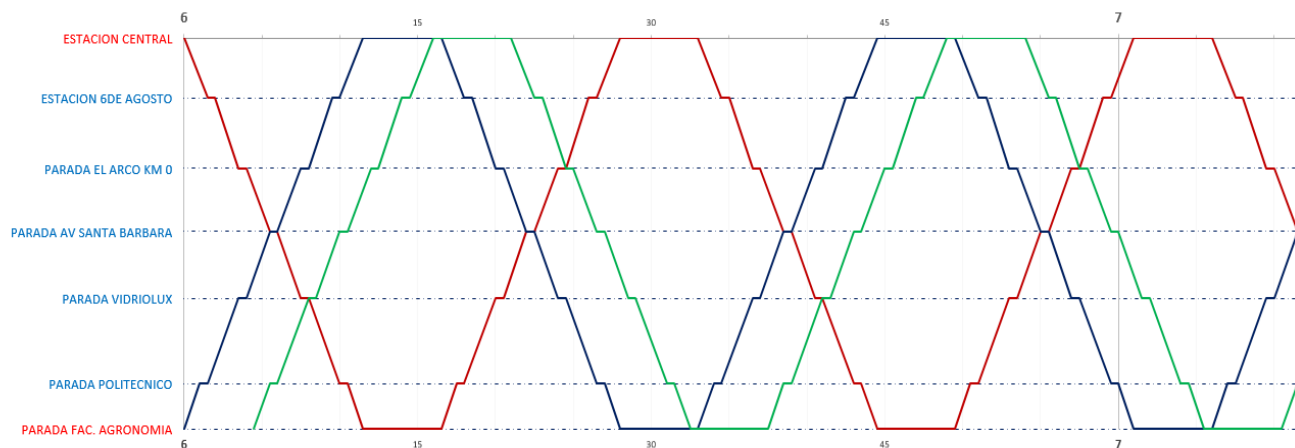
- Proporcionar un balance de viajes entra las tres líneas.
- Considerar al tramo de Vinto a Suticollo como un tramo de colecta de pasajeros que alimentará al tramo Vinto – Estación Central y que además tendrá un mayor número de viajes.
- Considerar como tramo principal al trayecto Estación Central – Vinto el cual tendrá 4 trenes y una menor longitud de recorrido, incrementando notablemente el número de viajes de pasajeros y por ende incrementando racionalmente la oferta del sistema de transporte.

En términos generales aumenta radicalmente la frecuencia de trenes y reduce notoriamente el tiempo de viaje en los tramos con gran cantidad de pasajeros, optimizando la oferta del sistema.

Los siguientes gráficos muestran los diagramas de circulación de trenes para cada una de las líneas para el segundo escenario.



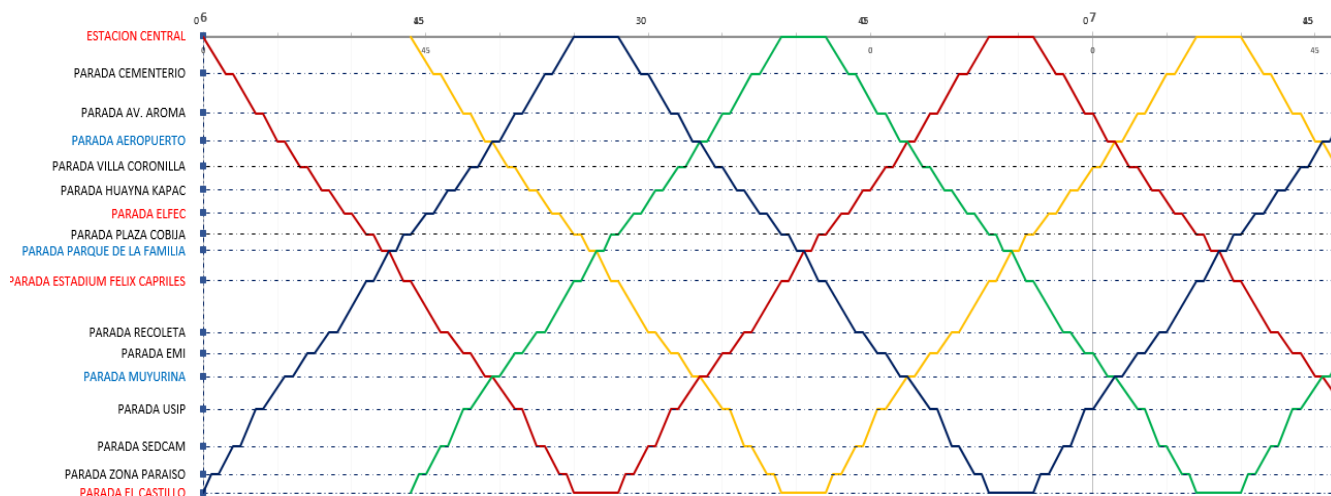
Figura o-5 Diagrama de Circulación de Trenes de la Línea Roja – Escenario 2



Fuente: Elaboración Propia

El tiempo de viaje (movimiento y carga-descarga de pasajeros) es de 11 min 30 seg., y el tiempo de parada en las estaciones extremas es de 5 min. Es decir se tiene un tiempo total de 16 min 30 seg. Este tiempo total de viaje genera un número total de viajes por día de 173 (58 viajes para los trenes 1 y 2 respectivamente y 57 para el tren 3).

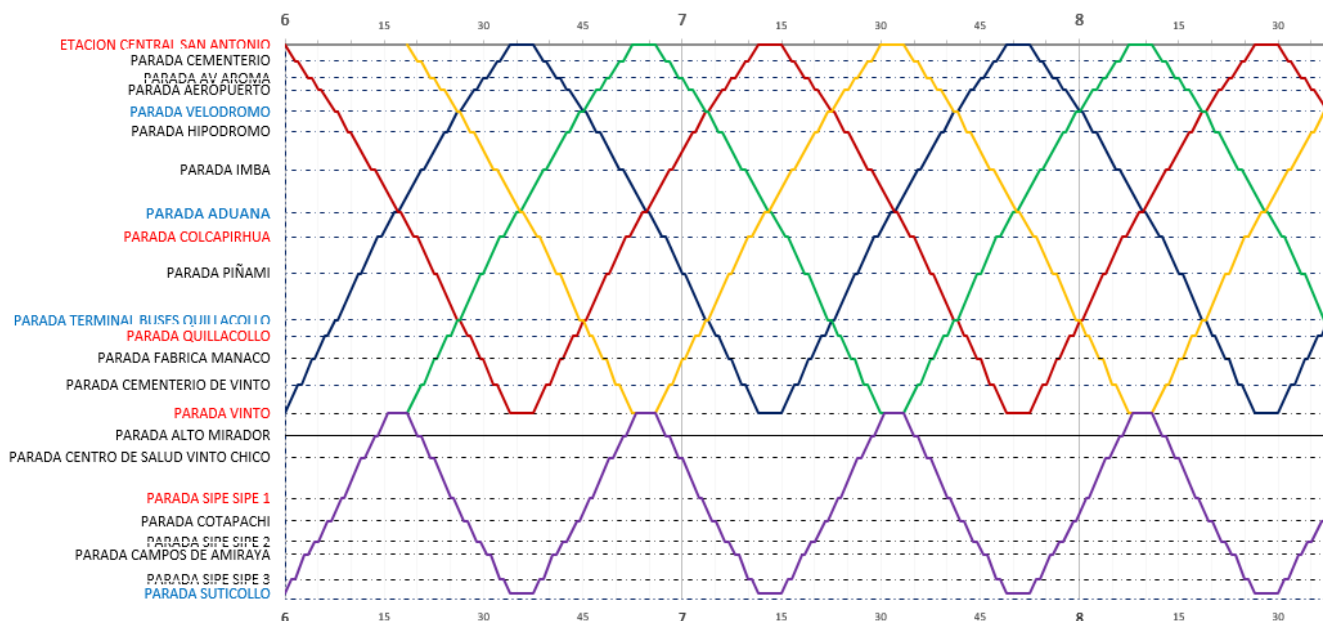
Figura o-6 Diagrama de Circulación de Trenes de la Línea Amarilla – Escenario 2



Fuente: Elaboración Propia

El tiempo de viaje (movimiento y carga-descarga de pasajeros) es de 25 min., y el tiempo de parada en las estaciones extremas es de 3 min. Es decir se tiene un tiempo total de 28 min. Este tiempo total de viaje genera un número total de viajes por día de 134 (34 viajes para los trenes 1 y 2 respectivamente y 33 para los trenes 3 y 4).

Figura 0-7 Diagrama de Circulación de Trenes de la Línea Verde – Escenario 2



Fuente: Elaboración Propia

Tramo Estación Central – Estación Municipal de Vinto.- El tiempo de viaje (movimiento y carga-descarga de pasajeros) es de 34 min., y el tiempo de parada en las estaciones extremas es de 3 min 30 seg. Es decir se tiene un tiempo total de 37 min 30 seg. Este tiempo total de viaje genera un número total de viajes por día de 104 (26 viajes para los trenes 1, 2, 3 y 4),

Tramo Estación Municipal de Vinto – Estación Municipal de Sipe Sipe (Suticollo).- El tiempo de viaje (movimiento y carga-descarga de pasajeros) es de 15 min 30 seg. Y el tiempo de parada en las estaciones extremas es de 3 min. Es decir se tiene un tiempo total de 18 min 30 seg. Este tiempo total de viaje genera un número total de viajes por día de 51 para el tren 5.

Puede observarse rápidamente por comparación de los diagramas de circulación de trenes de la línea verde para ambos escenarios, que en el tramo Estación Central – Vinto hay una mejora que va de 2 trenes cada 45 min aproximadamente a 1 tren cada 19 min aproximadamente. Así mismo en Suticollo se mantienen 2 trenes cada hora.

Por último el número total de viajes va de 68 en el escenario 1 a 155 en el escenario 2 y debido simplemente a la adición de un tren.

#### 0.3.2.6.9 DETERMINACION DE LA OFERTA MINIMA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE

En base al tiempo medio de viaje, se determina el número total de viajes de extremo a extremo que un tren puede realizar, y por ende la cantidad de usuarios servidos con sistema de transporte por día.

La hipótesis de cálculo es que el tren viaja lleno de extremo a extremo de cada línea o que durante el viaje a lo largo de cada línea, cada tren se llena al menos una vez.

A continuación se muestra el cálculo de la oferta mínima para el Escenario 2 de análisis:



Tabla 0-14 Cálculo de la Oferta Mínima del Sistema de Transporte – Escenario 2

CÁLCULO DE LA OFERTA MÍNIMA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE								
LÍNEA	TIEMPO TOTAL DE VIAJE	NUMERO DE TRENES	NUMERO TOTAL DE VIAJES	NUMERO DE PASAJEROS POR VIAJE	NUMERO DE TRAMOS O PARADAS	NUMERO DE PASAJEROS DIARIOS	NUMERO DE PASAJEROS MENSUALES	NUMERO DE PASAJEROS ANUALES
	min	trenes	viajes/día	pas/viaje/tramo	tramo	pas/día	pas/mes	pas/año
ROJA	16.5	3	173	200	1	34,600	1,038,000	12,456,000
AMARILLA	28	4	134	200	1	26,800	804,000	9,648,000
VERDE	37.5	4	104	200	1	20,800	624,000	7,488,000
	18.75	1	51	200	1	10,200	306,000	3,672,000
<b>TOTAL</b>						<b>92,400</b>	<b>2,772,000</b>	<b>33,264,000</b>

Fuente: Elaboración Propia

### 0.3.2.6.10 DETERMINACION DE LA OFERTA MAXIMA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE

La oferta máxima del sistema de transporte se determina bajo la hipótesis teórica de que el tren viaja completamente lleno de parada a parada es decir 200 usuarios por tren el primer tramo, 400 usuarios en los dos primeros tramos y así sucesivamente.

A continuación se muestra el cálculo de la oferta máxima para el Escenario 2 de análisis:

Tabla 0-15 Cálculo de la Oferta Máxima del Sistema de Transporte – Escenario 2

CÁLCULO DE LA OFERTA MÁXIMA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE								
LÍNEA	TIEMPO TOTAL DE VIAJE	NUMERO DE TRENES	NUMERO TOTAL DE VIAJES	NUMERO DE PASAJEROS POR VIAJE	NUMERO DE TRAMOS O PARADAS	NUMERO DE PASAJEROS DIARIOS	NUMERO DE PASAJEROS MENSUALES	NUMERO DE PASAJEROS ANUALES
	min	trenes	viajes/día	pas/viaje/tramo	tramo	pas/día	pas/mes	pas/año
ROJA	16.5	3	173	200	6	207,600	6,228,000	74,736,000
AMARILLA	28	4	134	200	16	428,800	12,864,000	154,368,000
VERDE	37.5	4	104	200	14	291,200	8,736,000	104,832,000
	18.75	1	51	200	8	81,600	2,448,000	29,376,000
<b>TOTAL</b>						<b>1,009,200</b>	<b>30,276,000</b>	<b>363,312,000</b>

Fuente: Elaboración Propia

### 0.3.2.6.11 ANALISIS ESPECIAL DE LA LINEA ROJA

Se realizó un análisis adicional de la oferta mínima de la línea roja bajo la concepción de la misma en una longitud mayor, teniendo en cuenta la oportunidad de capturar una gran cantidad de pasajeros que se encuentran entre la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Simón y Ushpa Ushpa.

Se analizaron tres escenarios, y los resultados son los siguientes:

Tabla 0-16 Resultados del Análisis Extendido de la Línea Roja hasta Ushpa Ushpa

	TIEMPO TOTAL DE VIAJE	NUMERO DE TRENES	NUMERO TOTAL DE VIAJES	NUMERO DE PASAJEROS POR VIAJE	NUMERO DE TRAMOS O PARADAS	NUMERO DE PASAJEROS DIARIOS	NUMERO DE PASAJEROS MENSUALES	NUMERO DE PASAJEROS ANUALES
	min	trenes	viajes/día	pas/viaje/tramo	tramo	pas/día	pas/mes	pas/año
LÍNEA ROJA	27	4	140	200	1	28,000	840,000	10,080,000
LÍNEA ROJA	27	3	105	200	1	21,000	630,000	7,560,000
LÍNEA ROJA	25	2	76	200	1	15,200	456,000	5,472,000

Fuente: Elaboración Propia

### 0.3.2.6.12 ESTUDIO DE VELOCIDADES

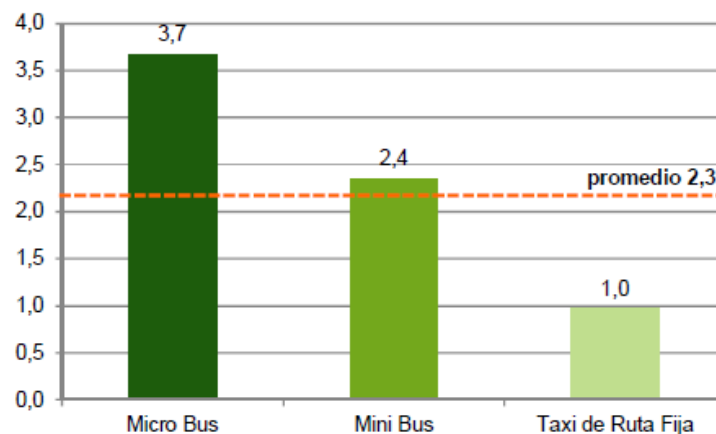
El Estudio de "Plan Maestro de Movilidad Urbana Sustentable para el Área Metropolitana de Cochabamba" elaborado por la empresa ALG por encargo del Banco Interamericano de Desarrollo elaboro un análisis de la Caracterización del actual servicio de transporte público basado en el registro del Parque Vehicular Federado y



Libre analizando Intervalo de salidas, Longitud de ruta (de origen a destino), Velocidad promedio de recorrido y Tiempo de recorrido.

En este estudio se ha establecido un intervalo promedio de salidas de 2 minutos. Sin embargo, este varía en función de la modalidad de prestación del servicio; los servicios de taxi de ruta fija o taxi trufi presenta intervalos menores con salidas cada minuto, los mini buses tienen salidas cada 2,4 minutos, mientras las unidades de mayor capacidad como los micro buses tienen salidas cada 3,7 minutos en promedio.

**Figura 0-8 Tiempo Promedio de frecuencia entre Vehículos de Pasajeros**

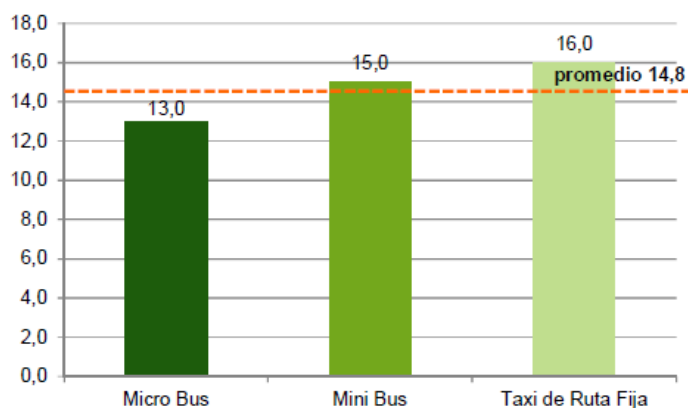


Fuente: Plan Maestro de Movilidad Urbana Sustentable para el Área Metropolitana de Cochabamba 2015:

En este estudio se menciona que la longitud promedio de las rutas que prestan servicios en el AMetC es de 14,7 Km, en general los taxi trufis tienen recorridos más largos (16,2 Km).

La Empresa ALG ha analizado la velocidad comercial en base a la información secundaria recopilada. En general la red de transporte público presenta una velocidad promedio de 14,8 Km /h. Sin embargo, la velocidad varía ligeramente dependiendo de la modalidad de servicio, a medida que aumenta el tamaño de la unidad disminuye la velocidad de recorrido. Así las rutas que operan bajo la modalidad de taxi de ruta fija o taxi trufi tienen una velocidad promedio de 16 km/h, el mini bus presenta una velocidad promedio de 15 km/h y para el micro bus la velocidad promedio disminuye a 13 km/h.

**Figura 0-9 Velocidad Promedio de vehículos de transporte público**



Fuente: Plan Maestro de Movilidad Urbana Sustentable para el Área Metropolitana de Cochabamba 2015:

#### 0.3.2.6.13 NIVEL DE SERVICIO

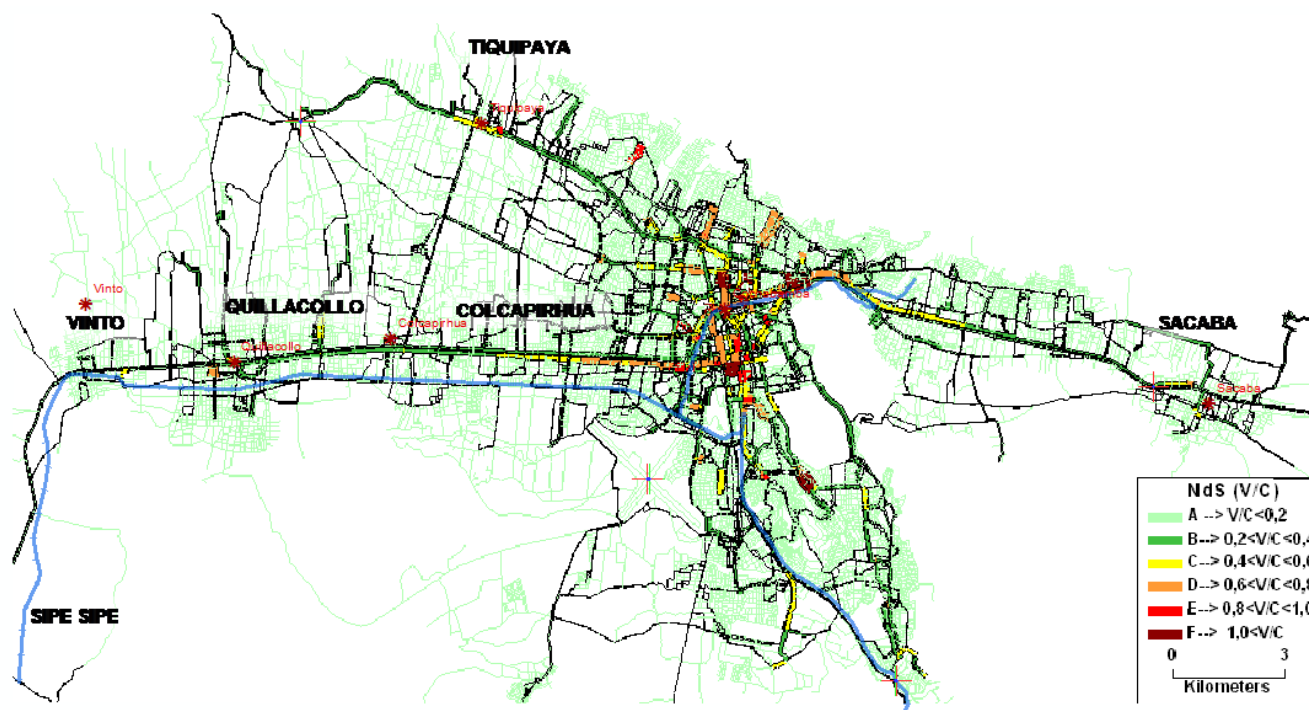
El Estudio de "Plan Maestro de Movilidad Urbana Sustentable para el Área Metropolitana de Cochabamba" elaborado por la empresa ALG por encargo del Banco Interamericano de Desarrollo elaboro un análisis de la capacidad de Servicio el cual fue modelado en base al valor numérico consistente en la relación entre la demanda (intensidad de circulación) y la oferta (capacidad de la vía). Según este valor numérico, teniendo

presente las características de la vía en cuestión, se determina la categoría de nivel de servicio, que será una de las seis que se resumen a continuación (según el Highway Capacity Manual):

- Nivel de servicio A: Circulación libre, fluida, sólo posible cuando hay baja intensidad de tráfico y la velocidad de trayecto es elevada; los conductores pueden desplazarse a la velocidad que desean (dentro de los límites impuestos en la vía) y con gran libertad de maniobra.
- Nivel de servicio B: La circulación es libre aunque la velocidad comienza a sentirse restringida por algunas condiciones del tráfico. Aun así, los conductores aún poseen libertad razonable para seleccionar su propia velocidad y carril de circulación.
- Nivel de servicio C: Circulación estable, aunque la velocidad y libertad de maniobra se encuentran restringidas por las condiciones del tráfico.
- Nivel de servicio D: La circulación se encuentra muy próxima a la inestabilidad; aunque la velocidad es tolerable para los conductores, esta no se puede mantener durante un trayecto largo. La libertad de maniobra es muy reducida.
- Nivel de servicio E: En este punto se está alcanzando la capacidad máxima de la vía, la circulación es inestable (cualquier reducción de velocidad de un conductor afecta a los demás), con velocidad variable y paradas breves.
- Nivel de servicio F: Este es el peor nivel de servicio, con una circulación forzada con baja velocidad y frecuentes paradas (que pueden ser de larga duración) derivadas de la propia congestión del tráfico. En estas condiciones, la velocidad e intensidad de circulación pueden descender a cero.

La siguiente figura muestra los niveles de servicio en el viario identificadas por la empresa ALG para el período punta de la mañana, sobrepuesta a la vía férrea estudiada.

Figura 0-10 Niveles de Servicio



Fuente: Plan Maestro de Movilidad Urbana Sustentable para el Área Metropolitana de Cochabamba 2015:

Al respecto se puede observar que la vía férrea, en general, se desarrolla por rutas alternativas y con una capacidad adecuada, lo cual no generará conflicto con la distribución de tráfico, excepto la línea Amarilla. Sin embargo, al estar emplazada esta línea fuera de las avenidas actuales no afectará la capacidad de las calles y avenidas actuales de la ciudad de Cochabamba.



### 0.3.2.6.14 ANALISIS DE LA DEMANDA TRANSFERIDA AL SISTEMA DEL TREN METROPOLITANO COCHABAMBA

Para determinar el número de pasajeros que este sistema de transporte puede generar se ha estudiado la elasticidad demanda precio establecida para proyectos de transporte,

En general, la elasticidad-precio en una actividad de transporte  $i$  con respecto a su propio precio  $p_i$  puede escribirse como:

$$\eta_{ii} = \frac{dq_i}{dp_i} \frac{p_i}{q_i}$$

Donde  $q_i$  representa cualquier medida de output, como los viajes realizados, el número de pasajeros o el volumen de carga transportado. En ambos casos resulta habitual estimar esta expresión distinguiendo entre modos de transporte, tal como lo ha establecido el Banco Interamericano de Transporte en el Manual de Estudios de Transporte donde recomienda las siguientes relaciones:

*Tabla 0-17 Valores de Elasticidad Precio por Modo de Transporte*

Modo de transporte	Rango de valores estimados	País	Datos y método
Transporte privado (automóvil)	[-0,13 a -0,45]	EE.UU.	Estimaciones de corto y largo plazo.
	[-0,09 a -0,52]	Australia	Estimaciones de corto y largo plazo.
	[-0,14 a -0,36]	Reino Unido	Diversos métodos
	[-0,10 a -0,29]	Hong Kong	Estimaciones con datos de corte transversal
Transporte público (urbano)	[-0,01 a -0,62]	Múltiples ciudades	Datos de series temporales
	[-0,05 a -0,34]	Múltiples ciudades	Datos de corte transversal
	[-0,06 a -0,44]	Múltiples ciudades	Datos de panel
Transporte aéreo de viajeros	[-0,82 a -1,81]	Varios países	Datos de series temporales
	[-0,26 a -1,34]	Europa	Datos de series temporales
	[-0,76 a -4,51]	Varios países	Datos de corte transversal
	[-1,24 a -2,34]	EE.UU.	Datos desagregados
Transporte de viajeros por ferrocarril	[-0,15 a -1,50]	Reino Unido	Datos desagregados
Transporte de carga por ferrocarril	[-0,09 a -0,60]	EE.UU.	Carga agregada
	[-0,02 a -1,18]	EE.UU.	Productos alimenticios
Transporte de carga por carretera	[-0,69 a -1,34]	EE.UU.	Carga agregada
	[-0,52 a -1,54]	EE.UU.	Productos alimenticios

Fuente.- Manual de Estudios de Transporte del BID

Estos valores sugeridos de elasticidad han sido propuestos en base al análisis de diversos proyectos, siendo una recomendación del autor que en caso de no contar con un estudio de mercado profundo utilizar estos valores.





En ese sentido y para fines prácticos utilizaremos un valor de elasticidad igual a 0,5 recomendado en el manual para Transporte de viajeros por Ferrocarril (cuyo rango recomendado es entre 0.15 a 1.50) lo cual quiere decir por ejemplo que si disminuimos el tiempo de viaje en un 10% esto permitirá incrementar el tráfico (o desviar la demanda a otro sistema) en un orden del 5%

En base a ello el consultor ha estimado el tráfico generado considerando la reducción del tiempo de viaje

En el Capítulo 9.9 (Estudio de Velocidades) se ha establecido que en general la red de transporte público presenta una velocidad promedio de 14,8 Km /h. Sin embargo, este valor es adecuado para la zona urbana en el caso de la carretera a Suticollo y existiendo mayor capacidad de la vía recomendaremos utilizar una velocidad de 25 km/h.

En el Capítulo 9.8 se ha efectuado el cálculo de la oferta en el cual se han determinado los tiempos de viaje de un recorrido total de los trenes para diversos escenarios de análisis, considerando que la velocidad del sistema está en función de la longitud, número de paradas, número de trenes, en ese sentido para cada alternativa se generan diversas velocidades.

En ese sentido a continuación mostramos el análisis del ahorro de tiempos de viaje para las alternativas estudiadas

**Tabla 0-18 Cálculo del Ahorro de Tiempo de Viaje del Tren Metropolitano Cochabamba**

LINEA	LONGITUD	VELOCIDAD OPERACIÓN	VELOCIDAD ACTUAL	AHORRO %
		TREN URBANO	VEH. PUBLICOS	
	KM	KM/H	KM/H	%
LINEA ROJA	5.26	19	14.8	22.1%
LINEA AMARILLA	9.8	21	14.8	29.5%
LINEA VERDE	27.1	29	20.0	31.0%

Fuente: Elaboración Propia

Utilizando el factor de elasticidad 0.5 explicado anteriormente, a continuación calculamos el porcentaje de demanda que puede ser desviado del Sistema de Transporte Público al sistema del Tren Metropolitano Cochabamba por el ahorro del tiempo de viaje

**Tabla 0-19 Cálculo del Porcentaje de la Demanda Generada al TMC**

LINEA	LONGITUD	AHORRO TIEMPO DE VIAJE	FACTOR ELASTICIDAD	DEMANDA GENERADA
		%		%
LINEA ROJA	5.26	22.1%	0.5	11.0
LINEA AMARILLA	9.8	29.5%	0.5	14.8
LINEA VERDE	27.1	31.0%	0.5	15.5

Fuente: Elaboración Propia

#### 0.3.2.6.15 ESTIMACION DE LA DEMANDA DEL SISTEMA

La demanda total del sistema de transporte será igual a la demanda calculada en la zona de influencia del proyecto que es derivada al Tren según el factor de Generación de Usuarios calculado en base al ahorro del tiempo de viaje. Lo cual se muestra a continuación

**Tabla 0-20 DEMANDA DE PASAJEROS PROYECTADA**

Etapa	Año	Línea Roja	Línea Amarilla	Lina Verde	Línea Roja (Ushpa Ushpa)	Línea Verde (Vinto - Suticollo)
% GENERADO		11.00%	14.80%	15.50%	11.00%	15.50%
FACTIBILIDAD	2015	15,801	42,087	74,402	21,406	5,347
CONSTRUCCION	2016	16,319	43,467	76,843	22,108	5,522
CONSTRUCCION	2017	16,854	44,893	79,363	22,833	5,703
CONSTRUCCION	2018	17,407	46,365	81,966	23,582	5,890
OPERACIÓN-1	2019	17,891	47,654	84,245	24,238	6,054
OPERACIÓN-2	2020	18,389	48,979	86,587	24,912	6,222
OPERACIÓN-3	2021	18,900	50,341	88,994	25,604	6,395





Etapa	Año	Línea Roja	Línea Amarilla	Lina Verde	Línea Roja (Ushpa Ushpa)	Línea Verde (Vinto - Suticollo)
OPERACIÓN-4	2022	19,425	51,740	91,468	26,316	6,573
OPERACIÓN-5	2023	19,965	53,179	94,011	27,048	6,756
OPERACIÓN-6	2024	20,520	54,657	96,625	27,800	6,944
OPERACIÓN-7	2025	21,091	56,176	99,311	28,573	7,137
OPERACIÓN-8	2026	21,677	57,738	102,072	29,367	7,335
OPERACIÓN-9	2027	22,280	59,343	104,909	30,183	7,539
OPERACIÓN-10	2028	22,899	60,993	107,826	31,022	7,749
OPERACIÓN-11	2029	23,311	62,091	109,767	31,581	7,888
OPERACIÓN-12	2030	23,731	63,209	111,742	32,149	8,030
OPERACIÓN-13	2031	24,158	64,346	113,754	32,728	8,175
OPERACIÓN-14	2032	24,593	65,505	115,801	33,317	8,322
OPERACIÓN-15	2033	25,036	66,684	117,886	33,917	8,472
OPERACIÓN-16	2034	25,486	67,884	120,008	34,527	8,624
OPERACIÓN-17	2035	25,945	69,106	122,168	35,149	8,779
OPERACIÓN-18	2036	26,412	70,350	124,367	35,781	8,937
OPERACIÓN-19	2037	26,887	71,616	126,605	36,425	9,098
OPERACIÓN-20	2038	27,371	72,905	128,884	37,081	9,262
OPERACIÓN-21	2039	27,864	74,217	131,204	37,749	9,429
OPERACIÓN-22	2040	28,366	75,553	133,566	38,428	9,598
OPERACIÓN-23	2041	28,876	76,913	135,970	39,120	9,771
OPERACIÓN-24	2042	29,396	78,298	138,418	39,824	9,947
OPERACIÓN-25	2043	29,925	79,707	140,909	40,541	10,126
OPERACIÓN-26	2044	30,464	81,142	143,445	41,270	10,308
OPERACIÓN-27	2045	31,012	82,602	146,027	42,013	10,494
OPERACIÓN-28	2046	31,570	84,089	148,656	42,770	10,683
OPERACIÓN-29	2047	32,139	85,603	151,332	43,539	10,875
OPERACIÓN-30	2048	32,717	87,144	154,056	44,323	11,071

Fuente: Elaboración Propia

Según este análisis para el primer año de operación del Tren puede existir una demanda de 17,900 pasajeros para la línea Roja, 47,600 pasajeros para la línea Amarilla y 37,500 pasajeros para la línea verde que da un total de 103,000 pasajeros.

Sin embargo en el Análisis de la oferta efectuado en el capítulo 9.8 se han establecido diversos escenarios de análisis los cuales resumimos a continuación:

**Tabla 0-21 Análisis Demanda Versus Oferta Del TMC – Escenario Oferta 1**

LINEA	LONGITUD	DEMANDA 2019	OFERTA TMC	RELACION DEMANDA/OFERTA	PASAJEROS ADOPTADOS
	KM	PASAJEROS	PASAJEROS	%	PASAJEROS
LINEA ROJA	5.26	17,891	46,600	38.6	17,891
LINEA AMARILLA	9.8	47,654	26,800	177.8	26,800
LINEA VERDE	27.1	84,245	13,600	619.4	13,600
TOTAL	42.16	149,790	86,400	173.4	58,291

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 0-22 Análisis Demanda Versus Oferta Del TMC – Escenario Oferta 2**

LINEA	LONGITUD	DEMANDA 2019	OFERTA TMC	RELACION DEMANDA/OFERTA	PASAJEROS ADOPTADOS
	KM	PASAJEROS	PASAJEROS	%	PASAJEROS
LINEA ROJA	5.26	17,891	34,600	51.7	17,891
LINEA AMARILLA	9.8	47,654	26,800	177.8	26,800
LINEA VERDE CBBA -VINTO	18.2	78,191	20,800	375.9	20,800
LINEA VERDE VINTO - SUTICOLLO	8.9	6,054	10,200	59.3	6,054
TOTAL	42.16	149,790	92,400	162.1	71,545

Fuente: Elaboración Propia



Como se puede observar en el análisis de la Oferta Escenario 1 en el cual cada línea opera con 4 trenes, la oferta en la Línea Roja es superior a la demanda por tanto en esta línea el tren iniciará su operación con un factor de ocupación del 39.7%, no alcanzando durante el periodo de análisis la oferta mínima. Por otro lado se observa que la cantidad de pasajeros transportados para el primer año alcanza un valor de 58.000 pasajeros. Es importante observar que mientras más corta la línea permite efectuar más viajes lo cual aumenta la oferta de viajes, sin embargo en la línea verde al existir 4 trenes y una mayor longitud la oferta disminuye considerablemente.

En el análisis de la Oferta Escenario 2 se ha establecido que la línea roja trabaje con 3 trenes, aspecto que disminuye la oferta mínima sin embargo aún la demanda es inferior en un 51.7%. El 4to tren de la línea roja apoya la línea verde y opera en el sentido Vinto – Suticollo así como 4 trenes operan en el tramo Cochabamba - Vinto, con el fin de optimizar la utilización de los trenes en base a la demanda de viajes. En este análisis podemos observar que el sistema en el primer año alcanzará un tráfico de pasajeros de 71.500 lo cual es un incremento considerable del uso del sistema. En este escenario, el tramo de la Línea Verde Vinto – Suticollo, tampoco genera una demanda superior a la oferta por tanto opera al 59.3% de su capacidad llegando la demanda a superar a la oferta en el año 26 de operación.

Para fines de evaluación económica se utiliza este escenario ya que este permite optimizar el funcionamiento del sistema. Sin embargo, en la etapa de operación se deberá estudiar incrementar el equipo rodante para maximizar los beneficios del sistema, considerando que existe una demanda considerable.

A continuación se muestra la proyección del Tráfico estimado en la operación de los Trenes:

**Tabla 0-23 Proyección de Pasajeros Tren Metropolitano Cochabamba**

Etapa	Año	Línea Roja	Línea Amarilla	Lina Verde CBBA - Vinto	Línea Verde (Vinto - Suticollo)	Cantidad Total de Pasajeros
% GENERADO						
FACTIBILIDAD	2015	-	-	-	-	-
CONSTRUCCION	2016	-	-	-	-	-
CONSTRUCCION	2017	-	-	-	-	-
CONSTRUCCION	2018	-	-	-	-	-
OPERACIÓN-1	2019	17,891	26,800	20,800	6,054	71,545
OPERACIÓN-2	2020	18,389	26,800	20,800	6,222	72,211
OPERACIÓN-3	2021	18,900	26,800	20,800	6,395	72,895
OPERACIÓN-4	2022	19,425	26,800	20,800	6,573	73,598
OPERACIÓN-5	2023	19,965	26,800	20,800	6,756	74,321
OPERACIÓN-6	2024	20,520	26,800	20,800	6,944	75,064
OPERACIÓN-7	2025	21,091	26,800	20,800	7,137	75,827
OPERACIÓN-8	2026	21,677	26,800	20,800	7,335	76,612
OPERACIÓN-9	2027	22,280	26,800	20,800	7,539	77,419
OPERACIÓN-10	2028	22,899	26,800	20,800	7,749	78,248
OPERACIÓN-11	2029	23,311	26,800	20,800	7,888	78,799
OPERACIÓN-12	2030	23,731	26,800	20,800	8,030	79,361
OPERACIÓN-13	2031	24,158	26,800	20,800	8,175	79,933
OPERACIÓN-14	2032	24,593	26,800	20,800	8,322	80,515
OPERACIÓN-15	2033	25,036	26,800	20,800	8,472	81,107
OPERACIÓN-16	2034	25,486	26,800	20,800	8,624	81,710
OPERACIÓN-17	2035	25,945	26,800	20,800	8,779	82,324
OPERACIÓN-18	2036	26,412	26,800	20,800	8,937	82,949
OPERACIÓN-19	2037	26,887	26,800	20,800	9,098	83,585
OPERACIÓN-20	2038	27,371	26,800	20,800	9,262	84,233
OPERACIÓN-21	2039	27,864	26,800	20,800	9,429	84,893
OPERACIÓN-22	2040	28,366	26,800	20,800	9,598	85,564
OPERACIÓN-23	2041	28,876	26,800	20,800	9,771	86,247
OPERACIÓN-24	2042	29,396	26,800	20,800	9,947	86,943
OPERACIÓN-25	2043	29,925	26,800	20,800	10,126	87,651
OPERACIÓN-26	2044	30,464	26,800	20,800	10,200	88,264



Etapa	Año	Línea Roja	Línea Amarilla	Lina Verde CBBA - Vinto	Línea Verde (Vinto - Suticoollo)	Cantidad Total de Pasajeros
OPERACIÓN-27	2045	31,012	26,800	20,800	10,200	88,812
OPERACIÓN-28	2046	31,570	26,800	20,800	10,200	89,370
OPERACIÓN-29	2047	32,139	26,800	20,800	10,200	89,939
OPERACIÓN-30	2048	32,717	26,800	20,800	10,200	90,517

Fuente: Elaboración Propia

### 0.3.2.6.16 INCREMENTO DE LA DEMANDA EN LA LINEA ROJA

En el numeral 0.3.2.6.11 se ha mostrado un análisis de diversos casos de ampliación de la Línea Roja hasta la localidad de Ushpa Ushpa, tomando en cuenta que existe una demanda considerable de pasajeros en ese sector. Observando el resumen de la oferta mínima para diferentes condiciones de circulación de esta línea (que se muestra a continuación) se concluye que si se extiende el tren hasta la localidad de Ushpa Ushpa, con tres trenes la oferta será inferior a la demanda garantizando que el tren funcione al 100% de su capacidad prevista. lo cual optimiza de gran manera la operación del sistema.

*Tabla 0-24 Resumen de la Demanda Línea Roja Ampliación a Ushpa - Ushpa*

	TIEMPO TOTAL DE VIAJE	NUMERO DE TRENES	NUMERO TOTAL DE VIAJES	NUMERO DE PASAJEROS POR VIAJE	NUMERO DE PASAJEROS DIARIOS
	min	trenes	viajes/día	pas/viaje/tramo	pas/día
LINEA ROJA	27	4	140	200	28,000
LINEA ROJA	27	3	105	200	21,000
LINEA ROJA	25	2	76	200	15,200

Por tanto el sistema del Tren Metropolitano Cochabamba puede ser optimizado si se extiende el servicio hasta la población de Ushpa Ushpa.

### 0.3.2.7 CAPÍTULO 10 – ESTUDIO DE ALTERNATIVAS TÉCNICAS DEL PROYECTO

El objetivo principal de este capítulo es el de realizar una revisión y evaluación de las normas y consideraciones técnicas para el diseño de sistemas tranviarios urbanos y periurbanos, analizar alternativas de trazado de las vías de acuerdo a los requerimientos de la convocatoria y concluir con una recomendación de la alternativa más conveniente.

Las conclusiones de este capítulo son las siguientes:

- Se ha desarrollado una revisión de la información y normativa existente respecto al diseño de sistemas de trenes ligeros urbanos.
- Se ha realizado un análisis de alternativas de trazados para las tres líneas previstas en el proyecto, tomando aspectos principalmente referidos a maximizar la cobertura del servicio.
- Ha sido necesario considerar una revisión de la cantidad de estaciones (paradas) consideradas originalmente en la convocatoria, por el principio básico sobre el que se basa un sistema de transporte de pasajeros, por lo que son absolutamente necesarias las paradas.

Bajo este concepto, se analizaron ubicaciones de paradas en puntos estratégicos para captar pasajeros, como ser zonas industriales, turísticas y de recreación, zonas de asentamientos de población.

Se concluye del análisis que la línea amarilla debe contar con su vía propia y partir desde la Estación central.

- Respecto del tipo de vía, el análisis revela que existen ventajas de la vía en placa frente a las vías sobre balasto principalmente por la dificultad de la obtención del material de acuerdo a especificaciones y los costos de mantenimiento, como los aspectos más importantes. Resulta por tanto recomendable adoptar la vía en placa para todos los tramos del proyecto. La vía en placa será embebida sin accesorios de sujeción ni arrostramiento lateral que tiene que ver más con el proceso constructivo que con una necesidad.
- De entre la variedad de tipos de carriles que existen hay en el mercado, el que, a priori, mejor puede satisfacer las necesidades que se tiene para el proyecto a construir en sus tres tramos (línea Roja, Amarilla y Verde) es el carril 54E1.



- Respecto a las estructuras, se adoptan puentes de hormigón postensado sección cajón de altura constante para el cruce de la vía sobre el río Rocha y para los viaductos mayores a 30 mts de largo. La infraestructura de los puentes y viaductos tendrán fundación sobre pilotes.
- Para los cruces de la vía a desnivel por debajo de los puentes y viaductos urbanos se adopta el canal "U" de hormigón armado.

A continuación se describen los aspectos más relevantes del estudio de alternativas.

### 0.3.2.7.1 DEFINICION DE LA ALTERNATIVA DEL TRAZADO

En base al alcance aproximado establecido originalmente en la convocatoria, se establece la Alternativa 1 como una alternativa que considera el estudio de tres líneas: la línea Roja, la Línea Amarilla y la línea Verde, cuyas longitudes aproximadas se definen en la siguiente tabla:

**Tabla 0-25 Alcance de la Alternativa 1**

N°	DESIGNACIÓN	ALCANCE	DISTANCIA	# PARADAS/ ESTACIONES	Estación Municipal	Apeadero	Apeadero Cruce Trenes	Final Municipal
1	Línea Roja	Estación Central – Facultad de Agronomía	5.260 km	6		1	4	1
2	Línea Amarilla	Estación Central – El Castillo	9.809 km	14	2	8	5	1
3	Línea Verde	Estación Central – Suticollo (Sipe-Sipe)	27.100 km	22	3	15	3	1
	Estación Central			1				
		<b>TOTAL</b>	<b>42.169 km</b>	<b>43</b>				

La Línea Roja comprende la ruta entre la Estación Central "San Antonio" de Cochabamba hasta la altura de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Simón, con un recorrido de 5.26 km aproximadamente. Este tramo se desarrolla sobre la vía existente que vincula Cochabamba con Aiquile.

La Línea Amarilla parte de la Estación Central "San Antonio" de Cochabamba y recorre hasta la zona de El Castillo en el municipio de Sacaba, con una longitud de recorrido de 9.809 km aproximadamente. Este tramo aprovecha un pequeño tramo de derecho de vía del ramal ferroviario existente de aproximadamente 2.28 km de longitud, hasta la calle Uriona como referencia. A partir de este punto, se inicia un nuevo trazado en dirección norte bordeando el muro del canal del Río Rocha hasta llegar a la zona de El Castillo. El ramal de vía ferroviaria existente corresponde al ramal Cochabamba-Oruro.

La Línea Verde se inicia en la Estación Central "San Antonio" de Cochabamba y se desarrolla a lo largo del trazo de la vía existente hasta la localidad de Suticollo, municipio de Sipe-Sipe, con un recorrido aproximado de 27.10 km. De igual manera, esta vía ferroviaria existente es la que conecta la ciudad de Cochabamba con Oruro.

Las líneas Verde y Amarilla comparten el derecho de vía en el tramo entre progresivas 0+000 y 2+200, pero circulan por vías independientes, una vía para cada línea.

### 0.3.2.7.2 DEFINICIÓN DE PARADAS

Acorde con el trazado definido, se establecen las paradas para cada una de las líneas que forman parte del sistema en estudio.

**Tabla 0-26 Alternativa 1 - Detalle Paradas Línea Roja**

N°	CODIGO	DESIGNACIÓN	PROGRESIVA	UBICACIÓN REFERENCIAL
		ESTACION CENTRAL SAN ANTONIO	0+000	
1	ER1	Parada 6 DE AGOSTO	0+800	Av. 6 d Agosto, cerca de la parada de Buses de Mizque, Aiquile, y parada de servicio de taxis al Valle Alto
2	ER2	Parada EL ARCO Km 0	1+750	
3	ER3	Parada Av. SANTA BÁRBARA	2+600	A 380 mts Mercado Distrito Lacma
4	ER4	Parada VIDRIOLUX	3+500	Fábrica de Vidrio y Envases de Vidrio
5	ER5	Parada POLITÉCNICO	4+650	Ingreso a Base de la Policía Militar, Laboratorio de la UMSS
6	ER6	Parada UMSS-Facultad de Agronomía	5+260	Fin LINEA ROJA, Valle Hermoso



**Tabla o-27 Alternativa 1 - Detalle Paradas Línea Amarilla**

N°	CODIGO	DESIGNACIÓN	PROGRESIVA	UBICACIÓN REFERENCIAL
		ESTACION CENTRAL SAN ANTONIO	0+000	
		Parada CEMENTERIO	0+800	Ingreso principal al cementerio, conecta con la final Calle Estaban Arce inicio de zona comercial. Parada de la Línea Verde que se la aprovecha para hacer una parada de la Línea Amarilla.
		Parada Av. AROMA	1+650	Av. Aroma, conecta con el Cementerio General, Jaihuayco (Base Aérea), la Coronilla y la Cárcel de San Sebastián, Terminal de Buses. Parada de la Línea Verde que se la aprovecha para hacer una parada de la Línea Amarilla.
1	EA1	Parada AEROPUERTO	2+250	Av. Sajama esquina c.Mama Ocllo
2	EA2	Parada Villa CORONILLA	2+800	
3	EA3	Parada HUAYNA KAPAC	3+300	Conecta con el Vivero Municipal. Obras Públicas de la HAM Cbba, Centro Cultural MARTADERO, zona de curtiembres,
4	EA4	Parada ELFEC	3+800	Final Av. Heroínas, conecta con el Club de Tenis Municipal, ELFEC, zona ferial de Alasitas, complejo deportivo piscina y coliseos
5	EA5	Parada PLAZA COBIJA	4+250	
6	EA6	Parada PARQUE DE LA FAMILIA	4+600	Parque de las aguas danzantes (Parque de la Familia) y coliseos deportivos. Ubicada a 1000 mts de la Plaza Colón y el Paseo del Prado.
7	EA7	Parada ESTADIUM FÉLIX CAPRILES	5+250	Final del Paseo del Prado, Av. Libertador que conecta con Cala-Cala
8	EA8	Parada RECOLETA	6+350	Cine CENTER, zona Recoleta, zona de La Quintanilla, Escuela Militar de Ingeniería, FANEXA
9	EA9	Parada ESCUELA MILITAR DE INGENIERIA	6+800	ENAUTO-COFADENA
10	EA10	Parada MUYURINA	7+300	Conecta con TUPURAYA, Jardín Botánico
11	EA11	Parada USIP	8+000	Universidad Simón I. Patiño USIP
12	EA12	Parada SEDCAM-ABC	8+800	Cruce ingreso a Pacata
13	EA13	Parada ZONA PARAISO	9+400	Complejo industrial Inproco, urb. Paraíso
14	EA14	Parada ELCASTILLO	9+800	Fin de la Línea Amarilla

**Tabla o-28 Alternativa 1 - Paradas de la Línea Verde**

N°	CODIGO	DESIGNACIÓN	PROGRESIVA	UBICACIÓN REFERENCIAL
		ESTACION CENTRAL SAN ANTONIO	0+000	
1	EV1	Parada CEMENTERIO	0+800	Ingreso principal al cementerio, conecta con la final Calle Estaban Arce inicio de zona comercial.
2	EV2	Parada AROMA	1+650	Av. Aroma, conecta con el Cementerio General, Jaihuayco (Base Aérea), la Coronilla y la Cárcel de San Sebastián, Terminal de Buses
3	EV3	Parada AEROPUERTO	2+250	Av. Sajama esquina c.Mama Ocllo
4	EV4	Parada PARQUE MCAL. SANTA CRUZ VELÓDROMO	3+300	Av. Cornelio Saavedra esquina c. Cañada Cochabamba
5	EV5	Parada Av. CIRCUNVALACIÓN BEIJIN HIPÓDROMO	4+300	Cañada Cochabamba esquina Av. Circunvalación Beijin
6	EV6	Parada HOSPITAL ELIZABETH SETON HOSPITAL CNSS COMPLEJO INDUSTRIAL IMBA	6+200	A 800 mts del Complejo Hospitalario A 700 mts del Complejo Industrial IMBA
7	EV7	Parada ADUANA NACIONAL	8+300	A 400 mts del Complejo de Almacenes Aduaneros
8	EV8	Parada COLCAPIRHUA	9+500	A 1250 mts del Mercado Colcapirhua A 1150 mts de la Av. Reducto que conecta a Tiquipaya
9	EV9	Parada PIÑAMI	11+300	A 1000 mts del Cruce PIÑAMI A 1230 mts de la Embotelladora Coca-Cola A 2200 mts de La Casa Campestre, centro turístico y de



N°	CODIGO	DESIGNACIÓN	PROGRESIVA	UBICACIÓN REFERENCIAL
				convenciones
10	EV10	Parada TERMINAL DE BUSES QUILLACOLLO	13+600	A 810 mts de la Terminal de Buses de Quillacollo A 1040 mts del Estadium de Quillacollo
11	EV11	Parada QUILLACOLLO	14+400	A 520 mts de la Iglesia San Idelfonso de Quillacollo
12	EV12	Parada FÁBRICA MANACO	15+500	A 780 mts del Complejo Fabril MANACO, a 500 mts del Cementerio de Quillacollo
13	EV13	Parada CEMENTERIO DE VINTO	16+800	A 700 mts del cementerio
14	EV14	Parada VINTO	18+200	A 400 mts de la Plaza principal de Vinto A 1300 mts de la Universidad Adventista de Bolivia
15	EV15	Parada ALTO MIRADOR	19+300	
16	EV16	Parada CENTRO DE SALUD VINTO CHICO	20+400	
17	EV17	Parada SIPE SIPE 1	22+400	
18	EV18	Parada COTAPACHI	23+520	
19	EV19	Parada SIPE SIPE 2	24+540	
20	EV20	Parada CAMPOS DE AMIRAYA	25+180	
21	EV21	Parada SIPE SIPE 3	26+400	
22	EV22	Parada SUTICOLLO	27+100	Fin LINEA VERDE

### 0.3.2.7.3 ALTERNATIVAS DE LA INFRAESTRUCTURA FÉRREA

#### a) ALTERNATIVA VIA SOBRE BALASTO

Esta alternativa de vía se compone de una capa de balasto colocada sobre el terreno de fundación, durmientes que pueden ser de madera, hormigón pre o postensado y/o metálicos, sobre los que se instalan los carriles con una serie de elementos de fijación.

Las funciones del balasto son las siguientes:

- Repartir uniformemente sobre la plataforma las cargas que recibe el durmiente, de forma tal que su tensión admisible no sea superada.
- Estabilizar vertical, longitudinal y lateralmente la vía.
- Amortiguar, mediante su estructura pseudo-elástica, las acciones de los vehículos sobre la vía.
- Proporcionar una rodadura suave a los vehículos y un notable confort a los viajeros.
- Proteger la plataforma de las variaciones de humedad debidas al medio ambiente.
- Permitir la recuperación de la calidad geométrica de la vía mediante operaciones de alineación y nivelación.

Entre las desventajas de esta alternativa se identifican las siguientes:

- Disponibilidad de infraestructura reducida por el tiempo de mantenimiento.
- Los costes de mantenimiento son más altos.
- Problemas de desgaste del balasto

El mayor inconveniente durante la construcción es la producción del material triturado que cumpla los requerimientos de especificaciones técnicas del balasto, el transporte ya que por lo general las canteras se ubican a grandes distancias de la zona del proyecto, y la colocación del balasto en posición de acuerdo a los trazados en planta y perfil.

#### b) ALTERNATIVA VIA EN PLACA

El "tren metropolitano" es un sistema ferroviario que circula en gran parte de su recorrido por una plataforma parcial o totalmente segregada del tráfico rodado y tiene prioridad semafórica sobre este último. A diferencia de lo que sería un "tranvía" que circula por la superficie en áreas urbanas, en las propias calles, sin separación del resto de la vía o sector reservado.

El sistema de tren metropolitano es más económico de construir que el de trenes pesados convencionales, dado que la infraestructura es relativamente menos exigente y las unidades son más baratas. Permite recorrer curvas cerradas y rampas más pronunciadas, lo que además reduce el presupuesto de construcción. Comparado con los sistemas de transporte por carretera, el sistema de tren metropolitano tiene una capacidad de transporte más alta, contamina menos, es más silencioso y cómodo y en por lo general más rápido. Comparados con el tren



convencional ahorra energía. Generalmente son más silenciosos, y la mitigación del ruido es más fácil de diseñar. Por último armonizan con el entorno urbano, mejorando el entorno del lugar por donde pasa.

En general, existen cuatro tipos de vías:

- Vías con carriles sobre losa de hormigón, en las que el carril se encuentra embebido en el hormigón. Los carriles se instalan con riostras transversales para asegurar el paralelismo y se apoyan sobre elementos elastoméricos preformados para aislamiento acústico y eléctrico. Una variación de este tipo es que no es necesario el uso de las riostras transversales ni los elementos de sujeción de los carriles a la losa base.
- Vías sobre losa de hormigón con canales preformados para instalación de los rieles. Los rieles se aseguran y se mantienen suspendido y los espacios a los costados y por debajo de la riel se rellenan con un elastómero líquido (resina) que proporciona el aislamiento eléctrico y acústico que se requiere. La losa sostiene la riel la misma que no es asegurada con tirafondos, por lo que este tipo se denomina generalmente "riel flotante" al estar sujeta únicamente por el elastómero una vez endurecido.
- Vías sobre losa de hormigón con canales preformados tal como en el caso anterior, excepto que los carriles son montados y asegurados con grapas especiales, y en los espacios entre el carril y el cajón preformado se instala un material de relleno preformado.
- Vías sobre balasto convencional.

### c) VENTAJAS DE LA VÍA EN PLACA RESPECTO A SISTEMAS SOBRE BALASTO

Los sistemas de vía en placa tienen múltiples ventajas respecto de las vías sobre balasto. Adicionalmente, el concepto básico de las vías en placa embebidas añade por sí mismo ventajas adicionales.

Las ventajas se resumen en los siguientes aspectos:

#### ▪ BAJO COSTO DE MANTENIMIENTO

Según investigaciones realizadas en vías instaladas, se ha podido evidenciar que carriles embebidos construidos a partir del año 1973 los mismos han requerido un mantenimiento mínimo o ninguno. La experiencia de una vía de prueba instalada en Deume, Holanda, en el año 1973 ha demostrado que la misma no ha precisado de ninguna intervención hasta la fecha. Según las evidencias, hasta el año 1996 habrían circulado sobre la vía doscientos sesenta (260) millones de toneladas a una velocidad de 140 km/h con cargas por eje de hasta 22.5 toneladas. Inclusive, la vía fue probada con velocidades de hasta 190 km/h con buenos resultados.

La ausencia de fijaciones mecánicas elimina totalmente la necesidad de realizar cualquier tipo de mantenimiento.

Mayor duración del carril, ya que, por una parte, debido a que el carril está continuamente soportado, se eliminan las tensiones y esfuerzos de fatiga que aparecen sobre el carril como consecuencia de los vanos entre los soportes discontinuos tradicionales.

Por otra parte, la adherencia uniforme y continua del soporte al carril reparte las tensiones y esfuerzos que pueden aparecer de una manera mucho más uniforme a lo largo del carril.

Las dos características anteriores han prolongado sustancialmente la vida del carril en instalaciones ya existentes. El sistema de soporte es capaz de absorber las tensiones de impacto instantáneo repartiéndolas sobre una porción de carril mucho más amplia que cualquier otro sistema de fijación

#### ▪ ALTA RESISTENCIA ELÉCTRICA

El sistema de carril embebido es muy adecuado para cualquier sección de vía que transmita señales eléctricas por el carril debido al uso del soporte elástico cuya resistencia eléctrica es mayor que 1x10 Ohms, tanto disruptiva como de superficie. Este parámetro es referencial y depende del fabricante y de las características del soporte

#### ▪ CAPACIDAD DE ABSORBER VIBRACIONES Y DISMINUIR LA EMISIÓN DE RUIDO

El sistema de carril embebido junto con el empleo de un soporte elástico tienen en conjunto excelentes propiedades de amortiguación de ruido y vibraciones, hasta el punto que se ha diseñado con carril embebido y está ya adoptado en Holanda como standard un puente metálico llamado "Puente Silencioso".

La vibración del alma es la principal fuente de emisión de ruidos en un sistema de ferrovías. En un sistema de carril embebido el alma queda de alguna manera embebida o cubierta por el soporte elástico (i.e.;





Corkelast, neopreno preformado, etc.) que amortigua y elimina la vibración y, por tanto, se inhibe la emisión de ruido.

El riel embebido en un soporte elástico tiene excelentes propiedades de absorción de vibraciones y así lo muestran todas las medidas efectuadas hasta el presente. Se ha realizado mediciones con resultados satisfactorios en sistema que tienen más de 16 años de instalados.

- **SISTEMA TOTALMENTE ESTANCO**

El sistema es totalmente estanco (hermético) debido a que el soporte elástico no solo queda adherido al riel sino también a las paredes de la canaleta de hormigón o metálica, por lo que es imposible el ingreso o la penetración de agua, aceites y cualquier otra sustancia química que puede resultar perjudicial para el sistema.

En general, el sistema de carril embebido se instala con éxito también en talleres de mantenimiento y lavado de trenes ferroviarios en las estaciones.

- **EL SISTEMA PERMITE LA CIRCULACIÓN DE VEHÍCULOS NO FERROVIARIOS SOBRE LA PLACA**

La superficie superior de la placa es independiente del sistema de fijación y puede hacerse incluso enrasar con el nivel de la cabeza de carril. Esta característica única permite la circulación de vehículos sobre neumáticos para mantenimiento, en emergencias (ambulancias, bomberos) a lo largo de toda la vía de Carril Embebido.

Asimismo, esta característica simplifica y acelera significativamente la evacuación a pie de los pasajeros de unidades que, por cualquier causa, queden detenidas en la vía.

### **0.3.2.8 CAPÍTULO 11 – PREDISEÑO DE ALTERNATIVAS**

Debido a que en Bolivia no se tiene una norma de diseño para trenes, para los pre-diseños y para los diseños finales se adoptan las siguientes normas:

- UNE ENV 13803 -1 "Parámetros de proyecto del trazado de la vía. Ancho de vía de 1435 mm y mayores. Parte 1: Plena vía".
- Metro Light Rail Transit Projects – "Design Criteria Manual"

En el capítulo 11 se abunda en los detalles técnicos de los pre-diseños, mismos que no vale la pena reproducir en este resumen ejecutivo. Las conclusiones de éste apartado serán resumidas más adelante, cuando se presenten las conclusiones de todo el estudio, para no ser repetitivos.

### **0.3.2.9 CAPÍTULOS 12, 13 Y 14 – ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS, GEOLÓGICOS Y GEOTÉCNICOS DE ALTERNATIVAS**

En estos capítulos se detallan los trabajos de campo y de gabinete referidos a los denominados estudios básicos de ingeniería, que en este caso son los topográficos, geológicos y geotécnicos. Se debe aclarar que, como su nombre lo indica, estos estudios se han realizado a un nivel de profundidad suficiente para un nivel de factibilidad (pre-diseños) para las alternativas consideradas en el Capítulo 11.

### **0.3.2.10 CAPÍTULO 15 – ESTUDIOS MEDIOAMBIENTALES DE ALTERNATIVAS**

Sobre la base de un análisis respecto a la normativa ambiental vigente a la fecha, y a efectos de considerar los estudios medioambientales correctamente, se ha encarado el diagnóstico tomando sus distintos componentes a través de diferentes momentos del proyecto. En resumen se tiene:

Consideraciones para el Diagnóstico Ambiental:

- Medio Abiótico o físico
- Medio Biótico
- Medio Socioeconómico

Identificación de los impactos Ambientales que se generarán en las distintas fases que compondrán el proyecto:

- Ejecución
- Operación
- Mantenimiento
- Futuro Inducido





### **0.3.2.11 CAPÍTULOS 16, 17 Y 18 – ESTUDIOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN, ESTUDIOS GEOTÉCNICOS PARA ESTRUCTURAS, ESTUDIOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS**

Estos tres capítulos también pertenecen a los denominados estudios básicos de ingeniería.

#### **0.3.2.11.1 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**

En este capítulo se detallan las características de los materiales presentes en la zona del proyecto, tanto desde el punto de vista de la calidad requerida, cantidad y distancia hacia el sitio de la obra, con el propósito de analizar su posible uso en la obra. Las conclusiones de este capítulo son que los materiales encontrados son adecuados para su incorporación en las mezclas para la fabricación de hormigón, y por lo tanto no constituye en una restricción para el proyecto. Adicionalmente a los bancos naturales de agregados se han encontrado en la zona diferentes empresas que producen tanto materiales como hormigón preparado, las cuales se constituyen también alternativas factibles para el Tren Metropolitano.

Así mismo, se describen algunos de los materiales que serán importados y otros de compra local para la utilización en la obra.

#### **0.3.2.11.2 ESTUDIOS GEOTÉCNICOS PARA PUENTES, ALCANTARILLAS Y VIADUCTOS**

En cuanto a los estudios geotécnicos para estructuras, se han realizado a nivel general, puesto que como es sabido, se deben hacer estudios específicos que incluyen sondeos mecánicos (perforaciones) en etapa de diseño definitivo, una vez que se conozca con certeza la ubicación final de los elementos estructurales. En todo caso dentro de esta etapa de fase preliminar, se ha podido observar que los suelos de fundación son de capacidad regular, no encontrándose roca sobre la cual hacer fundaciones directas, por lo que, en función del diseño final de las mismas es de prever que puedan ser necesarios la construcción de pilotes para las estructuras principales. No se ha encontrado evidencia de sectores críticos en la zona del proyecto.

#### **0.3.2.11.3 ESTUDIOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS**

Para el estudio hidrológico e hidráulico, la información recopilada fue:

- Información cartográfica, imágenes satelitales a partir de las cuales se ha obtenido el Modelo Digital de Elevaciones.
- Mapas Temáticos, con información sobre tipos de suelo y uso actual de los mismos, así como cobertura vegetal.
- Información hidrometeorológica, consistente en datos pluviométricos existentes en la zona. En el área de influencia se encuentran las estaciones de: Parotani, Vinto, AASANA, La violeta, etc.
- Inventario vial realizado a las estructuras existentes.

No fueron utilizados estudios realizados con anterioridad, debido a que la zona presenta una constante transformación por la intervención del hombre, mediante la construcción de estructuras hidráulicas, edificaciones, extensión de sembradíos, explotación de áridos en los ríos, etc., que han generado que los cursos cambien y se creen flujos de agua de diferente índole.

Los factores como la disponibilidad de series anuales de información y la consistencia de los datos han servido para identificar las estaciones a ser empleadas en el diseño.

La información pluviométrica se constituye en el dato de entrada fundamental para determinar los caudales de diseño a través de los diferentes modelos de transformación de lluvia en Caudal.

De acuerdo a las normas para diseño de drenaje, es conveniente contar con series de mediciones anuales correspondiente a 25 años como mínimo, para que estos datos sean considerados como una serie muestral aceptable y representativa, desde el punto de vista estadístico.

Estudios previos en la zona de influencia, los cuales sirvieron como referencia en el presente estudio.

Una información de campo fundamental empleada, se refiere básicamente a parámetros obtenidos en el lugar del proyecto, consistentes en la ubicación de obras menores y mayores (georeferenciación a través de GPS), mediante la realización de un inventario vial, que indica características de las estructuras emplazadas en estos cursos o ríos, que ayudaran en forma directa a moderar el diseño.



En razón que la Línea Amarilla transcurre e interactúa en cierta medida con el río Rocha, se ha tomado un particular cuidado en estudiar este sector. Para tal efecto, se han efectuado modelaciones computacionales para determinar el actual régimen hidráulico del río, producto de lo cual se han encontrado algunos sectores que podrían requerir una solución de ingeniería dentro del diseño final. Para poder lograr esto se ha hecho un levantamiento topográfico de todo el río, puesto que el río tiene mucha sedimentación y ha perdido su sección hidráulica original. A continuación se presenta un ejemplo de las secciones encontradas y la modelación realizada:

Figura 0-11 Sección Transversal Río Rocha Progresiva 5300

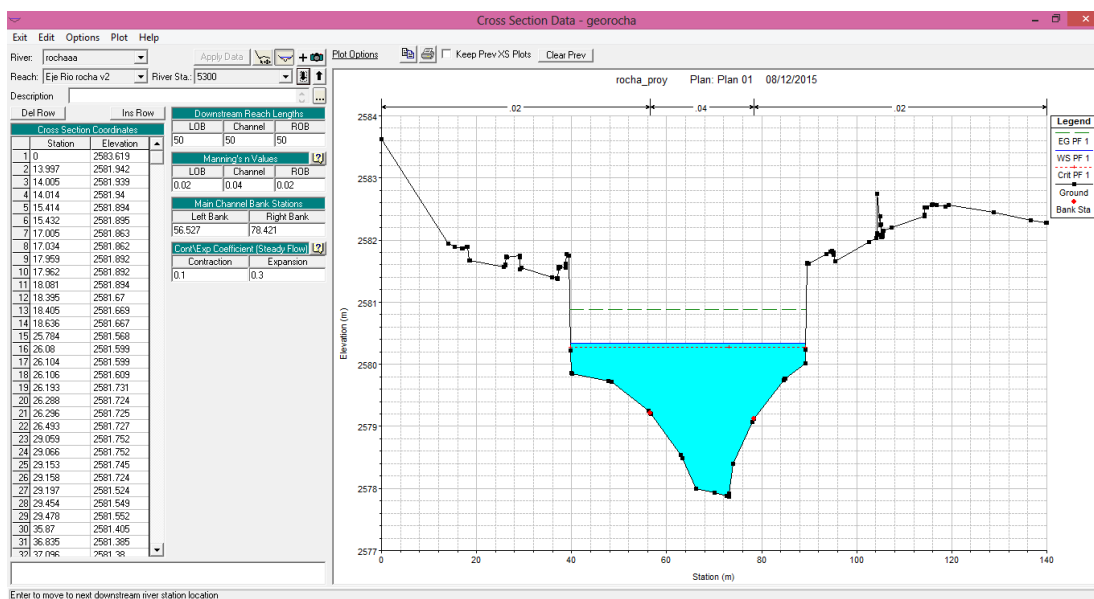
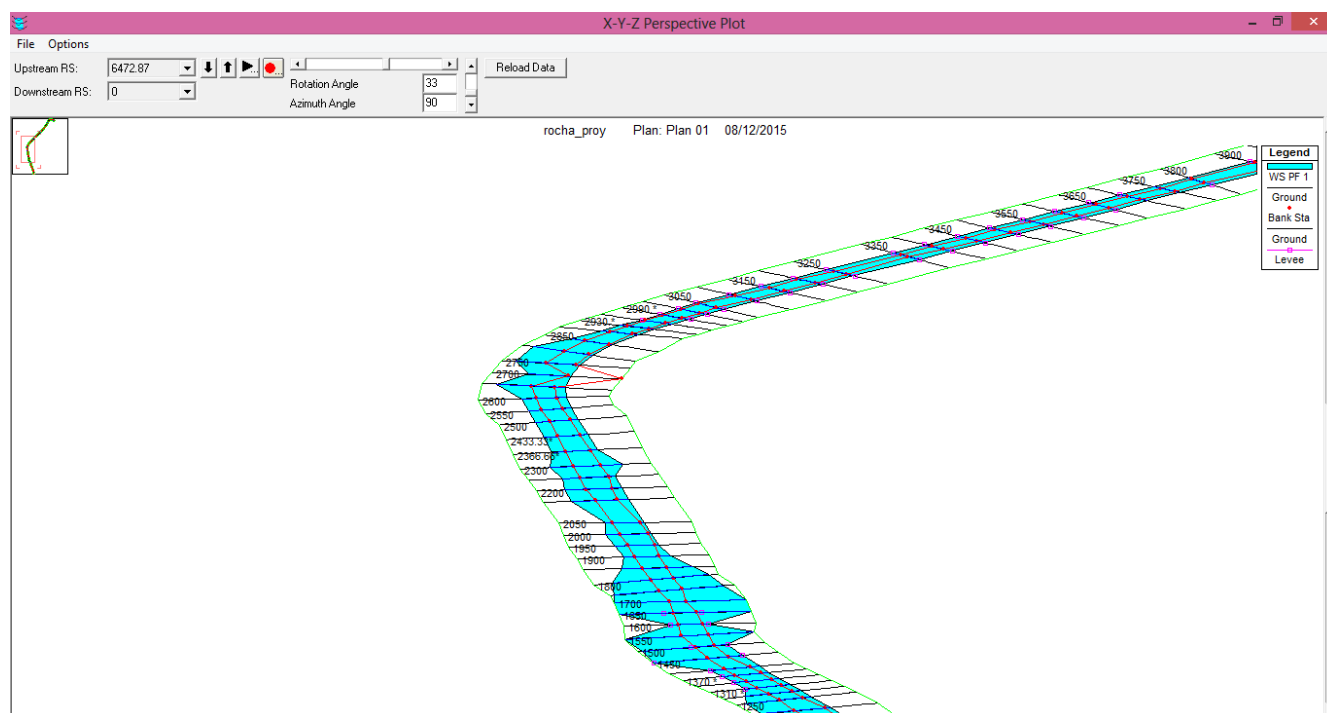


Figura 0-12 Comportamiento Flujo Tercio Central del Tramo





Las principales cuencas de aporte al área de estudio pertenecen a la cordillera del Tunari. Según el mapa fisiográfico de Bolivia, esta región corresponde a la zona volcánica caracterizada por estar fuertemente plegada y fracturada.

El área de estudio se caracteriza por tener clima templado, precipitaciones moderadas y alta evapotranspiración, por lo que (principalmente el valle central), es susceptible a problemas de escasez de agua.

Las cuencas de aporte, debido a sus diferentes características generan grandes escorrentías de agua que al llegar al pie de monte se infiltran en gran porcentaje.

Se identificaron varias estaciones meteorológicas cercanas al área de influencia del proyecto; razón por la cual, en la fase de diseño final, se realizará el procedimiento de obtención de la precipitación media real que represente de mejor manera la distribución de la misma en el área de estudio.

Para esta fase de proyecto, se ha realizado el análisis hidrológico utilizando solamente las estaciones que poseen una serie histórica de medición completa.

Los valores de Números de Curva fueron obtenidos sobreponiendo mapas temáticos con la ayuda del ArcGis.

El análisis de caudales de avenida ha sido realizado para períodos de Retorno de 50 y 100 años para las líneas Roja y Verde; y periodos Retorno de 200 y 300 años para la línea Amarilla, cumpliendo lo establecido en la Norma de carreteras de la ABC y la norma AREMA.

Se ha realizado un diseño hidrológico - hidráulico específico para el sector correspondiente a la Línea Amarilla, siendo que este tramo es uno de los más vulnerables por encontrarse paralelo al cauce del Río Rocha. Obteniendo los siguientes resultados.

- Estación estadísticamente más representativa.- SARCO: 99.55% ecuación Gumbel.
- Mayor caudal de acuerdo a estación.-  
SARCO: Tiempo retorno 200 años = 199.1 m<sup>3</sup>/s.  
SARCO: Tiempo retorno 300 años = 225.3 m<sup>3</sup>/s.
- Comportamiento hidráulico sección crítica, período de retorno 200 años  
Área Hidráulica: 103.28 m<sup>2</sup>.  
Tirante de agua: 2.83 m.  
Bordo Libre: -41.96 cm.
- Comportamiento hidráulico sección crítica, período de retorno 300 años  
Área Hidráulica: 126.58 m<sup>2</sup>.  
Tirante de agua: 2.99 m.  
Bordo Libre: -58.71 cm.
- Comportamiento hidráulico sección crítica, período de retorno 300 años y muro.  
Área Hidráulica: 131.24 m<sup>2</sup>.  
Tirante de agua: 3.12 m.  
Bordo Libre: -63.1 cm.

Sobre la base de este estudio se ha previsto que en etapa de diseño final será necesario construir obras de regulación hidráulica como disipadores y otros, con la finalidad de mantener la estabilidad hidráulica del cauce, evitar incremento de velocidades, mantener la pendiente del cauce, etc.

Por otro lado es de prever que se tendrá que hacer un trabajo de coordinación con otras entidades de la administración pública local y nacional con objeto de encontrar una solución a la alta sedimentación del río Rocha, comenzando por su dragado.

### **0.3.2.12 CAPÍTULOS 19, 20, Y 21 – ESTUDIOS DE AFECTACIONES DE DERECHO DE VÍA, VEGETACIÓN Y EXPROPIACIONES DE PASO**

En los capítulos señalados se ha efectuado un estudio para determinar las posibles afectaciones hacia el proyecto respecto de asentamientos, estructuras, postes, viviendas u otros, así como de vegetación sobre los cuales deben proponerse soluciones con objeto de viabilizar el proyecto a la par de dar soluciones integrales sobre la población y medio ambiente afectados.



Como la línea verde y roja están planteadas sobre una parte de la red de ferrocarriles existentes, las afectaciones no tienen una densidad muy grande, aunque por extensión sí suman. En cambio, en la línea amarilla se han determinado más afectaciones que incluso pueden incrementarse en función de la ubicación de trazos definitivos del proyecto.

Para la realización de dicho trabajo se utilizaron los siguientes elementos:

- Una planilla descriptiva de todos los elementos que han invadido el derecho de vía.
- Un GPS que nos ayudó en la localización con coordenadas de todos los elementos identificados.
- Una cámara que nos permitió retratar los elementos que invaden el derecho de vía.

En la siguiente fotografía se puede observar un miembro del equipo realizando esta labor.



El trabajo culmina con la elaboración de planillas de Control de Afectaciones, Vegetación y Cruces, del que la siguiente tabla es un ejemplo.

IDENTIFICACIÓN DE AFECTACIONES DENTRO EL ANCHO DE LDDV				
N°	COORDENADAS	LADO	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
1	17°26'47"S	DERECHO	2 Bloques de hormigón a 3.80 m	
	66° 8'11"O			
	<b>PROGRESIVA</b>		<b>DIMENSIONES (m)</b>	
	5+240		<b>ALTO</b>	
		<b>LARGO</b>	0.5	
		<b>ANCHO</b>	0.5	
N°	COORDENADAS	LADO	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
2	17°26'42"S	IZQUIERDO	Cámara de agua a 2m de la riel	
	66° 8'21"O			
	<b>PROGRESIVA</b>		<b>DIMENSIONES (m)</b>	
	4+900		<b>ALTO</b>	
		<b>LARGO</b>	4.10	
		<b>ANCHO</b>	3.6	
N°	COORDENADAS	LADO	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
3	17°26'40"S	IZQUIERDO	Parada de autobús a 3.90 m de la riel	
	66° 8'23"O			
	<b>PROGRESIVA</b>		<b>DIMENSIONES (m)</b>	

IDENTIFICACIÓN DE AFECTACIONES DENTRO EL ANCHO DE LDDV					
	4+820		ALTO	-	
			LARGO	4.15	
			ANCHO	-	
<b>N°</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>LADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>FOTOGRAFÍA</b>
4	17°26'33"S	IZQUIERDO	Puesto de comida con una plataforma pequeña y una capa de hormigón pobre a 2.50 m de la riel		
	66° 8'32"O				
	<b>PROGRESIVA</b>		<b>DIMENSIONES (m)</b>		
	4+475		ALTO	0.9	
			LARGO	12	
			ANCHO	4.8	
<b>N°</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>LADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>FOTOGRAFÍA</b>
5	17°26'33"S	IZQUIERDO	Plataforma de Puesto de comida formado de piedras y una capa de hormigón a 2.95 m de la riel		
	66° 8'32"O				
	<b>PROGRESIVA</b>		<b>DIMENSIONES (m)</b>		
	4+475		ALTO	0.9	
			LARGO	4.90	
			ANCHO	4.30	
<b>N°</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>LADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>FOTOGRAFÍA</b>
6	17°26'33"S	DERECHO	Cámara de agua a 1m de la riel		
	66° 8'33"O				
	<b>PROGRESIVA</b>		<b>DIMENSIONES (m)</b>		
	4+450		ALTO	2.5	
			LARGO	3.3	
			ANCHO	2.8	
<b>N°</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>LADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>FOTOGRAFÍA</b>
7	17°26'33"S	DERECHO	Borde del asfalto a 3.30 de la riel		
	66° 8'33"O				
	<b>PROGRESIVA</b>		<b>DIMENSIONES (m)</b>		
	4+450		ALTO	-	
			LARGO	-	
			ANCHO	-	
<b>N°</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>LADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>FOTOGRAFÍA</b>
8	17°26'30"S	DERECHO	Cámara a 4.70 m de la riel		
	66° 8'35"O				
	<b>PROGRESIVA</b>		<b>DIMENSIONES (m)</b>		
	4+350		ALTO	1	
			LARGO	2.1	
			ANCHO	-	
<b>N°</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>LADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>FOTOGRAFÍA</b>
9	17°26'29"S	IZQUIERDO	Red de gas a 2.20 m		
	66° 8'36"O				



IDENTIFICACIÓN DE AFECTACIONES DENTRO EL ANCHO DE LDDV					
	<b>PROGRESIVA</b>		<b>DIMENSIONES (m)</b>		
	4+300		<b>ALTO</b>	-	
			<b>LARGO</b>	-	
			<b>ANCHO</b>	-	
<b>N°</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>LADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>FOTOGRAFÍA</b>
10	17°26'28"S	IZQUIERDO	2 Postes de energía eléctrica de media tensión a 4.40 m de la riel		
	66° 8'37"O				
	<b>PROGRESIVA</b>		<b>DIMENSIONES (m)</b>		
	4+300		<b>ALTO</b>	-	
		<b>LARGO</b>	-		
		<b>ANCHO</b>	-		
<b>N°</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>LADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>FOTOGRAFÍA</b>
11	17°26'27"S	IZQUIERDO	Muro de contención de hormigón a 2.40 m		
	66° 8'38"O				
	<b>PROGRESIVA</b>		<b>DIMENSIONES (m)</b>		
	4+250		<b>ALTO</b>	185	
		<b>LARGO</b>	1.9, 2.50, 3, 3.5		
		<b>ANCHO</b>	0.6		
<b>N°</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>LADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>FOTOGRAFÍA</b>
12	17°26'25"S	DERECHO	Escaleras de paso peatonal a 3.30 m		
	66° 8'39"O				
	<b>PROGRESIVA</b>		<b>DIMENSIONES (m)</b>		
	4+250		<b>ALTO</b>	-	
		<b>LARGO</b>	3.7		
		<b>ANCHO</b>	3.3		
<b>N°</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>LADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>FOTOGRAFÍA</b>
13	17°26'11"S	DERECHO	Puesto de venta con soladura de piedra con cubierta de calamina a 2.50m de la riel.		
	66° 8'49"O				
	<b>PROGRESIVA</b>		<b>DIMENSIONES (m)</b>		
	4+150		<b>ALTO</b>	-	
		<b>LARGO</b>	-		
		<b>ANCHO</b>	-		
<b>N°</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>LADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>FOTOGRAFÍA</b>
14	17°26'6"S	IZQUIERDO	Muro de hormigón del Ingenio azucarero Guabirá a 4.50 m		
	66° 8'52"O				
	<b>PROGRESIVA</b>		<b>DIMENSIONES (m)</b>		
	3+450		<b>ALTO</b>	2.55	
		<b>LARGO</b>	43		
		<b>ANCHO</b>	0.3		
<b>N°</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>LADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>FOTOGRAFÍA</b>



IDENTIFICACIÓN DE AFECTACIONES DENTRO EL ANCHO DE LDDV					
15	17°26'3"S	DERECHO	Muro de hormigón a 4.20		
	66° 8'55"O				
	<b>PROGRESIVA</b>		<b>DIMENSIONES (m)</b>		
	3+325		<b>ALTO</b>	110	
		<b>LARGO</b>	0.4		
		<b>ANCHO</b>	0.3		
<b>N°</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>LADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>FOTOGRAFÍA</b>
16	17°26'3"S	DERECHO	Acera de hormigón al lado del muro		
	66° 8'55"O				
	<b>PROGRESIVA</b>		<b>DIMENSIONES (m)</b>		
	3+325		<b>ALTO</b>	0.2	
		<b>LARGO</b>	110		
		<b>ANCHO</b>	1		
<b>N°</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>LADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>FOTOGRAFÍA</b>
17	17°26'1"S	DERECHO	Gasoducto a 3.20 m de la riel en paralelo a la riel		
	66° 8'57"O				
	<b>PROGRESIVA</b>		<b>DIMENSIONES (m)</b>		
	3+260		<b>ALTO</b>	-	
		<b>LARGO</b>	-		
		<b>ANCHO</b>	-		
<b>N°</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>LADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>FOTOGRAFÍA</b>
18	17°26'1"S	DERECHO	Muro de hormigón a 3.60 m		
	66° 8'57"O				
	<b>PROGRESIVA</b>		<b>DIMENSIONES (m)</b>		
	3+260		<b>ALTO</b>	0.4	
		<b>LARGO</b>	380		
		<b>ANCHO</b>	0.3		
<b>N°</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>LADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>FOTOGRAFÍA</b>
19	17°25'59"S	DERECHO	Acera de hormigón al lado del muro		
	66° 8'58"O				
	<b>PROGRESIVA</b>		<b>DIMENSIONES (m)</b>		
	3+175		<b>ALTO</b>	0.1	
		<b>LARGO</b>	75		
		<b>ANCHO</b>	1.4		
<b>N°</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>LADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>FOTOGRAFÍA</b>
20	17°25'53"S	IZQUIERDO	Quiosco de madera a 2.40 de la riel		
	66° 9'2"O				
	<b>PROGRESIVA</b>		<b>DIMENSIONES (m)</b>		
	2+950		<b>ALTO</b>	2.2	





IDENTIFICACIÓN DE AFECTACIONES DENTRO EL ANCHO DE LDDV					
			LARGO	6	
			ANCHO	2.8	
N°	COORDENADAS	LADO	DESCRIPCIÓN		FOTOGRAFÍA
21	17°25'51"S	IZQUIERDO	Poste de luz en medio del quiosco a 2.40 m de la riel		
	66° 9'3"O				
	PROGRESIVA		DIMENSIONES (m)		
	2+900		ALTO	-	
			LARGO	-	
			ANCHO	-	
N°	COORDENADAS	LADO	DESCRIPCIÓN		FOTOGRAFÍA
22	17°25'51"S	IZQUIERDO	Poste de luz a 3.10 m de la riel		
	66° 9'3.03"O				
	PROGRESIVA		DIMENSIONES (m)		
	2+900		ALTO	-	
			LARGO	-	
			ANCHO	-	
N°	COORDENADAS	LADO	DESCRIPCIÓN		FOTOGRAFÍA
23	17°25'49"S	DERECHO	Poste de luz a 3.70 de la riel		
	66° 9'4.3"O				
	PROGRESIVA		DIMENSIONES (m)		
	2+800		ALTO	-	
			LARGO	-	
			ANCHO	-	
N°	COORDENADAS	LADO	DESCRIPCIÓN		FOTOGRAFÍA
24	17°25'47"S	DERECHO	Semáforo a 2.90		
	66° 9'4.9"O				
	PROGRESIVA		DIMENSIONES (m)		
	2+750		ALTO	-	
			LARGO	-	
			ANCHO	-	
N°	COORDENADAS	LADO	DESCRIPCIÓN		FOTOGRAFÍA
25	17°25'47"S	IZQUIERDO	Cordón del asfalto se encuentra a 4m de la riel		
	66° 9'4.96"O				
	PROGRESIVA		DIMENSIONES (m)		
	2+745		ALTO	-	
			LARGO	50	
			ANCHO	-	
N°	COORDENADAS	LADO	DESCRIPCIÓN		FOTOGRAFÍA
26	17°25'46"S	IZQUIERDO	Poste de luz a 3.40 m		







IDENTIFICACIÓN DE AFECTACIONES DENTRO EL ANCHO DE LDDV					
	66° 9'7"O				
	<b>PROGRESIVA</b>		<b>DIMENSIONES (m)</b>		
	2+720		<b>ALTO</b>	-	
			<b>LARGO</b>	-	
<b>ANCHO</b>	-				
<b>N°</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>LADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>FOTOGRAFÍA</b>
27	17°25'39"S	IZQUIERDO	Muro de contención a 2.4 m de la riel		
	66° 9'11"O		<b>DIMENSIONES (m)</b>		
	2+425		<b>ALTO</b>	1.4	
			<b>LARGO</b>	205	
<b>ANCHO</b>	0.55				
<b>N°</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>LADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>FOTOGRAFÍA</b>
28	17°25'15"S	DERECHO	Bordillo a 1.30 m		
	66° 9'16"O		<b>DIMENSIONES (m)</b>		
	1+650		<b>ALTO</b>	0.15	
			<b>LARGO</b>	15	
<b>ANCHO</b>	0.25				
<b>N°</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>LADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>FOTOGRAFÍA</b>
29	17°25'12"S	DERECHO	Bordillo de una casa a 4.90 m		
	66° 9'15"O		<b>DIMENSIONES (m)</b>		
	1+575		<b>ALTO</b>	0.2	
			<b>LARGO</b>	5.8	
<b>ANCHO</b>	0.15				
<b>N°</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>LADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>FOTOGRAFÍA</b>
30	17°24'59"S	DERECHO	Poste de luz a 2.90 m		
	66° 9'16"O		<b>DIMENSIONES (m)</b>		
	1+170		<b>ALTO</b>	-	
			<b>LARGO</b>	-	
<b>ANCHO</b>	-				
<b>N°</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>LADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>FOTOGRAFÍA</b>
31	17°24'56"S	DERECHO	Muro de ladrillos a 3.40 m		
	66° 9'16"O		<b>DIMENSIONES (m)</b>		
	1+080		<b>ALTO</b>	10	
			<b>LARGO</b>	0.1	



IDENTIFICACIÓN DE AFECTACIONES DENTRO EL ANCHO DE LDDV					
			ANCHO	2.05	
<b>N°</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>LADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>FOTOGRAFÍA</b>
32	17°24'56"S	DERECHO	Caseta a 4.15 m de la riel		
	66° 9'17"O				
	<b>PROGRESIVA</b>		<b>DIMENSIONES (m)</b>		
	1+070		<b>ALTO</b>	-	
			<b>LARGO</b>	-	
			<b>ANCHO</b>	-	
<b>N°</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>LADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>FOTOGRAFÍA</b>
33	17°24'55"S	DERECHO	Poste de riel a 2.90 m		
	66° 9'16"O				
	<b>PROGRESIVA</b>		<b>DIMENSIONES (m)</b>		
	1+050		<b>ALTO</b>	-	
			<b>LARGO</b>	-	
			<b>ANCHO</b>	-	
<b>N°</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>LADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>FOTOGRAFÍA</b>
34	17°24'55.4"S	DERECHO	Cancha de futbol a 3.45 m		
	66° 9'16.4"O				
	<b>PROGRESIVA</b>		<b>DIMENSIONES (m)</b>		
	1+050		<b>ALTO</b>	-	
			<b>LARGO</b>	28	
			<b>ANCHO</b>	-	
<b>N°</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>LADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>FOTOGRAFÍA</b>
35	17°24'54"S	DERECHO	Poste de luz a 3.30 m		
	66° 9'16.4"O				
	<b>PROGRESIVA</b>		<b>DIMENSIONES (m)</b>		
	1+020		<b>ALTO</b>	-	
			<b>LARGO</b>	-	
			<b>ANCHO</b>	-	
<b>N°</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>LADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>FOTOGRAFÍA</b>
36	17°24'54"S	DERECHO	Muro de casa de ladrillo 6 huecos a 3.60 m		
	66° 9'16.52"O				
	<b>PROGRESIVA</b>		<b>DIMENSIONES (m)</b>		
	1+020		<b>ALTO</b>	1.95	
			<b>LARGO</b>	9.3	
			<b>ANCHO</b>	0.10	
<b>N°</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>LADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>FOTOGRAFÍA</b>
37	17°24'53.5"S	DERECHO	Poste a 3 m		
	66° 9'16.56"O				
	<b>PROGRESIVA</b>		<b>DIMENSIONES (m)</b>		






IDENTIFICACIÓN DE AFECTACIONES DENTRO EL ANCHO DE LDDV					
	1+010		ALTO	-	
			LARGO	-	
			ANCHO	-	
<b>N°</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>LADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>FOTOGRAFÍA</b>
38	17°24'53.7"S	DERECHO	Muro de casa de ladrillo soguilla a 4.1 m, con puerta de metal de 4m de largo		
	66° 9'16.5"O				
	<b>PROGRESIVA</b>		<b>DIMENSIONES (m)</b>		
	1+010		ALTO	1.7	
			LARGO	6.3	
			ANCHO	-	
<b>N°</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>LADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>FOTOGRAFÍA</b>
39	17°24'53.2"S	DERECHO	Muro de casa de ladrillo soguilla a 4.45 m, presenta una puerta de garaje 3m largo y otra de 1m de ancho		
	66° 9'16.4"O				
	<b>PROGRESIVA</b>		<b>DIMENSIONES (m)</b>		
	0+990		ALTO	2	
			LARGO	6.6	
			ANCHO	-	
<b>N°</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>LADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>FOTOGRAFÍA</b>
40	17°24'53"S	DERECHO	Casa con una puerta de calamina a 4.80 m		
	66° 9'16.5"O				
	<b>PROGRESIVA</b>		<b>DIMENSIONES (m)</b>		
	0+990		ALTO	-	
			LARGO	6.55	
			ANCHO	3.5	
<b>N°</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>LADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>FOTOGRAFÍA</b>
41	17°24'52.69"S	DERECHO	Casa a 4.70 m incluye una puerta de 1 m		
	66° 9'16.48"O				
	<b>PROGRESIVA</b>		<b>DIMENSIONES (m)</b>		
	0+980		ALTO	-	
			LARGO	6	
			ANCHO	-	
<b>N°</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>LADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>FOTOGRAFÍA</b>
42	17°24'52.69"S	DERECHO	Poste a 3.10 m		
	66° 9'16.48"O				
	<b>PROGRESIVA</b>		<b>DIMENSIONES (m)</b>		
	0+980		ALTO	-	
			LARGO	-	
			ANCHO	-	
<b>N°</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>LADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>FOTOGRAFÍA</b>

IDENTIFICACIÓN DE AFECTACIONES DENTRO EL ANCHO DE LDDV					
43	17°24'52.69"S	DERECHO	Casa a 4.80, incluye puerta de metal de 1m		
	66° 9'16.48"O		DIMENSIONES (m)		
	PROGRESIVA		ALTO		
	0+980		LARGO	18	
		ANCHO	-		
<b>N°</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>LADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>FOTOGRAFÍA</b>
44	17°24'51.9"S	DERECHO	Casa a 4.70m, incluye una puerta de metal de 1m de ancho		
	66° 9'16.44"O		DIMENSIONES (m)		
	PROGRESIVA		ALTO	-	
	0+955		LARGO	14.6	
		ANCHO	-		
<b>N°</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>LADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>FOTOGRAFÍA</b>
45	17°24'51.75"S	DERECHO	Poste de luz a 4.70 m		
	66° 9'16.41"O		DIMENSIONES (m)		
	PROGRESIVA		ALTO	-	
	0+950		LARGO	-	
		ANCHO	-		
<b>N°</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>LADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>FOTOGRAFÍA</b>
46	17°24'50.76"S	DERECHO	Poste a 2.40 m		
	66° 9'16.53"O		DIMENSIONES (m)		
	PROGRESIVA		ALTO	-	
	0+920		LARGO	-	
		ANCHO	-		
<b>N°</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>LADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>FOTOGRAFÍA</b>
47	17°24'50.14"S	DERECHO	Poste de luz a 3.30 m		
	66° 9'16.58"O		DIMENSIONES (m)		
	PROGRESIVA		ALTO	-	
	0+900		LARGO	-	
		ANCHO	-		
<b>N°</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>LADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>FOTOGRAFÍA</b>
48	17°24'49.48"S	DERECHO	Poste de luz a 2.70 m		
	66° 9'16.64"O		DIMENSIONES (m)		
	PROGRESIVA		ALTO	-	
	0+880		LARGO	-	
		ANCHO	-		



IDENTIFICACIÓN DE AFECTACIONES DENTRO EL ANCHO DE LDDV					
N°	COORDENADAS	LADO	ANCHO	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
49	17°24'48.78"S	DERECHO	-	Poste de luz a 2 m	
	66° 9'16.62"O				
	<b>PROGRESIVA</b>		<b>DIMENSIONES (m)</b>		
	0+860		<b>ALTO</b>	-	
		<b>LARGO</b>	-		
		<b>ANCHO</b>	-		
50	17°24'48.16"S	DERECHO	-	Poste de luz a 3.10 m	
	66° 9'16.59"O				
	<b>PROGRESIVA</b>		<b>DIMENSIONES (m)</b>		
	0+840		<b>ALTO</b>	-	
		<b>LARGO</b>	-		
		<b>ANCHO</b>	-		
51	17°24'47.52"S	DERECHO	-	Poste de luz a 3.10 m	
	66° 9'16.65"O				
	<b>PROGRESIVA</b>		<b>DIMENSIONES (m)</b>		
	0+820		<b>ALTO</b>	-	
		<b>LARGO</b>	-		
		<b>ANCHO</b>	-		
52	17°24'46.58"S	DERECHO	-	Puerta de ingreso sobre las rieles	
	66° 9'16.77"O				
	<b>PROGRESIVA</b>		<b>DIMENSIONES (m)</b>		
	0+800		<b>ALTO</b>	-	
		<b>LARGO</b>	-		
		<b>ANCHO</b>	-		
53	17°24'45.12"S	DERECHO	-	Caseta de metal a 2 m	
	17°24'45.12"S				
	<b>PROGRESIVA</b>		<b>DIMENSIONES (m)</b>		
	0+750		<b>ALTO</b>	2.8	
		<b>LARGO</b>	2.5		
		<b>ANCHO</b>	2		
54	17°24'45.12"S	IZQUIERDO	-	Caseta de metal a 1.60 m	
	66° 9'16.40"O				
	<b>PROGRESIVA</b>		<b>DIMENSIONES (m)</b>		



IDENTIFICACIÓN DE AFECTACIONES DENTRO EL ANCHO DE LDDV					
	0+750		ALTO	2.77	
			LARGO	2	
			ANCHO	2.15	
<b>N°</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>LADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>FOTOGRAFÍA</b>
55	17°24'44.95"S	IZQUIERDO	Puerta de ingreso sobre las rieles		
	66° 9'16.36"O				
	<b>PROGRESIVA</b>		<b>DIMENSIONES (m)</b>		
	0+740		ALTO	-	
			LARGO	-	
ANCHO	-				
<b>N°</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>LADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>FOTOGRAFÍA</b>
56	17°24'44.6"S	IZQUIERDO	Muro de calaminas a 2.35 m		
	66° 9'16.40"O				
	<b>PROGRESIVA</b>		<b>DIMENSIONES (m)</b>		
	0+730		ALTO	-	
			LARGO	250	
ANCHO	-				
<b>N°</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>LADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>FOTOGRAFÍA</b>
57	17°24'27.5"S	IZQUIERDO	8 postes de luz a 3 m del riel de la izquierda		
	66° 9'15.24"O				
	<b>PROGRESIVA</b>		<b>DIMENSIONES (m)</b>		
	0+175		ALTO	-	
			LARGO	-	
ANCHO	-				

### 0.3.2.13 CAPÍTULO 22 – ALTERNATIVAS DE CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE ARTE MAYOR Y MENOR

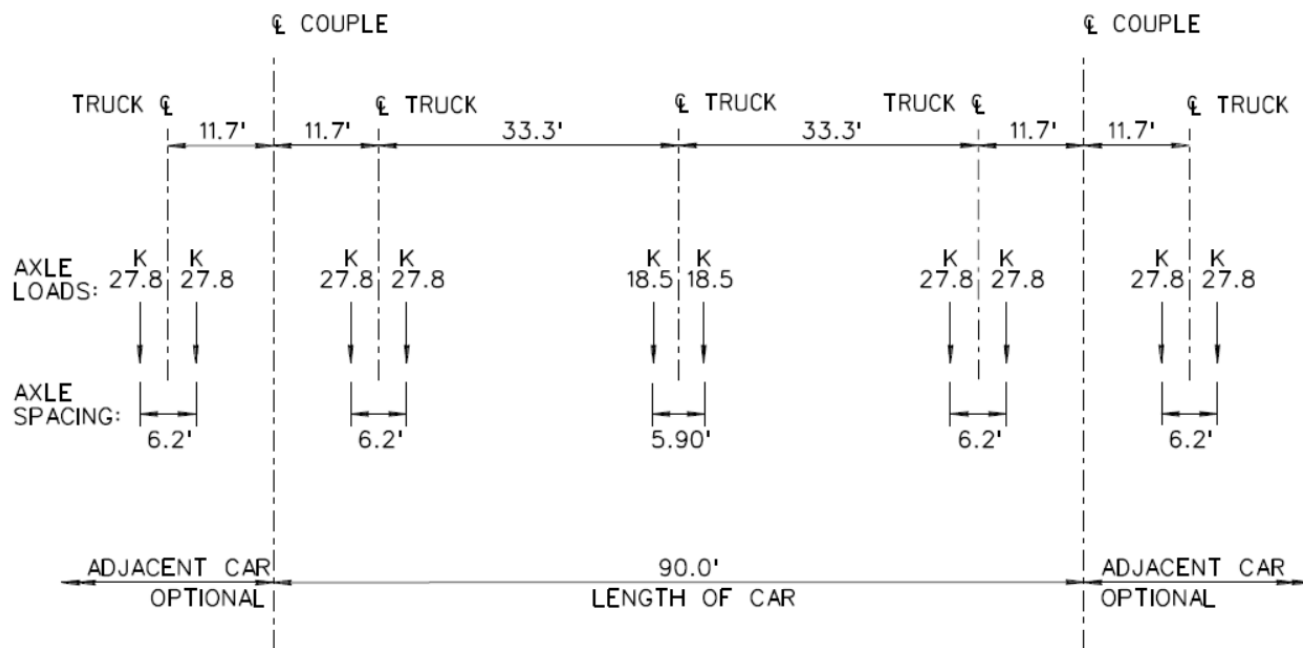
En este capítulo se muestran los pre-diseños para los diferentes elementos estructurales componentes de las obras de arte mayor y menor dentro del proyecto. En primera instancia se hizo un relevamiento de las estructuras existentes (líneas roja y verde), las mismas que se ha determinado que han cumplido con su vida útil. Aunque estructuralmente podrían tener todavía alguna capacidad remanente, no aplican para la nueva configuración del proyecto ni el tipo de equipo rodante que se aplicará al mismo y por lo tanto se ha determinado su remoción y sustitución totales por nuevas estructuras.

Por consiguiente tanto para estas reposiciones como para las nuevas estructuras resultantes, se ha hecho un pre-diseño con base en el siguiente tren de cargas extractado del documento "DESING CRITERIA MANUAL. Metro Light Transit Projects, January 2007":





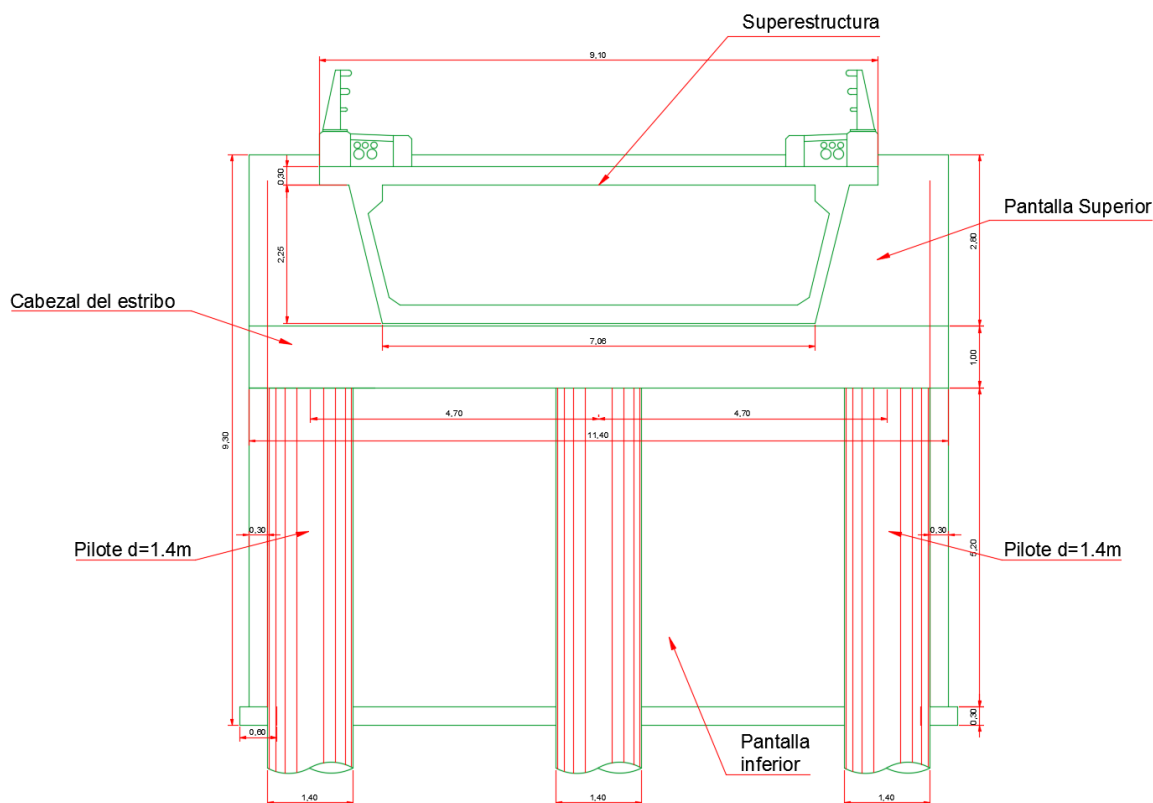
Figura 0-13 Cargas del Tren de Diseño



Fuente: DESIGN CRITERIA MANUAL, January 2007

Dentro del cuerpo principal del capítulo 22, se pueden observar diferentes configuraciones estructurales en función de las diferentes luces de puentes y viaductos dentro del proyecto. A continuación se muestra un ejemplo:

Figura 0-14 Sección Transversal Típica de Puentes y Viaductos



Los materiales considerados son: Hormigón Pretensado, Hormigón Postensado, Hormigón Vaciado en sitio, elementos metálicos, acero de refuerzo y de pretensado. En cuanto a los elementos se han planteado secciones tipo cajón, como la de la figura, tipo vigas, losas llenas, pilotes, pantallas, etc.

### 0.3.2.14 CAPÍTULO 23 – COSTO DE LA ALTERNATIVA

Según el alcance definido en la solicitud de propuestas definida por el Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Viviendas MOPSV, el Alcance del Proyecto establecía lo siguiente:

Las líneas fueron definidas de la siguiente manera:

- Tramo 1, (línea color verde): Sipe Sipe - Estación San Antonio (Cercado) - aproximadamente: 27.37 Km. (RECONSTRUCCIÓN).
- Tramo 2, (línea color amarilla): Cruce Rio Rocha Av. Sajama - El Castillo - aproximadamente: 7.74 Km. (TRAMO NUEVO)
- Tramo 3, (línea color roja): Estación San Antonio (Cercado) - Facultad de Agronomía UMSS - aproximadamente: 5.26 Km. (RECONSTRUCCTÓN).

Entre los Parámetros establecidos para el estudio se tuvo:

- Trocha estandar.
- Tren Eléctrico.
- Radio de curvatura mínimo:25 m.
- velocidad de Diseño: 80 km/hr
- Longitud aproximada de la vía férrea en la Fase 1: 40.37 Km.
- Requerimiento mínimo de estaciones: 13 Estaciones (i estación central principal y 12 estaciones secundarias).
- Estación de Mantenimiento ubicada en la Estación central.
- Vía Simple.
- Apartaderos de Cruces.



- Sistema de Comunicación ATP.
- La vía en las estaciones y sectores urbanos embebidos en Hormigón Armado.
- Incluye la Provisión de material Rodante (mínimo cuatro por línea, con una capacidad mínima de 200 personas cada una).
- Tiempo de ejecución: máximo de tres años. . Capacitación y asistencia operacional al contratante. o Mantenimiento por parte de la empresa por el lapso de 3 (tres) años, posteriores a la entrega definitiva de la obra.
- El costo presentado para la vía férrea, deberá considerar la facturación del costo total de la obra y todos los impuestos por ley, vigentes dentro el Estado Plurinacional de Bolivia o El costo también deberá incluir gastos de desarrollo de proyecto (estudios de viabilidad, adquisición de terrenos, permisos, entre otros) hasta la etapa de puesta en funcionamiento.
- Estos parámetros son básicos y elementales, los cuales no son limitativos.

En base a estos parámetros, en el presente estudio de factibilidad, ha ofrecido las siguientes características:

Tramos:

- Tramo 1, (línea color verde): Sipe Sipe - Estación San Antonio (Cercado) - aproximadamente: 27.10 Km. (RECONSTRUCCIÓN).
- Tramo 2, (línea color amarilla): Estación San Antonio (Cercado) - El Castillo - aproximadamente: 9.80 Km. (TRAMO NUEVO), Esta línea tiene que funcionar de forma individual para optimizar el tráfico
- Tramo 3, (línea color roja): Estación San Antonio (Cercado) - Facultad de Agronomía UMSS aproximadamente: 5.26 Km. (RECONSTRUCCTÓN).

Por otro lado el sistema propuesto incluye:

- Trocha estándar.
- Tren Eléctrico (12 unidades)
- Radio de curvatura mínimo:25 m
- Velocidad de Diseño: 80 km/hr
- Longitud aproximada de la vía férrea en la Fase 1: 42.2 Km.
- 43 Estaciones y Paraderos
- Vía en Placa en todas las líneas, incluye paraderos, estaciones Aproximadamente 42.2 km
- Equipo y sistemas Tractivos automatizados (12 unidades)
- Tiempo de ejecución : Máximo 3 años
- Capacitación y asistencia operacional al contratante o mantenimiento por parte de la empresa por el lapso de 3 (tres) años, posteriores a la entrega definitiva de la obra.
- Incluye costos de equipamiento, mobiliario, equipos y servicios de operación (luz, agua, teléfono, internet y otros).
- No incluye costos de operación del sistema

Estos elementos han sido expuestos en el capítulo 10 descripción de alternativas y 11 pre-diseño de alternativas.

A continuación se expone el presupuesto de construcción presupuesto que no sufre ninguna variación:

CAPÍTULO	IMPORTE \$US.-
<b>1 TRABAJOS PREVIOS .</b>	<b>2,052,924.46</b>
<b>2 TRAMO VERDE: SIPE SIPE - ESTACIÓN SAN ANTONIO (27,37KM)</b>	
2.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS	
2.1.1 TRAMO VERDE: SIPE SIPE - ESTACIÓN SAN ANTONIO .	12,280,970.60
Total 2.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS .....	12,280,970.60
2.2 DRENAJE	
2.2.1 CUNETAS LATERALES Y DE ENC. TERRAPL. .	1,325,802.80
2.2.2 OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL	
2.2.2.1 MARCOS DE 1,50 x 1,00 .	1,100,027.25
2.2.2.2 BOQUILLAS .	3,345,031.63
Total 2.2.2 OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL .....	4,445,058.88
Total 2.2 DRENAJE .....	5,770,861.68
2.3 ESTRUCTURAS	
2.3.1 PUENTES METALICOS EXISTENTES .	1,031,250.00



CAPÍTULO	IMPORTE \$US.-	
2.3.2 PUENTE P-01 PK 02+475 .	1,036,953.86	
2.3.3 PUENTE P-02 PK 05+493 .	485,402.45	
2.3.4 PUENTE P-03 PK 07+415 .	481,809.95	
2.3.5 PUENTE P-04 PK 08+480 .	17,276.83	
2.3.6 PUENTE P-05 PK 10+730 .	551,972.90	
2.3.7 PUENTE P-06 PK 11+290 .	483,168.95	
2.3.8 PUENTE P-07 PK 12+835 .	576,849.93	
2.3.9 PUENTE P-08 PK 12+968 .	577,017.33	
2.3.10 PUENTE P-09 PK 15+900 .	576,849.93	
2.3.11 PUENTE P-10 PK 19+168 .	699,952.21	
2.3.12 PUENTE P-11 PK 19+265 .	17,276.83	
2.3.13 PUENTE P-12 PK 19+318 .	576,849.93	
2.3.14 PUENTE P-13 PK 20+105 .	485,402.45	
2.3.15 PUENTE P-16 RIO VILOMA	4,289,415.11	
2.3.16 PUENTE P-14 . PK26+870 RIO PANKURUMA	951,079.51	
2.3.17 PUENTE P-15 . PK 26+890	699,952.21	
	Total 2.3 ESTRUCTURAS .....	13,538,480.38
2.4 VIA EN PLACA .		38,966,130.00
	<b>Total 2 TRAMO VERDE: SIPE SIPE - ESTACIÓN SAN ANTONIO .....</b>	<b>70,556,442.66</b>
<b>3 TRAMO AMARILLO: SAN ANTONIO - EL CASTILLO (9,74KM)</b>		
3.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS		
3.1.1 MOV. DE TIERRAS		4,286,634.14
3.1.2 CAMINOS PASOS SUPERIORES .		686,224.00
	Total 3.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS .....	4,972,858.14
3.2 DRENAJE		
3.2.1 CUNETAS LATERALES Y DE ENC. TERRAPL. .		568,685.60
3.2.2 BORDILLOS Y BAJANTES .		91,704.00
3.2.3 OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL		
3.2.3.1 MARCOS DE 1,50 x 1,00 .		162,967.00
3.2.3.2 BOQUILLAS .		514,620.25
	Total 3.2.3 OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL .....	677,587.25
	Total 3.2 DRENAJE .....	1,337,976.85
3.3 FIRMES		
3.3.1 CAMINOS PASOS SUPERIORES .		254,114.07
3.3.2 ESTRUCTURAS .		24,453.04
	Total 3.3 FIRMES .....	278,567.11
3.4 ESTRUCTURAS		
3.4.1 PASOS SUPERIORES .		5,692,174.30
3.4.2 PUENTE P-01 PK 0+680 .		1,342,938.72
3.4.3 PUENTE P-02 PK 04+780 .		1,358,289.26
3.4.4 PUENTE P-03 PK 05+950 .		1,358,289.26
3.4.5 PUENTE P-04 PK 08+800 .		745,838.11
3.4.6 PUENTE P-05 PK 08+925 .		960,953.86
3.4.7 SECCION EN "U" JUNTO CANAL EXISTENTE .		67,946,980.00
3.4.8 PUENTES METALICOS PEATONALES .		169,739.79
	Total 3.4 ESTRUCTURAS .....	79,575,203.30
3.5 SEÑALIZACIÓN, BALIZAMIENTO Y DEFENSAS		
3.5.1 SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL .		6,113.75
3.5.2 SEÑALIZACIÓN VERTICAL .		9,122.70
3.5.3 DEFENSAS .		80,509.00
	Total 3.5 SEÑALIZACIÓN, BALIZAMIENTO Y DEFENSAS .....	95,745.45
3.6 VIA EN PLACA .		20,844,565.00
	<b>Total 3 TRAMO AMARILLO: CRUCE RIO ROCHA - EL CASTILLO .....</b>	<b>107,104,915.85</b>
<b>4 TRAMO ROJO: ANGOSTURA - FACULTAD DE AGRONOMIA (5,26 KM)</b>		
4.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS		
4.1.1 MOV. DE TIERRA TRAMO ROJO		2,314,958.48
	Total 4.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS .....	2,314,958.48
4.2 DRENAJE		
4.2.1 CUNETAS LATERALES Y DE ENC. TERRAPL. .		254,794.40
4.2.2 OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL		
4.2.2.1 MARCOS DE 1,50 X 1,00 .		268,895.55
4.2.2.2 BOQUILLAS .		849,123.41
	Total 4.2.2 OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL .....	1,118,018.96
	Total 4.2 DRENAJE .....	1,372,813.36
4.3 ESTRUCTURAS		
4.3.1 PUENTE P-01 PK 05+320 .		17,276.83



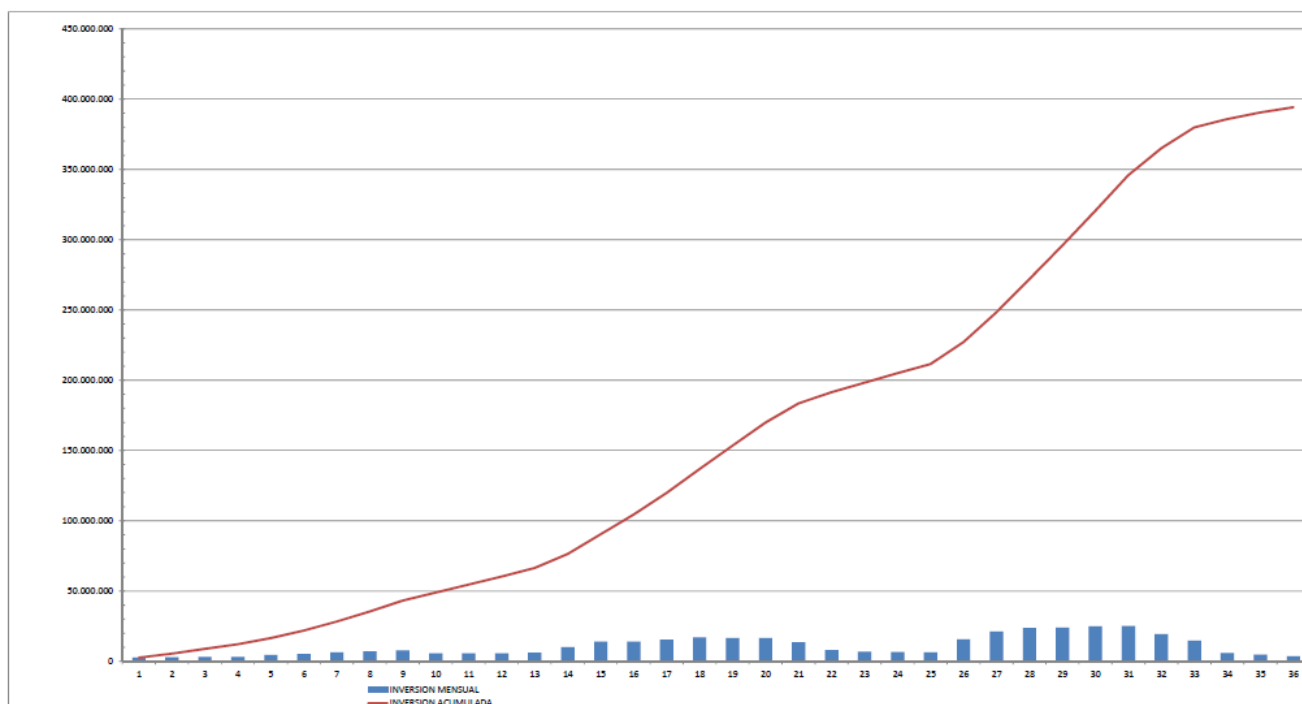
CAPÍTULO	IMPORTE \$US.-
Total 4.3 ESTRUCTURAS .....	17,276.83
4.4 VIA EN PLACA .	7,756,728.00
<b>Total 4 TRAMO ROJO: ESTACION SAN ANTONIO - FACULTAD .....</b>	<b>11,461,776.67</b>
<b>5 ESTACIONES</b>	
5.1 ESTACION CENTRAL .	15,943,323.79
5.2 COCHERAS .	10,681,179.60
5.3 TRAMO VERDE: SIPE SIPE - ESTACIÓN SAN ANTONIO APEADEROS/ESTACION	
5.3.1 APEADEROS .	8,882,368.25
5.3.2 ESTACION TERMINAL .	4,079,862.17
5.3.3 ESTACION MUNICIPALES /COLCAPIRHUA,QUILLACOLLO Y VINTO .	8,387,715.66
Total 5.3 TRAMO VERDE: SIPE SIPE - ESTACIÓN SAN ANTONIO APEADEROS/ESTACION .....	21,349,946.08
5.4 TRAMO AMARILLO: SAN ANTONIO - EL CASTILLO APEADEROS/ESTACIO	
5.4.1 APEADEROS .	5,224,922.00
5.4.2 ESTACION TERMINAL .	4,079,862.17
5.4.3 ESTACION MUNICIPAL/ELFEC Y ESTADIO .	7,682,409.54
Total 5.4 TRAMO AMARILLO: SAN ANTONIO - EL CASTILLO APEADEROS/ESTACIO .....	16,987,193.71
5.5 TRAMO ROJO: ANGOSTURA - FACULTAD APEADEROS/ESTACION T	
5.5.1 APEADEROS .	3,140,816.25
5.5.2 ESTACION TERMINAL .	4,079,862.17
Total 5.5 TRAMO ROJO: ANGOSTURA - FACULTAD APEADEROS/ESTACION T .....	7,220,678.42
<b>Total 5 ESTACIONES .....</b>	<b>72,182,321.60</b>
<b>6 SERVICIOS AFECTADOS .</b>	<b>6,336,000.00</b>
<b>7 SUMINISTRO MATERIAL RODANTE .</b>	<b>121,362,520.51</b>
<b>8 OBRA CIVIL, ALIMENTACIÓN SUBESTACIONES .</b>	<b>17,196,840.70</b>
<b>9 ALIMENTACION SUBESTACIONES .</b>	<b>7,804,981.60</b>
<b>10 SEÑALIZACION, COMUNICACIÓN Y SOPORTE DE CATENARIA .</b>	<b>4,138,040.60</b>
<b>11 GESTION DE RESIDUOS .</b>	<b>1,626,280.37</b>
<b>12 SEGURIDAD Y SALUD .</b>	<b>1,555,634.10</b>
<b>COSTO DIRECTO</b>	
(incluye todas las incidencias por Beneficios Sociales, Gastos Generales, Utilidades, Imprevistos, Equipo herramientas menores y otros costes directos(Seguros, Control y Monitoreo))	<b>423,378,679.12</b>
<b>IMPUESTOS</b>	<b>80,643,557.93</b>
<b>PRECIO REFERENCIAL DE LA OBRA CON FINANCIAMIENTO</b>	<b>504.022.237,05</b>

El presupuesto presentado considera Gastos Generales necesarios para la administración del contrato, así como para dar cumplimiento a todas las exigencias del contrato de obra bajo la modalidad llave en mano. Por otro lado el Contratista ha tomado conocimiento de las normas laborales del país por lo cual en el presupuesto se han incluido las incidencias sociales. En ese sentido se reitera el compromiso de cumplir todo lo establecido en el contrato de obra bajo la modalidad llave en mano.

En la gráfica siguiente se muestra el diagrama de flujo de desembolsos para el proyecto:



Figura 0-15 Cronograma de Desembolsos



Fuente: Elaboración propio

#### **NOTA IMPORTANTE:**

Debido a que el presupuesto corresponde a un pre-diseño, es de prever que al momento de hacer los diseños finales cambien cantidades, ubicaciones de la obra final, suelos diferentes a los previstos, etc., que hagan que tengan que intercambiarse o afinarse las partidas económicas del presupuesto. También con seguridad cambiarán las partidas previstas para los programas de liberación del derecho de vía y afectaciones porque su ejecución final dependerá de negociaciones particulares con cada afectado difíciles de determinar con exactitud en este momento. Sin embargo de esta aclaración, se debe recalcar que al ser este un contrato tipo llave en mano, no tendrá ninguna consecuencia negativa para el Estado cualquier traspaso de recursos de una partida a otra a nivel del diseño final y el ejecutado, puesto que el precio del contrato final permanecerá invariable.

#### **0.3.2.15 CAPÍTULO 24 – EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA**

El objetivo del estudio es determinar la Factibilidad Técnica – Económica del proyecto, a través de la evaluación de las características y condiciones de la vía en actual servicio y de las alternativas estudiadas, estimando los beneficios de la construcción del Tren Metropolitano de Cochabamba, considerando el uso adecuado de los recursos económicos.

Para lograr este objetivo, el estudio ha sido enfocado desde un punto de vista técnico - económico, que considere los factores apropiados y óptimos que posteriormente serán implementados en la fase de diseño final; evaluando los indicadores económicos de la implementación del proyecto; valorando el crecimiento del nivel de vida de la población ubicada en la zona de influencia del proyecto e identificando, así como el pronóstico y evaluación de efectos multiplicadores generados por el desarrollo de la región.

El objetivo general es el de contar con un Estudio Factibilidad el cual nos permita identificar los beneficios del proyecto y si los mismos contribuyen al mejoramiento de la economía en la región, para su posterior ejecución con el fin de brindar un servicio de transporte masivo de pasajeros que influya en la conectividad de los centros urbanos que abarca y mejorando la competitividad de los mismos promoviendo el desarrollo económico y social en armonía con el medioambiente.



El Estudio de Tráfico provee los datos básicos que posteriormente son usados en el dimensionamiento del sistema de transporte analizado (infraestructura y servicios) y, en la evaluación económica del proyecto a ser considerado.

En ese sentido, el objetivo específico en el Estudio de Tráfico es, determinar los volúmenes de tráfico que actualmente circulan por la red de estudio, las características de esos flujos de tráfico y, su proyección dentro de un período de tiempo futuro posteriores a la apertura del proyecto a la circulación vehicular. Este estudio provee primordialmente información del tráfico actual que circula por la red vial, conclusiones y comentarios pertinentes relacionados con el proyecto.

#### 0.3.2.15.1 CALCULO DE INDICADORES ECONOMICOS

La evaluación económica busca determinar indicadores que permiten establecer la factibilidad de una o más alternativas y, seleccionar una de entre aquellas que muestran indicadores positivos. La evaluación de factibilidad consiste en la comparación de los beneficios de una alternativa contra los costos en los que se incurre para su implementación. Tanto los costos y beneficios deben ser estimados en un determinado período de tiempo.

Los costos del proyecto consisten en aquellos gastos relacionados con la construcción y otros inherentes a esta actividad. Los beneficios provienen de los ahorros de la sociedad durante la vida del proyecto.

Para el presente estudio se ha utilizado planillas electrónicas como instrumento para estimar los beneficios y determinar los indicadores económicos de la evaluación, además de otros aspectos.

#### 0.3.2.15.2 COSTOS DE OPORTUNIDAD

El Costo de Oportunidad es aquella tasa de interés que un capital puede ganar en el mercado si este se invierte en una actividad diferente a la del proyecto. Si el retorno del capital invertido en el proyecto en estudio es menor que el del costo de oportunidad, el proyecto no colmaría las expectativas esperadas y resultaría mejor invertir el capital en otra actividad.

Para el presente estudio de factibilidad el costo de oportunidad se encuentra definido en la Resolución Ministerial No.159 del 22 de Septiembre de 2006 donde se establece que la Tasa Social de Descuento a utilizarse en todas las evaluaciones socioeconómicas del país es de 12,67 % anual.

#### 0.3.2.15.3 PERIODO DE EVALUACION

El período de evaluación considera los años de construcción y los del tiempo de vida del proyecto. Se considera que la construcción demorará tres años y el tiempo de vida útil se fija en 24 años a partir del año 2015, bajo el siguiente escenario:

2015 – Se concluye el Estudio Factibilidad

2016 – 2018 – Inversión

2019 – 2038 – Operación del Sistema

'Período de Evaluación' = 2015-2038.

#### 0.3.2.15.4 DEFINICIÓN DE LOS INDICADORES ECONÓMICOS

Los indicadores económicos principales son:

VPN El Valor Presente Neto o Valor Actual Neto (VAN)

TIR La Tasa Interna de Retorno

(B/C) Relación Beneficio/Costo

El VPN es la diferencia de los beneficios 'actualizados' provenientes de un proyecto menos los costos de capital originados por su construcción también 'actualizados'.

La TIR consiste en la 'tasa de descuento' para la cual los beneficios igualan a los costos (VPN igual a cero).

La relación Beneficio/Costo se refiere al factor obtenido de la división de los Beneficios actualizados por los costos también actualizados.





Resumiendo:

$$VPN = [\sum (\text{Benef. Actualiz.})] - [\sum (\text{Costos Actualiz.})]$$

$$TIR : \sum [ (\text{Benef.} - \text{Costos}) / (1+TIR)^n ] = 0$$

$$B / C = [\sum (\text{Benef. Actualiz.})] / [\sum (\text{Costos Actualiz.})]$$

$$\text{Factor de Actualización } fd = 1 / (1+i)^n$$

Donde: i = Tasa de descuento (12.67 %)

n = Número de años a partir del año base.

La factibilidad de un proyecto basada en los indicadores requiere que el VPN para la tasa de descuento i sea positivo, que la TIR sea mayor que el costo de oportunidad (i = 12,67%) y, que la relación B/C sea mayor a 1.

### 0.3.2.15.5 RESULTADOS DE LA EVALUACION

A continuación se muestra el resultado de la evaluación de cada una de las alternativas estudiadas:

**Tabla 0-29 Indicadores de rentabilidad**

ALTERNATIVA	INVERSIÓN COSTO FINANCIERO	INVERSIÓN COSTO ECONÓMICO	VANS	TIR	RELACIÓN B/ C
TREN URBANO COCHABAMBA	\$504,022,237.05	\$ 423,378,679.12	\$9,604,884.87	13.11%	1.47

Elaboración: Fuente propia

Como se observa la Construcción del Tren Urbano Cochabamba es rentable desde un punto de vista económico y pueden generar beneficios positivos los cuales se distribuirán a la sociedad, puesto que tiene una tasa interna de retorno de 13.11%, que es superior al 12.67% que dicta la norma.

### 0.3.2.15.6 SOSTENIBILIDAD OPERATIVA

Se ha analizado la sostenibilidad operativa del sistema, considerando que a los costos de operación y mantenimiento analizados, se debe incluir la depreciación del equipo tractivo debido a que la Tarifa debe cubrir también la reposición de los mismos. Estos costos en 20 años de servicio alcanzan de \$US 257,093,460.00 a \$US 295,657,479.00

Si se tiene un flujo de pasajeros de 70.000 usuarios al día con una tarifa estimada de Bs 3,5 se lograría un ingreso anual de \$US 12,848,419.54 que en 20 años de explotación representa \$US 256,968,390.80. Asimismo si alcanzamos a 140,000 pasajeros al día con una tarifa de Bs 2,5 se lograría un ingreso anual de \$US 18,354,885.06 que en 20 años de explotación representa \$US 367,097,701.15,

Por tanto la Tarifa que garantiza sostenibilidad operativa al sistema está entre Bs 2,5 a Bs 3,5 para un flujo de pasajeros de 140.000 a 70.000 al día respectivamente

## 0.3.2.16 CAPÍTULOS 25 Y 26 – ALCANCE DEL PROYECTO Y PREDISEÑO

### 0.3.2.16.1 TRAZADO DE LAS LINEAS

La Alternativa 1 del Proyecto considera el estudio de tres líneas: la Línea Roja, la Línea Amarilla y la Línea Verde de acuerdo a los alcances que se detallan en la siguiente tabla. Cada línea tiene su propia vía para circulación iniciándose los recorridos de las tres vías en la Estación Central.

**Tabla 0-30 Alcance del Trazado de las Líneas – Alternativa 1**

N°	DESIGNACIÓN	ALCANCE	DISTANCIA	# PARADAS/ ESTACIONES
1	Línea Roja	Estación Central – Facultad de Agronomía	5.260 km	6
2	Línea Amarilla	Estación Central – El Castillo	9.809 km	14
3	Línea Verde	Estación Central – Suticollo (Sipe-Sipe)	27.100 km	22
	Estación Central			1
		<b>TOTAL</b>	<b>42.169 km</b>	<b>43</b>

La longitud total de vía prevista originalmente en la convocatoria es de 40.37 km. Al haber definido en el presente estudio una alternativa de 42.17 km aproximadamente, se obtiene un beneficio para la sociedad puesto que el monto de contrato permanece invariable.

El pre-diseño geométrico fue realizado tomando en cuenta el alcance de la Alternativa 1

### 0.3.2.16.2 TIPO DE VÍA

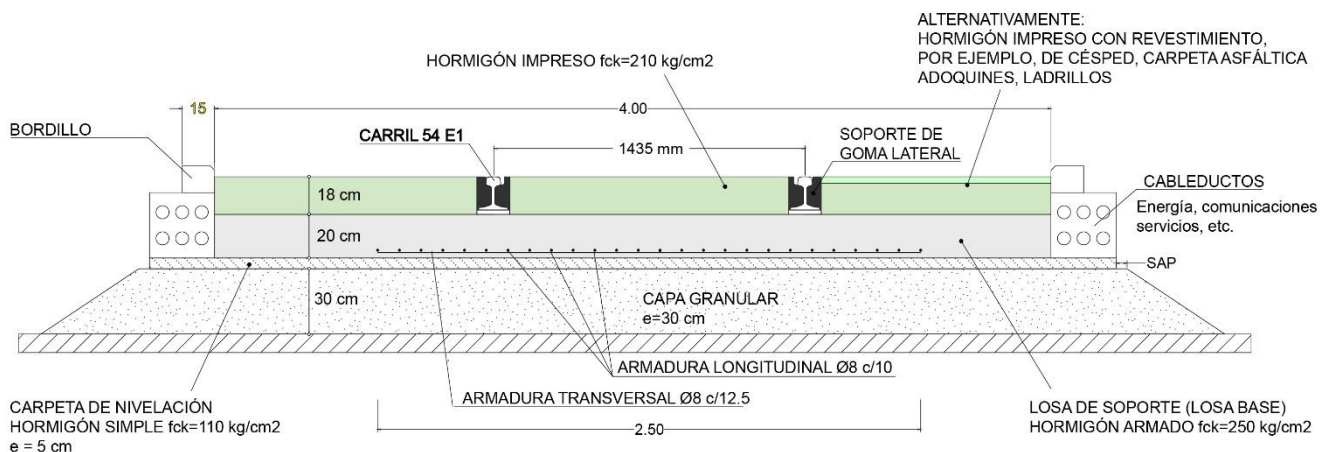
El tipo de vía adoptado es el sistema vía en placa de carril embebido, de apoyo elástico continuo y sin sujeciones mecánicas. Este sistema se basa en el concepto particular y único de encapsulado de carril mediante un perfil prefabricado de caucho revalorizado. Este elemento envuelve el carril completamente y asegura de esta manera una posición estable del carril en todas direcciones: es al mismo tiempo sistema de sujeción y sistema de atenuación de ruido y vibraciones

La Vía en Placa consiste en el empleo de una losa base de hormigón armado sobre la que se apoya e instalan los carriles. A su vez, la losa base se apoya sobre un material granular estabilizado granulométricamente dispuesto sobre una sub-rasante con características controladas como suelo de fundación. Este sistema de vía en placa no requiere durmientes ni accesorios de sujeción y/o arrojamiento para la instalación de los rieles.

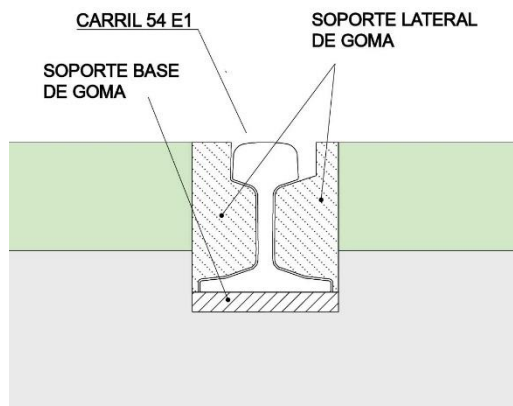
Los carriles estarán separados por el ancho estándar de 1,435 mmm, y no requieren de ningún dispositivo de sujeción ni arrojamiento al estar los carriles embebidos directamente en el hormigón.

La sección transversal típica de la vía en placa se presenta en la siguiente figura:

**Figura o-16 Sección Transversal Típica Vía en Placa**



**Figura o-17 Detalle Instalación del Carril**





La losa de soporte tendrá 20 cm de espesor y será de hormigón armado H25 con una resistencia característica de 250 kg/cm<sup>2</sup>.

El acero de refuerzo estará dispuesto en una malla de  $\phi 8$  c/10 cm en el sentido longitudinal y  $\phi 8$  c/12.5 en el sentido transversal de circulación en una franja de 2.50 mts de ancho.

Se estima que la longitud de los carriles será de 18 mts, por lo que se preverán juntas en la losa cada 18 mts cuidando de no coincidir con las juntas o soldaduras de los carriles. Las juntas se materializarán simplemente con láminas de plastofomo de 1 cm de espesor.

Una vez concluida la capa de material granular artificial, se colocará una carpeta de nivelación de hormigón simple de una resistencia característica de 110 kg/cm<sup>2</sup>, de 5 cm de espesor. Sobre esta carpeta se instalarán los accesorios colgadores de los carriles lo que permitirá realizar un control de alineamientos verticales y horizontales precisos durante el proceso de construcción

Así mismo, sobre esta carpeta se colocarán las parrillas de acero de diámetro 8mm de acuerdo a lo que determine o confirme el diseño.

**Tabla 0-31 Componentes de la Vía en Placa**

N°	COMPONENTE	ESPESOR	MATERIAL/CARACTERÍSTICAS
1	CAPA GRANULAR	30 cm	Material granular estabilizado granulométricamente, colocado y compactado de acuerdo a especificaciones técnicas.
2	CARPETA DE NIVELACIÓN H11	5 cm	Hormigón simple fck=110 kg/cm <sup>2</sup>
3	ACERO DE REFUERZO		Malla inferior de acero corrugado, $\phi 8$ c/10 longitudinalmente y $\phi 8$ c/12.5 transversalmente.
4	LOSA DE SOPORTE H25	20 cm	Hormigón Simple H25, fck=250 kg/cm <sup>2</sup>
5	HORMIGÓN IMPRESO	18 cm	Alternativas: Hormigón Simple fck=210 kg/cm <sup>2</sup> Hormigón Simple fck=210 kg/cm <sup>2</sup> + revestimiento carpeta asfáltica Hormigón Simple fck=210 kg/cm <sup>2</sup> + revestimiento adoquines/ladrillos Hormigón Simple fck=210 kg/cm <sup>2</sup> + revestimiento césped sintético/natural
6	JUNTAS EN PLACAS		Juntas transversales simples de polietileno expandido cada 18 metros
7	CARRILES		Perfil tipo 54 E1, según Norma Española UNE-EN 13674-1 Embebido en gomas de soporte lateral y base de apoyo para aislamiento acústico, vibración y eléctrico. Longitud del carril 18 mts. Ancho estándar 1435 mm Unión de carriles: Soldadura Aluminotérmica
8	CABLEDUCTOS		Tubos embebidos en ambos extremos, con cámaras de inspección cada 100 mts.

Se adopta el sistema de vía en placa por las múltiples ventajas que ofrece respecto de las vías sobre balasto. Adicionalmente, el concepto básico de las vías en placa embebidas añade por sí mismo ventajas adicionales.

Las ventajas se resumen en los siguientes aspectos:

- Bajo costo de mantenimiento
- Alta resistencia eléctrica
- Capacidad de absorber vibraciones y disminuir la emisión de ruido
- Sistema totalmente estanco
- El sistema permite la circulación de vehículos no ferroviarios sobre la placa
- Facilidad en el proceso constructivo

Este sistema de carril embebido de apoyo elástico continuo y sin sujeciones mecánicas se basa en el concepto particular y único de encapsulado de carril mediante un perfil prefabricado de caucho revalorizado. Este elemento envuelve el carril completamente y asegura de esta manera una posición estable del carril en todas direcciones: es al mismo tiempo sistema de sujeción y sistema de atenuación de ruido y vibraciones.

Este sistema se tiene previsto a lo largo de toda la longitud del proyecto y en las áreas de paradas, estaciones, aparcaderos, estacionamiento y talleres.

### 0.3.2.16.3 PRE-DISEÑO DE CARRILES

Se define el carril como el elemento de acero sustentador del material rodante que se utiliza como dispositivo para su guiado y como conductor de las corrientes eléctricas, en su caso. El carril se constituye en el principal elemento de la vía.

La masa es una característica del tipo de carril que expresa un orden del comportamiento del mismo y su resistencia al estar ligada a la carga por eje del material rodante, a la velocidad de circulación y a la densidad de tráfico de las líneas.

Siguiendo recomendaciones y procedimientos de la norma RENFE N.R.V. 3-0-0.0, emplea la fórmula de Shajunianz para la determinación de la masa óptima de un carril para las condiciones del proyecto en particular, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 0-32 Determinación de la masa de carriles**

PARÁMETRO	UNIDAD	ROJA	AMARILLA	VERDE	TOTAL SISTEMA
T	Mton/año	3.09	4.09	3.81	4.97
V	km/hr	80.00	80.00	80.00	80.00
P	Ton	12.61	12.61	12.61	12.61
a	1.20, 1.13	1.20	1.20	1.20	1.20
q	kg/ml	23.68	24.66	24.41	25.39
fs		2.31	2.22	2.24	2.16

Donde:

q = masa por metro del carril, en kilogramos.

T = tráfico anual de la línea, en millones de toneladas brutas.

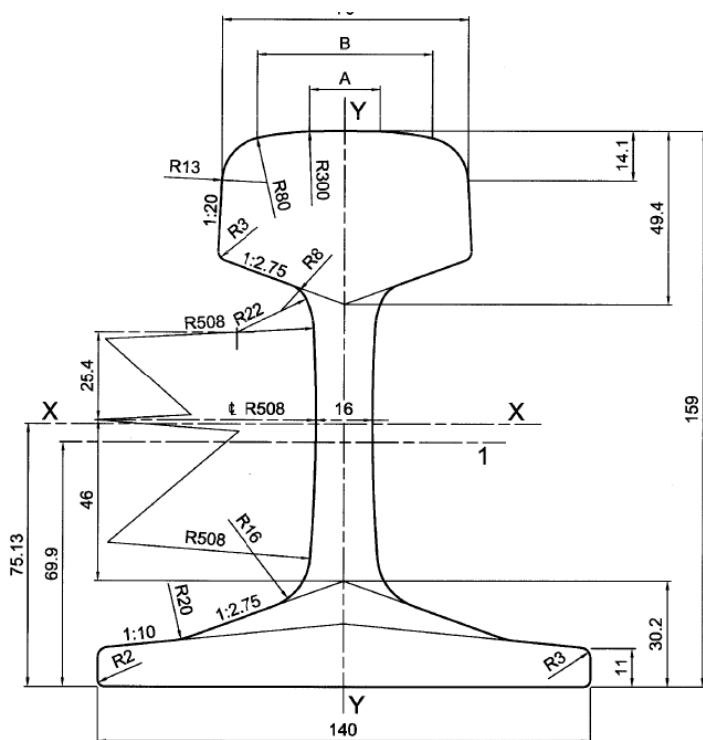
V = velocidad máxima de circulación de los trenes, en kms/hr.

P = carga máxima del eje del vehículo, en toneladas.

a = parámetro que toma el valor 1.20 para los vagones y 1.13 para las locomotoras.

fs = factor de seguridad

**Figura 0-18 Perfil Carril 54E1**



Con los valores de la masa óptima obtenidos que se muestran en la tabla anterior, se consultan las tablas de los perfiles comerciales disponibles. Se consideran los perfiles tipo vignole según norma española EN13674-1 2011 perfiles de patín plano > 46 kg/m., de la serie 54, siendo el carril 54E1 que cumple con la masa [óptima y con el requerimiento del proyecto.

**Tabla 0-33 Características del Perfil 54E1**

CARACTERÍSTICA DEL PERFIL	VALOR
Área de la sección transversal	69.77 cm <sup>2</sup>
Masa Lineal	54.77 kg/m
Momento de Inercia Vertical (eje x-x)	2,337.9 cm <sup>4</sup>
Módulo Resistente- Cabeza	278.7 cm <sup>3</sup>
Módulo Resistente-Patín	311.2 cm <sup>3</sup>
Momento de Inercia Horizontal (eje y-y)	419.2 cm <sup>4</sup>
Módulo Resistente Horizontal (eje y-y)	59.9 cm <sup>3</sup>
Dimensión A	20.024 mm
Dimensión B	49.727 mm



#### 0.3.2.16.4 EQUIPO TRACTIVO

Se ha considerado una flota de trenes para el sistema ferroviario del tren metropolitano de Cochabamba de 12 unidades, con los que serán atendidas las tres líneas repartidos de la siguiente forma:

- 4 trenes para realizar el servicio en la Línea Amarilla;
- 3 trenes para realizar el servicio en la Línea Roja;
- 5 trenes para realizar el servicio en la Línea Verde.

Esta disposición podría modificarse o ajustarse en la etapa de operación en función de las demandas puntuales que se pudieran presentar en la etapa de operación, dada la interoperabilidad entre las tres líneas y la flexibilidad del sistema.

El tren Metropolitano de Cochabamba será de tipo estándar formado por 3 ó 5 secciones (2 secciones extremas donde se ubican las cabinas de conducción y 1 o 3 coches intermedios donde se ubican el pantógrafo y los bogíes).

El material móvil es un tranvía modular, de un ancho de caja de 2,400 mm, para un ancho de vía 1,435 mm y una carga máxima por eje de 12 Tn (considerando 8 pasajeros por m<sup>2</sup>). Cada tranvía dispone de 6 puertas por costado para el acceso de los pasajeros (4 dobles y 2 simples situadas junto a las cabinas de conducción).

La capacidad aproximada será de 200 pasajeros, 56 pasajeros sentados y 144 personas paradas a 4 personas por metro cuadrado.

Los tranvías disponen de una cabina de conducción en cada extremo y están preparados para poder circular en unidad simple o con dos (2) unidades acopladas.

El tren Metropolitano de Cochabamba estará equipado con un sistema de localización automático que permitirá al puesto de mando conocer la posición de los trenes en cada momento y comparar, en tiempo real, los horarios reales de los trenes con los horarios teóricos pudiéndose determinar, si el tren tiene retraso o circula adelantado. Estos datos ofrecen numerosas posibilidades para poder mejorar la circulación de los trenes y poder mantener informados a los viajeros de las posibles incidencias.

##### a) PRESTACIONES

Según especificaciones estándar, el tranvía alcanza una velocidad máxima de 80 km/h, y desarrollara una aceleración media de 1,2 m/s<sup>2</sup>. El freno desarrolla una deceleración de 1,25 m/s<sup>2</sup> en servicio y de 2,5 m/s<sup>2</sup> en emergencia. Estos valores de aceleración son de especificaciones estándar. Para la simulación de la operación para la obtención de la oferta del sistema se emplearon valores de aceleración y desaceleración de 0.70 m/s<sup>2</sup> y 1.20 m/s<sup>2</sup>, respectivamente.

##### b) CAJA

En la estructura de los módulos se emplean diversos materiales:

- Perfiles extruídos de aluminio para los principales subconjuntos portantes.
- Acero en las zonas de unión caja-bogie, cabeceros y elementos choque debido a las altas sollicitaciones estructurales.
- Materiales tipo composite en el habitáculo de cabina y bastidor de los módulos suspendidos.

En los extremos de los módulos se cierran con chapas de acero sobre las que se montan los pasillos de intercurrencia o la cabina y cabecero en los extremos de la unidad. Los diferentes subconjuntos se unen mediante remaches estructurales de alta resistencia o uniones atornilladas.

El revestimiento de las paredes se realiza con paneles de poliéster o de HPL. Los techos están realizados en paneles de aluminio. El piso del tranvía está formado por un pavimento de caucho.

El tranvía dispone de una gran superficie acristalada para que la sensación de espacio interior sea mayor. Las lunas laterales del departamento utilizan cristales monolíticos, provistos de láminas anti rayado.



### c) CABINA

La cabina es un módulo autoportante que abarca la totalidad de la anchura disponible, separada del departamento de viajeros por un tabique de cristal tintado. El puesto de conducción está situado centrado respecto del eje longitudinal del tranvía. La luna frontal es de cristal laminado.

Además de los elementos de conducción habituales se dispone de:

- Dos (2) monitores para la visualización de las cámaras retrovisoras.
- Un (1) equipo de ayuda a la conducción, diagnóstico y registro de averías.
- Un (1) sistema de radioteléfono para comunicaciones con el puesto de mando.
- Un (1) sistema específico de climatización.
- Un (1) interface del sistema ATP de protección del tren.

### d) TRANSPORTE DE VIAJEROS Y ACCESIBILIDAD

El tranvía dispone de las medidas necesarias para obtener los más altos niveles de confort.

La capacidad de viajeros del tranvía, con una ocupación de 4 pasajeros/m<sup>2</sup>, es de 144, con 56 plazas sentadas, de las cuales 2 plazas estarán adaptadas a personas de movilidad reducida y 6 asientos abatibles.

Los tranvías están diseñados para andenes de 350 mm de altura sobre la cabeza del carril y situados a 1.400 mm del eje de vías.

En cada módulo suspendido se dispone de una zona para una (1) silla de ruedas o cochecitos de bebés. El acceso a estas zonas se realiza a través de cualquiera de las puertas del módulo. Se han previsto asientos, próximos a todas las puertas dobles, para personas de atención preferente, cumpliendo con lo dispuesto en la normativa de accesibilidad a los medios de transporte público.

Los módulos se encuentran comunicados mediante un pasillo articulado que permite la libre circulación de pasajeros.

El tranvía dispone de los puntos de apoyo y barras, diferenciados cromáticamente de su entorno, necesarios para facilitar la estancia, acceso y traslado de los pasajeros en el tranvía.

### e) EQUIPOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS

Cada tren cuenta con cuatro (4) motores de 120 kW de potencia cada uno, instalados uno por cada eje de bogies motores. El consumo de energía aproximado es de 2 kW/tren-km.

Cada módulo motor dispone de un (1) cofre con dos (2) inversores independientes, alimentados a 750 Vcc. Los motores, de rotor de jaula de ardilla, herméticos, autoventilados y libres de mantenimiento. Su alimentación se realiza en corriente alterna trifásica, variable en tensión y frecuencia.

El sistema de refrigeración es mediante ventilación forzada.

El modo de funcionamiento prioritario del sistema de freno es regenerativo.

El tranvía dispone de dos convertidores alimentados a 750 Vcc. Cada convertidor genera y regula tanto la corriente continua como la alterna, necesaria para alimentar los circuitos BT del tranvía y los servicios auxiliares. Los convertidores son estáticos, con tecnología IGBT y refrigerados por ventilación forzada.

### f) BOGIES

Los equipos cuentan con tres (3) bogies: dos bogies motores (2 motores por bogie, haciendo un total de cuatro motores) y un bogie remolque central.

El bogie es de ruedas libres, que permite velocidades de giro diferentes de cada rueda en curvas. Las ruedas son elásticas, con perfil de rodadura especialmente diseñado para los tipos de carril utilizados (UIC 54, con inclinación 1/20, o Ri60N). El bogie incorpora los elementos para la suspensión del vehículo.

La motorización y el freno (disco+timonería+guarniciones) están localizados en el lateral del bogie para facilitar su accesibilidad desde el lateral del tranvía. Los motores están montados en sentido longitudinal y acoplados al reductor formando un único conjunto. Todos los elementos constitutivos del bogie son intercambiables, para que los bogies resultantes sean también intercambiables.



El sistema de freno está compuesto por un (1) disco por rueda y dos (2) frenos de vía electromagnéticos por bogie. El funcionamiento del freno de fricción es electro hidráulico con resorte acumulador.

#### g) SISTEMAS EMBARCADOS AUXILIARES

El tranvía estará equipado con los siguientes equipos y sistemas auxiliares:

- Sistema de Mando y Control, Autodiagnóstico y Registro de Averías.
- Información a los viajeros. Incorpora las funciones de megafonía, interfonía entre cabinas o cabina-intercomunicador de emergencia y vídeo-información mediante monitores TFT instalados en la sala de pasajeros.
- CCTV. Graba de las imágenes de las cámaras de la sala de viajeros y grabación y visualización en cabina de las cámaras retrovisoras y frontales.
- Caja negra. Almacena tanto señales analógicas y digitales, como parámetros del tranvía, para su posterior extracción y análisis.
- Sistema ATP.
- Sistema Wi-Fi.
- Climatización de sala de pasajeros (refrigeración y calefacción). Se dispone de dos (2) equipos dobles de refrigeración y calefacción del recinto de viajeros.
- Climatización de cabina (refrigeración y calefacción). Se dispone de un (1) equipos independiente por cabina.
- Sistema antideslizamiento / antibloqueo
- Engrase de pestaña y Arenado

#### h) SEGURIDAD

El tranvía dispondrá de los siguientes dispositivos de seguridad activa:

- Dispositivos de alarma y evacuación de pasajeros (desbloqueo de puertas)
- Dispositivos de vigilancia del conductor (hombre muerto)
- Dispositivos de vigilancia de los viajeros dentro y fuera del tranvía (cctv)

El tranvía dispondrá, igualmente, de los siguientes dispositivos específicos de seguridad pasiva:

- Dispositivos anticlimber. Evitan que en caso de alcance se produzca desplazamiento vertical (cabalgamiento) entre los vehículos.
- Dispositivos antiarrollamiento. Evitan que pueda producirse el atrapamiento de un objeto o persona entre el suelo y la parte inferior del vehículo.

#### i) SISTEMA DE ELECTRIFICACIÓN DEL MATERIAL RODANTE

El suministro de energía de tracción será realizado a partir de la red eléctrica local de distribución de Cochabamba que es de 10 Kv o 25Kv (cc), mediante subestaciones eléctricas rectificadoras distribuidas a lo largo de las líneas, que proporcionarán los 750 v. (cc) necesarios para alimentar la catenaria.

Se ha considerado un consumo medio por tren de 2 kW/tren-km, en condiciones de circulación normales (no a máxima velocidad 80 km/h, ni circulando por pendientes máximas del 6%, que podrían suponer el doble de consumo). Bajo estas condiciones, el consumo diario de energía es el siguiente:

**Tabla 0-34 Consumo Diario de Energía, en kW/día**

LINEA	TREN	LONGITUD DE VIAJE	VIAJES POR DIA-TREN	RECORRIDO km/día	CONSUMO Kw/día
ROJA	1	5.26	58	305.1	610.2
	2	5.26	58	305.1	610.2
	3	5.26	57	299.8	599.6
AMARILLA	1	9.80	34	333.2	666.4
	2	9.80	34	333.2	666.4
	3	9.80	33	323.4	646.8
	4	9.80	33	323.4	646.8
VERDE	1	18200	26	473.2	946.4
	2	18200	26	473.2	946.4





LINEA	TREN	LONGITUD DE VIAJE	VIAJES POR DIA-TREN	RECORRIDO km/día	CONSUMO Kw/día
	3	18200	26	473.2	946.4
	4	18200	26	473.2	946.4
	5	8900	51	453.9	907.8
<b>TOTAL</b>				<b>4,569.9</b>	<b>9,139.8</b>

Las subestaciones se componen de un grupo Transformador/Rectificador de 600Kw. Por otra parte, además de las subestaciones para las líneas se ubicará otra subestación en la zona de los talleres y cocheras y dispondrá de otro transformador para el suministro de alumbrado y fuerza en baja tensión al conjunto de talleres y oficinas.

La distribución de energía de tracción a la línea se efectuará utilizando dos disyuntores ultrarrápidos con sus seccionadores de catenaria y cables de refuerzo para cada vía. El retorno de negativo se conecta directamente al carril, que estará aislado de tierra. Cada subestación dispondrá de un transformador para alimentación de auxiliares en baja tensión.

El número de subestaciones necesarias para la operación de la línea para los diferentes servicios se estima en 13. Una de ellas estará ubicada en el recinto de talleres y cocheras, y las demás en la línea. Para las subestaciones en línea, en general, se debe disponer de una superficie aproximada de 200 m<sup>2</sup>, para que sus dimensiones permitan la instalación de un segundo grupo al incrementarse las necesidades de energía con el crecimiento de la demanda. Además, deben contar con un local para la compañía suministradora, donde se aloja el equipo propio de la acometida y el instrumental de medida. Este local debe tener acceso independiente del resto de la subestación, para el personal de la compañía. Estarán dotadas de teléfono operacional. Se considerarán auxiliares de detección y protección de incendio y de control de accesos

Se ha considerado un sistema de catenaria en la totalidad de las líneas. La catenaria será hilo de cobre de 150 mm<sup>2</sup> de sección. Los postes serán con perfil en H. La instalación contará además con un cable de refuerzo de positivo, conectado a la catenaria conforme espaciamientos resultantes de la simulación de marcha y eléctrica.

El hilo tranviario estará compensado mecánicamente y por ello será cantonado, instalándose seccionamientos de compensación y equipos de regulación de la tensión mecánica.

Con el fin de asegurar la correcta distribución de energía a lo largo de toda la línea, se instalará un cable de refuerzo en paralelo con la misma. Este cable de refuerzo será tendido a lo largo de toda la plataforma y estará unido a intervalos periódicos con la línea de contacto. Con el fin de garantizar la puesta a tierra de la instalación y minimizar las tensiones de paso y contacto de la instalación ante cualquier defecto, en la zona de línea tranviaria se dispondrá de las siguientes medidas de protección:

- Todos los equipos de línea aérea dispondrán de doble aislamiento;
- Todos los postes de línea aérea estarán conectados a tierra mediante una pica de tierra independiente para cada poste instalada. Dicha pica será registrable para su fácil revisión y/o mantenimiento;
- Los equipos de corte y seccionamiento de catenaria se instalarán en armarios dedicados y aislados;
- Instalación de equipo de ménsula en acero galvanizado con aisladores, tirantes, deltas, con palancas, sin palancas, brazos atirantados, etc.
- Instalación de aisladores de sección de catenaria tranviaria para separar los distintos sectores eléctricos;
- Instalación de dispositivos de protección. El hilo de contacto se dispondrá a una altura que podrá variar entre los 4 y 6 metros. La línea se descompone en secciones y subsecciones eléctricas, que están determinadas por la ubicación de las subestaciones y la posición de los desvíos.

#### j) SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN DEL MATERIAL RODANTE

Estará constituido por los siguientes elementos:

- Cuadro de enclavamiento electrónico ubicado en el Puesto de Mando (P.M.)
- Contadores de Eje o circuitos de vía (a determinar) responsables de detectar la situación de los trenes.
- Motores eléctricos para el accionamiento de los Aparatos de Vía;
- Señales de tráfico ferroviario;
- Equipos de vía y a bordo de los trenes para ver en el Cuadro de enclavamiento la posición de estos últimos.



El sistema de señalización ferroviaria cumple las siguientes funcionalidades:

- Detección de la posición de los trenes.
- Gestión de itinerarios: la gestión de itinerarios permite, los movimientos con seguridad de los trenes. La petición de itinerarios en línea se realizará por parte del conductor, al aproximarse a la zona de maniobra, mediante un sistema de transmisión unidireccional embarcado.
- Orientación a conductor: la orientación al conductor proporciona las informaciones necesarias para la conducción del material rodante mediante del mando de las señales de maniobras y de los indicadores de dirección y/o destino.
- Supervisión de la señalización: la supervisión de la señalización y el control de la explotación desde el P.M. incluyendo la posibilidad de consulta en tiempo diferido.

La inserción del sistema de Tren Metropolitano de Cochabamba en las zonas urbanas implica la creación de cruzamiento con estradas o zonas de circulación automóvil y pedestre. Por razones de seguridad esos cruces tienen que ser debidamente señalados tanto para los trenes como para el tráfico automóvil y pedestre.

La señalización tráfico automóvil y/o pedestre con el sistema de señalización ferroviaria, se considerará un sistema de señalización basado en la prioridad semafórica para los trenes. En ningún caso los cruces serán gestionados mediante pasos a nivel.

Se instalará un sistema de telefonía propio a la explotación del tranvía, que comunicará los teléfonos en los talleres, las oficinas de la operadora, el P.M, las subestaciones y los locales técnicos

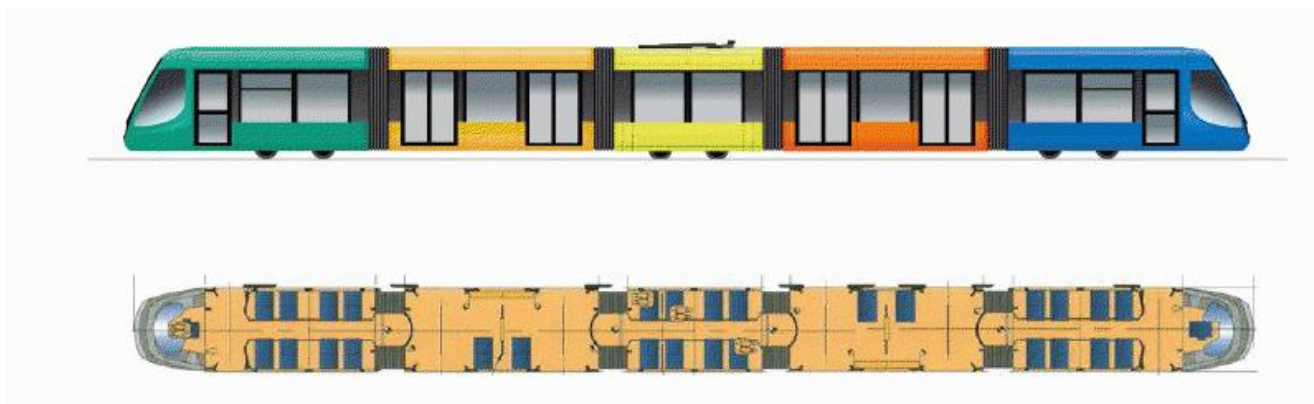
La operación de la línea se gestiona desde el P.M. que proporcionará los instrumentos centralizados necesarios para la operación en tiempo real y tiempo diferido de cada línea, además de la supervisión y gestión del tráfico ferroviario de trenes.

#### k) RESUMEN DEL EQUIPO TRACTIVO

*Tabla 0-35 Resumen de las Características del Equipo Tractivo*

<b>Tipo de vehículo:</b>	Bi-Direccional, con piso bajo integral
<b>Ancho de vía:</b>	1,435 mm
<b>Largo:</b>	32.50 m.
<b>Ancho:</b>	2.40 m.
<b>Alto:</b>	3.27 m
<b>Composición:</b>	Dotado de 5 módulos
<b>Altura de Acceso:</b>	320 mm
<b>Altura de piso:</b>	350 mm
<b>Pasajeros sentados:</b>	56
<b>Pasajeros de pie (4/m2):</b>	144
<b>Capacidad total de pasajeros:</b>	200 (Equivalente a tres autobuses urbanos)
<b>Número de puertas:</b>	6 por costado (4 dobles y 2 simples)
<b>Ancho de las puertas (puertas simples):</b>	800 mm
<b>Ancho de las puertas (puertas dobles):</b>	1,300 mm
<b>Confort:</b>	Aire Acondicionado
<b>Vigilancia:</b>	Sistema de vídeo para ayuda a la conducción
<b>Otros sistemas:</b>	Conexión a Internet WIFI en 4 unidades
<b>Sistemas de comunicación:</b>	Radiotéfonos, megafonía, interfono
<b>velocidad de diseño:</b>	80 km/h
<b>Peso del tranvía:</b>	39,122 Kg
<b>Número de bogies:</b>	3 (dos motorizados)
<b>Sistema de tracción:</b>	Trifásica con motores asíncronos
<b>Potencia:</b>	4 x 120 kW; consumo: 2 kW/Km-Tren
<b>Alimentación:</b>	750 Vcc
<b>Toma de alimentación:</b>	Por Pantógrafo desde la catenaria
<b>Sistema de frenado:</b>	Eléctrico mixto reostático y regenerativo, neumático hidráulico, de estacionamiento y patines electromagnéticos
<b>Aceleración / Deceleración:</b>	1.2 m/seg <sup>2</sup> ; frenado normal 1.25 m/seg <sup>2</sup> y 2.5 mseg <sup>2</sup> emergencia

Figura 0-19 Vista Lateral y Planta Interior del Tranvía



### 0.3.2.16.5 PARADAS Y ESTACIONES

#### a) UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE PARADA

El sistema contempla los siguientes tipos de instalación de parada o terminal de pasajeros:

- Estación central.
- Estaciones municipales.
- Apeadero simple.
- Apeadero de cruce de trenes.
- Estación Final

La descripción y planos esquemáticos que se presentan en este acápite son a nivel ilustrativo y no limitativo, ya que en la etapa del diseño final se detallarán los planos arquitectónicos, de ingeniería y de instalaciones, los mismos que serán puestos a consideración y aprobación de las instancias de control y monitoreo que corresponda.

A continuación se muestra la ubicación relativa de cada uno de los puntos de parada para cada una de las líneas férreas.

Tabla 0-36.-Ubicación de los puntos de parada de la Línea Roja

N°	CODIGO	DESIGNACIÓN	PROGRESIVA	TIPO
		ESTACION CENTRAL SAN ANTONIO	0+000	ESTACION CENTRAL
1	ER1	Parada 6 DE AGOSTO	0+800	APEADERO DE CRUCE DE TRENES
2	ER2	Parada EL ARCO Km 0	1+750	APEADERO DE CRUCE DE TRENES
3	ER3	Parada Av. SANTA BÁRBARA	2+600	APEADERO DE CRUCE DE TRENES
4	ER4	Parada VIDRIOLUX	3+500	APEADERO DE CRUCE DE TRENES
5	ER5	Parada POLITÉCNICO	4+650	APEADERO SIMPLE
6	ER6	Parada UMSS-Facultad de Agronomía	5+260	ESTACION MUNICIPAL

Tabla 0-37.- ubicación de los puntos de parada de la Línea Amarilla.

N°	CODIGO	DESIGNACIÓN	PROGRESIVA	TIPO
		ESTACION CENTRAL SAN ANTONIO	0+000	ESTACION CENTRAL
		Parada CEMENTERIO	0+800	APEADERO SIMPLE
		Parada Av. AROMA	1+650	APEADERO DE CRUCE DE TRENES
1	EA1	Parada AEROPUERTO	2+250	APEADERO SIMPLE
2	EA2	Parada Villa CORONILLA	2+800	APEADERO SIMPLE
3	EA3	Parada HUAYNA KAPAC	3+300	APEADERO DE CRUCE DE TRENES
4	EA4	Parada ELFEC	3+800	ESTACION MUNICIPAL
5	EA5	Parada PLAZA COBIJA	4+250	APEADERO SIMPLE
6	EA6	Parada PARQUE DE LA FAMILIA	4+600	APEADERO DE CRUCE DE TRENES
7	EA7	Parada ESTADIUM FÉLIX CAPRILES	5+250	ESTACION MUNICIPAL
8	EA8	Parada RECOLETA	6+350	APEADERO DE CRUCE DE TRENES
9	EA9	Parada ESCUELA MILITAR DE INGENIERIA	6+800	APEADERO SIMPLE



10	EA10	Parada MUYURINA	7+300	APEADERO DE CRUCE DE TRENES
11	EA11	Parada USIP	8+000	APEADERO SIMPLE
12	EA12	Parada SEDCAM-ABC	8+800	APEADERO SIMPLE
13	EA13	Parada ZONA PARAISO	9+400	APEADERO SIMPLE
14	EA14	Parada ELCASTILLO	9+800	ESTACION MUNICIPAL

**Tabla o-38.- ubicación de los puntos de parada de la Línea Verde.**

N°	CODIGO	DESIGNACIÓN	PROGRESIVA	TIPO
		ESTACION CENTRAL SAN ANTONIO	0+000	ESTACION CENTRAL
1	EV1	Parada CEMENTERIO	0+800	APEADERO SIMPLE
2	EV2	Parada AROMA	1+650	APEADERO SIMPLE
3	EV3	Parada AEROPUERTO	2+250	APEADERO SIMPLE
4	EV4	Parada PARQUE MCAL. SANTA CRUZ VELÓDROMO	3+300	APEADERO DE CRUCE DE TRENES
5	EV5	Parada Av. CIRCUNVALACIÓN BEIJIN HIPÓDROMO	4+300	APEADERO SIMPLE
6	EV6	Parada HOSPITAL ELIZABETH SETON HOSPITAL CNSS COMPLEJO INDUSTRIAL IMBA	6+200	APEADERO SIMPLE
7	EV7	Parada ADUANA NACIONAL	8+300	APEADERO DE CRUCE DE TRENES
8	EV8	Parada COLCAPIRHUA	9+500	ESTACION MUNICIPAL
9	EV9	Parada PIÑAMI	11+300	APEADERO SIMPLE
10	EV10	Parada TERMINAL DE BUSES QUILLACOLLO	13+600	APEADERO DE CRUCE DE TRENES
11	EV11	Parada QUILLACOLLO	14+400	ESTACION MUNICIPAL
12	EV12	Parada FÁBRICA MANACO	15+500	APEADERO SIMPLE
13	EV13	Parada CEMENTERIO DE VINTO	16+800	APEADERO SIMPLE
14	EV14	Parada VINTO	18+200	ESTACION MUNICIPAL
15	EV15	Parada ALTO MIRADOR	19+300	APEADERO SIMPLE
16	EV16	Parada CENTRO DE SALUD VINTO CHICO	20+400	APEADERO SIMPLE
17	EV17	Parada SIPE SIPE 1	22+400	APEADERO SIMPLE
18	EV18	Parada COTAPACHI	23+520	APEADERO SIMPLE
19	EV19	Parada SIPE SIPE 2	24+540	APEADERO SIMPLE
20	EV20	Parada CAMPOS DE AMIRAYA	25+180	APEADERO SIMPLE
21	EV21	Parada SIPE SIPE 3	26+400	APEADERO SIMPLE
22	EV22	Parada SUTICOLLO	27+100	ESTACION MUNICIPAL

#### b) ESTACION CENTRAL.

La Estación Central San Antonio, infraestructura existente, será el centro de operaciones de control y seguimiento de todo el proceso de movilidad de pasajeros del sistema de transporte. Además todas las líneas parten de ella; es decir, la Estación Central se constituye en el Km 00+000 de las tres rutas.

Se compone de dos edificios; uno de aproximadamente 1.195 m<sup>2</sup> de superficie y otro de aproximadamente 1.581 m<sup>2</sup>. Ambos se dividen en dos plantas y cuentan con espacios destinados a comercio y servicios.

La zona de andenes está cubierta al completo y forma un espacio de 2.400 m<sup>2</sup>. Ambos edificios se encuentran conectados mediante un paso subterráneo bajo los andenes. Se considera también la reparación y pintado de la fachada del edificio actual de la estación de San Antonio, estando catalogado como edificio patrimonial, se tiene previsto una actuación superficial de revocos y pintura en su fachada, para no alterar su valor artístico.

Asimismo, en este capítulo de la estación nueva incluye los equipamientos necesarios para la zona del puesto de control y zonas de gestión de la explotación y administración del explotador del servicio.

Incluye también las zonas de maniobra, andenes e instalaciones auxiliares para la operatividad de los trenes con las líneas que operan y con la zona de estacionamiento y cocheras y talleres.



### c) ESTACIONES MUNICIPALES.

Las estaciones municipales se sitúan cercanas a los núcleos más densos de población. Su superficie aproximada es de 525 m<sup>2</sup>; cuentan con varios locales comerciales distribuidos en planta baja. Además cuentan con 2.400 m<sup>2</sup> de andenes completamente cubiertos.

Serán materializadas las siguientes estaciones municipales:

*Tabla o-39.- Ubicación de las Estaciones Municipales.*

LÍNEA	PARADA	ESTACION MUNICIPAL	OBSERVACION
ROJA	UMSS – FAC. AGRONOMIA	CERCADO	
AMARILLA	ELFEC	CERCADO	
AMARILLA	ESTADIUM FELIX CAPRILES	CERCADO	
AMARILLA	EL CASTILLO	SACABA	A su vez se constituye en estación final.
VERDE	COLCAPIRHUA	COLCAPIRHUA	
VERDE	QUILLACOLLO	QUILLACOLLO	
VERDE	VINTO	VINTO	
VERDE	SUTICOLLO	SUTICOLLO	A su vez se constituye en estación final.

Estas estaciones municipales serán más grandes que las paradas simples y dobles. Además que se constituirán en un punto de articulación de transporte bimodal al generar con el tiempo que otros medios de transporte municipal, tales como el terrestre, constituido por los vehículos de transporte público, se vinculen generando una determinada cantidad de viajes desde los distintos rincones de cada Municipio hacia estas denominadas Estaciones Municipales.

Esto tendrá efectos secundarios de gran beneficio para cada uno de los Gobiernos Municipales puesto que la dinámica da cada una de estas estaciones traerá consigo el desarrollo de comercio, la creación de equipamientos y el incremento de servicios logrando un movimiento económico importante a lo largo del tiempo.

Las estaciones municipales contarán con los equipamientos adecuados para brindar un servicio de calidad a los usuarios del tren metropolitano tales como sanitarios, boleterías, puntos de seguridad, puntos de atención medica de emergencias, rampas de acceso para personas con capacidades diferentes, personal de seguridad, además de proporcionar una adecuada información a los pasajeros de las tarifas, itinerarios, rutas, etc.

El diseño de las estaciones refleja modernidad y desarrollo además de buscar la armonía con el medio circundante.

### d) APEADEROS SIMPLES

Las apeaderos simples son instalaciones de menor tamaño con respecto a las estaciones municipales, pero no de menor importancia para los usuarios dado que están orientadas a reducir los tiempos de viaje de los mismos, al estar ubicadas entre estaciones reducen considerablemente el tiempo de llegada da cada usuario a un punto de colecta de pasajeros del sistema férreo.

Los apeaderos no son estaciones y por ende un tren no puede iniciar su itinerario en uno de ellos sino que solo puede parar con objeto de carga y descarga de pasajeros habiendo partido de una estación y con destino a otra.

La ubicación de los apeaderos se ha efectuado con el objetivo de reducir también la distancia de los usuarios a centros de venta de servicios y puntos estratégicos tales como fábricas, universidades, colegios, centros de esparcimiento, centros de abasto, etc. Impulsando con esto al desarrollo de la economía local de cada uno de los barrios, OTBs, etc.

Los apeaderos se componen de un andén de aproximadamente 40 m de largo y entre 3 y 7 m de ancho, semicubierto en toda su superficie (350 m<sup>2</sup>) y con un puesto para la venta de billetes. También dispondrán de aseos y paneles informativos.

*Tabla o-40- Ubicación de los apeaderos simples de la línea roja.*

N°	CODIGO	DESIGNACIÓN	PROGRESIVA	TIPO
----	--------	-------------	------------	------



1	ER5	Parada POLITÉCNICO	4+650	APEADERO SIMPLE
---	-----	--------------------	-------	-----------------

**Tabla o-41 Ubicación de los apeaderos simples de la línea amarilla.**

N°	CODIGO	DESIGNACIÓN	PROGRESIVA	TIPO
12		Parada CEMENTERIO	0+800	APEADERO SIMPLE
3	EA1	Parada AEROPUERTO	2+250	APEADERO SIMPLE
4	EA2	Parada Villa CORONILLA	2+800	APEADERO SIMPLE
5	EA5	Parada PLAZA COBIJA	4+250	APEADERO SIMPLE
6	EA9	Parada ESCUELA MILITAR DE INGENIERIA	6+800	APEADERO SIMPLE
7	EA11	Parada USIP	8+000	APEADERO SIMPLE
8	EA12	Parada SEDCAM-ABC	8+800	APEADERO SIMPLE
9	EA13	Parada ZONA PARAISO	9+400	APEADERO SIMPLE

**Tabla o-42.- Ubicación de los apeaderos simples de la línea verde.**

N°	CODIGO	DESIGNACIÓN	PROGRESIVA	TIPO
1	EV1	Parada CEMENTERIO	0+800	APEADERO SIMPLE
2	EV2	Parada AROMA	1+650	APEADERO SIMPLE
3	EV3	Parada AEROPUERTO	2+250	APEADERO SIMPLE
4	EV5	Parada Av. CIRCUNVALACIÓN BEIJIN HIPÓDROMO	4+300	APEADERO SIMPLE
5	EV6	Parada HOSPITAL ELIZABETH SETON HOSPITAL CNSS COMPLEJO INDUSTRIAL IMBA	6+200	APEADERO SIMPLE
6	EV9	Parada PIÑAMI	11+300	APEADERO SIMPLE
7	EV12	Parada FÁBRICA MANACO	15+500	APEADERO SIMPLE
8	EV13	Parada CEMENTERIO DE VINTO	16+800	APEADERO SIMPLE
9	EV15	Parada ALTO MIRADOR	19+300	APEADERO SIMPLE
10	EV16	Parada CENTRO DE SALUD VINTO CHICO	20+400	APEADERO SIMPLE
11	EV17	Parada SIPE SIPE 1	22+400	APEADERO SIMPLE
12	EV18	Parada COTAPACHI	23+520	APEADERO SIMPLE
13	EV19	Parada SIPE SIPE 2	24+540	APEADERO SIMPLE
14	EV20	Parada CAMPOS DE AMIRAYA	25+180	APEADERO SIMPLE
15	EV21	Parada SIPE SIPE 3	26+400	APEADERO SIMPLE

#### e) APEADERO DE CRUCE DE TRENES

A lo largo del movimiento de los trenes dentro del sistema de movilidad de cada una de las líneas férreas existen siempre, de acuerdo a los itinerarios de cada uno de los trenes, puntos de cruce de trenes.

Son puntos de encuentro de trenes de una misma línea férrea pero con diferente sentido de circulación o dicho de otra forma uno de ida y otro de vuelta.

**Tabla o-43.- Ubicación de los apeaderos de cruce de trenes de la Línea Roja.**

N°	CODIGO	DESIGNACIÓN	PROGRESIVA	TIPO
1	ER1	Parada 6 DE AGOSTO	0+800	APEADERO DE CRUCE DE TRENES
2	ER2	Parada EL ARCO Km 0	1+750	APEADERO DE CRUCE DE TRENES
3	ER3	Parada Av. SANTA BÁRBARA	2+600	APEADERO DE CRUCE DE TRENES
4	ER4	Parada VIDRIOLUX	3+500	APEADERO DE CRUCE DE TRENES

**Tabla o-44.- Ubicación de los apeaderos de cruce de trenes de la Línea Amarilla.**

N°	CODIGO	DESIGNACIÓN	PROGRESIVA	TIPO
1		Parada Av. AROMA	1+650	APEADERO DE CRUCE DE TRENES
2	EA3	Parada HUAYNA KAPAC	3+300	APEADERO DE CRUCE DE TRENES
3	EA6	Parada PARQUE DE LA FAMILIA	4+600	APEADERO DE CRUCE DE TRENES
4	EA8	Parada RECOLETA	6+350	APEADERO DE CRUCE DE TRENES
5	EA10	Parada MUYURINA	7+300	APEADERO DE CRUCE DE TRENES

**Tabla o-45.- Ubicación de los apeaderos de cruce de trenes de la Línea Verde**



N°	CODIGO	DESIGNACIÓN	PROGRESIVA	TIPO
1	EV4	Parada PARQUE MCAL. SANTA CRUZ VELÓDROMO	3+300	APEADERO DE CRUCE DE TRENES
2	EV7	Parada ADUANA NACIONAL	8+300	APEADERO DE CRUCE DE TRENES
3	EV10	Parada TERMINAL DE BUSES QUILLACOLLO	13+600	APEADERO DE CRUCE DE TRENES

#### f) ESTACION FINAL

Cada una de las líneas férreas empieza en la estación central y termina en una estación final, es decir se tiene una estación final para cada línea.

Las estaciones finales son estaciones destinadas a guardar trenes y están situadas al final del recorrido de cada tramo. Cuentan con una superficie de 525 m<sup>2</sup> destinados a locales comerciales en una única planta baja. La zona de andenes se extiende hasta los 2.400m<sup>2</sup> completamente cubiertos y cerrados. Las estaciones finales cuentan con los mismos equipamientos que las estaciones municipales, pero adicionalmente disponen de área adecuadas para el pernocte de los trenes.

#### g) COCHERAS

Este edificio industrial albergará el taller de revisión, reparación y mantenimiento de los vehículos del tranvía y los vestuarios y salas de descanso de todos los trabajadores relacionados con la conducción y reparación.

Se trata de un único edificio que engloba tres partes diferenciadas, el taller, los almacenes y cuartos de instalaciones y la zona de vestuarios. Todo el edificio se desarrolla en una única planta baja.

El taller se compone de una vía de pintura, secado de bogies, tornado de ruedas, vías de revisión y un túnel de lavado. Estas zonas van equipadas con material específico para las operaciones que en ellas se realizan, contando con zonas de fosos, puentes grúa y equipos auxiliares y herramientas para el mantenimiento y revisión preventiva de las unidades móviles.

En la zona de almacén se distinguen dos áreas principales, almacén de instalaciones fijas y material móvil. La zona de vestuarios se divide en dos, vestuario masculino y vestuario femenino.

Adosado al edificio anteriormente descrito se construirá una gran marquesina que albergará las cocheras, con una capacidad para 12 coches.

*Figura 0-20 Cocheras y Talleres Típicos*







### 0.3.2.16.6 PRE-DISEÑO GEOMÉTRICO Y MOVIMIENTO DE TIERRAS

#### a) INTRODUCCIÓN

La literatura sobre el trazado de la vía en sistemas tranviarios no es particularmente abundante. Si existe ha sido publicada en la última década. No se evidencian estudios exhaustivos específicos de tranvías sobre los parámetros relativos a la concepción del trazado de la vía. En Bolivia no existe normativa para el diseño de vías en placa para trenes ligeros o tranvías.

Esta situación contrasta con la que se da en el ferrocarril convencional, que dispone de mayor información y también de normativas específicas. A título indicativo, en el ámbito europeo, se dispone de la siguiente reglamentación: la UNE ENV 13803 -1 "Parámetros de proyecto del trazado de la vía. Ancho de vía de 1435 mm y mayores. Parte 1: Plena vía". Además, a nivel nacional, muchos países cuentan con recomendaciones propias.

Otro argumento de gran peso es que se han utilizado criterios acomodaticios del ferrocarril convencional. El tranvía tiene unas características intrínsecas claramente diferenciadas en cuanto a material móvil, explotación del sistema, inserción en el territorio, etc.

El marco de referencia en cuestión no tiene un carácter normativo sino orientativo. La principal razón reside en el hecho de que, si fuese normativo, tocaría descartar la implantación de tranvías en muchas zonas urbanas.

El estudio estará orientado al equilibrio de uso de la vía por trenes de pasajeros, privilegiando la velocidad de operación.

#### b) PARÁMETROS DE DISEÑO DE LA ALTERNATIVA ELEGIDA

Los parámetros de control geométrico, están relacionados con las velocidades de diseño y otros factores como la seguridad de circulación de los usuarios, funcionalidad de la vía, el costo de construcción, los costos de operación vehicular y las operaciones de mantenimiento.

De acuerdo a las normas señaladas en acápites anteriores, en el siguiente cuadro se muestran los parámetros utilizados para el diseño geométrico de la alternativa elegida:



**Tabla o-46 Parámetros del Diseño Geométrico**

PARÁMETRO	CRITERIO DE DISEÑO
Velocidad máxima	80 Km/hr
Velocidad comercial	40 Km/hr
Ancho de vía	1.435 m
Aceleración sin compensar máxima	0.65 m/s <sup>2</sup>
Radio mínimo de curva	45
Sobre ancho en curvas	0 - 6 mm
Acuerdo horizontal	Circular simple - clotoides
Longitud mínima curva vertical	50 m
Pendiente longitudinal máxima	4.5
Galibo vertical	5.5 m

### c) DISTRIBUCIÓN DE VELOCIDADES

En base a un trazado preliminar, se realizó un análisis estadístico de las curvaturas, pendientes longitudinales, con el fin de establecer los tramos de velocidades de proyecto, las que varían entre 40 y 80 kilómetros por hora. Finalmente, se consolidaron los tramos de velocidades como se muestran en las Tablas como Velocidades de Proyecto que hacen que el Diseño tenga un incremento en las características de Seguridad Vial, confort y la disminución de tiempos de viaje para los usuarios.

**Tabla o-47 Distribución de Velocidades**

DISTRIBUCIÓN DE VELOCIDADES – LÍNEA ROJA			
Inicio	Final	Longitud	Velocidad Km/hr
0+000	8+250	8,250.00	80
8+250	10+500	2,250.00	70

DISTRIBUCIÓN DE VELOCIDADES – LÍNEA AMARILLA			
Inicio	Final	Longitud	Velocidad Km/hr
0+000	2+200	2,200.00	60
2+200	3+800	1,600.00	40
3+800	4+550	750.00	50
4+550	5+250	700.00	40
5+250	7+300	2,050.00	60
7+300	9+800	2,500.00	50

DISTRIBUCIÓN DE VELOCIDADES – LÍNEA VERDE			
Inicio	Final	Longitud	Velocidad Km/hr
0+000	16+900	16,900.00	80
16+900	20+300	3,400.00	70

### 0.3.2.16.7 PRE-DISEÑO SISTEMA DE DRENAJE

Con base a las características morfométricas de cada cuenca y los datos topográficos obtenidos en campo, se aplicaron modelos matemáticos descritos en el capítulo 18, para la obtención de caudales de diseño. Este caudal ha servido para dimensionar las obras de drenaje transversal a proyectarse.

Para el cálculo de estas obras se utilizaron las cuencas bajas por la variación evidenciada en campo de los caudales circundantes. Como se puede apreciar en el inventario, muchas de estas presentan dimensiones menores y pendientes bajas.

De acuerdo a lo anterior se realizó el cálculo de caudales empleando la fórmula de manning para flujo uniforme, las características geométricas, rugosidades y pendientes están en correspondencia a las inspecciones de campo y a levantamiento topográfico.

Se han dimensionado y estudiado 4 tipos de dispositivos de drenaje transversal a ser construidos en diferentes sitios del proyecto con la finalidad de conducir las aguas de la manera más eficiente, en general todos los

dispositivos recomendados en el diseño serán de Hormigón armado debido a que las alcantarillas metálicas observadas en el sitio del proyecto presentan altos niveles de corrosión; por otro lado, las dimensiones en alcantarillas circulares de paso no serán de diámetro menor a 1.00 metro, según norma, debido a que de otra forma se dificulta en gran medida la limpieza y mantenimiento de las mismas.

Por otro lado, la pendiente mínima a ser utilizada en el cálculo de estos dispositivos es de 2% y no mayor a 3% el cual se acomoda perfectamente al terreno de poca pendiente, y por ende se evitara la socavación.

Los diferentes tipos de dispositivos proyectados para el tramo, presentan dimensiones mayores existentes, basado en los caudales obtenidos del estudio hidrológico realizado.

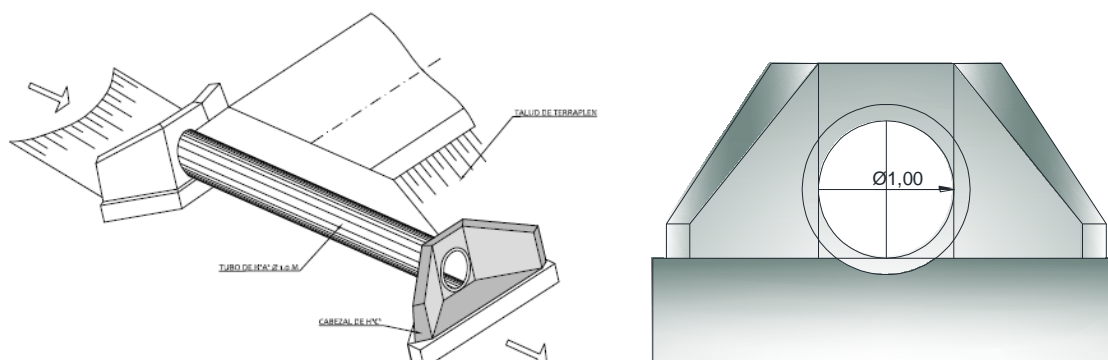
Adicionalmente se construirán muros de gavión para encauzar las aguas en ciertos ríos y alcantarillas, dichos volúmenes se detallan en el cómputo de drenaje y puentes.

A continuación se indica las obras de drenaje a emplearse:

- **ATH (d=1m):** Alcantarilla simple de tubo de hormigón armado
- **ACH(1.50x1.00):** Alcantarilla simple tipo cajón de hormigón armado de 1.50x1.00
- **ACH(2.00x1.00):** Alcantarilla simple tipo cajón de hormigón armado de 2.00x1.00
- **ACH(3.00x1.50):** Alcantarilla simple tipo cajón de hormigón armado de 3.00x1.50
- **DP-0.45x40:** Dispositivo de paso tipo canal de hormigón armado 0.45x40
- **DP-0.65x60:** Dispositivo de paso tipo canal de hormigón armado 0.65x60

a) UBICACIÓN Y LONGITUD DE ALCANTARILLAS ATH (D=1.00M)

Figura o-21 ALCANTARILLA ATH (D=1.00M)



Fuente: Elaboración Propia

Tabla o-48 UBICACIÓN ATH (D=1.00M). LÍNEA ROJA

Nro	PROGRESIVA	TIPO	LONGITUD	OBSERVACIONES
1	4 + 420	ATH(d=1.00)	6.4	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
2	4 + 800	ATH(d=1.00)	7.2	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO

Tabla o-49 UBICACIÓN ATH (D=1.00M). LÍNEA VERDE – SUB TRAMO COCHABAMBA - VINTO

Nro	PROGRESIVA	TIPO	LONGITUD [m]	OBSERVACIONES
1	9+451	ATH( d=1.00)	8.1	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
2	9+848	ATH( d=1.00)	6.8	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
3	10+631	ATH( d=1.00)	5.8	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
4	10+761	ATH( d=1.00)	6.2	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
5	10+807	ATH( d=1.00)	7.1	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
6	11+639	ATH( d=1.00)	7.1	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
7	11+724	ATH( d=1.00)	6.1	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
8	12+067	ATH( d=1.00)	6.3	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
9	13+525	ATH( d=1.00)	7.2	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
10	13+801	ATH( d=1.00)	5.9	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
11	14+007	ATH( d=1.00)	7.0	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
12	14+673	ATH( d=1.00)	6.4	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO

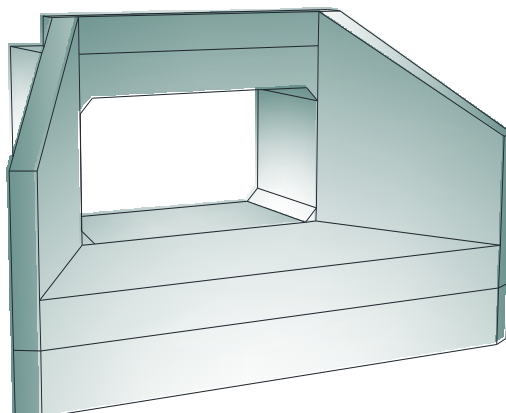
Nro	PROGRESIVA	TIPO	LONGITUD [m]	OBSERVACIONES
13	15+219	ATH( d=1.00)	6.1	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
14	16+168	ATH( d=1.00)	7.7	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
15	16+646	ATH( d=1.00)	10.5	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
16	16+882	ATH( d=1.00)	6.0	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
17	16+982	ATH( d=1.00)	5.9	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
18	17+816	ATH( d=1.00)	5.9	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
19	19+812	ATH( d=1.00)	6.1	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
20	20+333	ATH( d=1.00)	6.9	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
21	20+493	ATH( d=1.00)	6.8	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
22	21+243	ATH( d=1.00)	6.6	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
23	21+826	ATH( d=1.00)	7.4	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
24	22+252	ATH( d=1.00)	5.9	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
25	25+649	ATH( d=1.00)	5.9	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
26	25+721	ATH( d=1.00)	7.4	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO

Tabla 0-50 UBICACIÓN ATH (D=1.00M). LÍNEA VERDE – SUB TRAMO VINTO - SUTICOLLO

Nro	PROGRESIVA	TIPO	LONGITUD	OBSERVACIONES
1	1+112	ATH(d=1.00)	10.6	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
2	1+491	ATH(d=1.00)	10.9	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
3	1+695	ATH(d=1.00)	7.8	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
4	1+828	ATH(d=1.00)	8.7	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
5	2+435	ATH(d=1.00)	6.6	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
6	2+831	ATH(d=1.00)	6.1	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
7	3+162	ATH(d=1.00)	9.1	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
8	3+442	ATH(d=1.00)	7.9	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
9	3+549	ATH(d=1.00)	6.9	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
10	3+718	ATH(d=1.00)	6.0	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
11	3+879	ATH(d=1.00)	8.4	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
12	3+971	ATH(d=1.00)	12.3	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
13	4+055	ATH(d=1.00)	15.0	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
14	4+132	ATH(d=1.00)	15.1	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
15	4+487	ATH(d=1.00)	6.4	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
16	5+342	ATH(d=1.00)	6.0	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
17	5+718	ATH(d=1.00)	5.9	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
18	6+017	ATH(d=1.00)	7.0	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
19	6+286	ATH(d=1.00)	15.9	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
20	6+765	ATH(d=1.00)	6.4	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
21	7+247	ATH(d=1.00)	11.3	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
22	7+469	ATH(d=1.00)	12.7	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
23	7+748	ATH(d=1.00)	9.1	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO

b) UBICACIÓN Y LONGITUD DE ALCANTARILLAS ACH (1.50X1.00)

Figura 0.22 ALCANTARILLA TIPO CAJÓN DE HORMIGÓN DE 1.50X1.00 Y 2.00 X1.00



Fuente: Elaboración Propia

Tabla o-51 UBICACIÓN ACH (1.50X1.00). LÍNEA VERDE

Nro	PROGRESIVA	TIPO	LONGITUD	OBSERVACIONES
1	9+945.86	ACH (1.50X1.00)	8.8	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
2	10+085.82	ACH (1.50X1.00)	7.8	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
3	10+421.41	ACH (1.50X1.00)	7.6	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
4	10+553.92	ACH (1.50X1.00)	7.2	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
5	11+493.38	ACH (1.50X1.00)	8.8	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
6	13+011.71	DP(0.4X0.45)	4.9	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
7	13+070.09	DP(0.4X0.45)	4.8	RECONSTRUCCIÓN
8	14+157.57	ACH (1.50X1.00)	6.3	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
9	15+615.65	ACH (1.50X1.00)	6.9	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO

c) UBICACIÓN Y LONGITUD DE ALCANTARILLAS ACH (2.00X1.00)

Tabla o-52 UBICACIÓN ACH (2.00x1.00). LÍNEA VERDE

Nro	PROGRESIVA	TIPO	LONGITUD	OBSERVACIONES
1	9+765.56	ACH(2.00X1.00)	6.6	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
2	15+069.74	ACH(2.00X1.00)	5.8	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
3	15+572.38	ACH(2.00X1.00)	6.6	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO

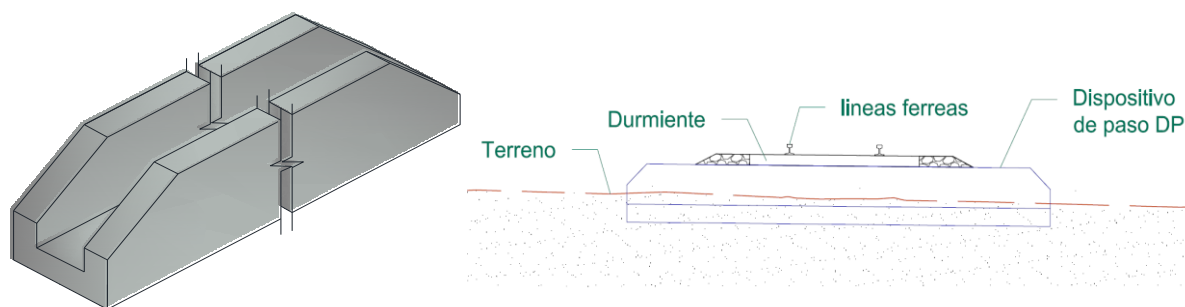
d) UBICACIÓN Y LONGITUD DE ALCANTARILLAS ACH (3.00X1.50)

Tabla o-53 UBICACIÓN ACH (3.00x1.50). LÍNEA VERDE

Nro	PROGRESIVA	TIPO	LONGITUD	OBSERVACIONES
1	9+314.93	ACH(3.00X1.50)	6.3	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
2	9+344.85	ACH(3.00X1.50)	6.3	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
3	10+320.18	ACH(3.00X1.50)	8.8	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO

e) UBICACIÓN DE DISPOSITIVOS DE PASO TIPO CANAL DP

Figura o.23 Dispositivo de Paso DP



Fuente: Elaboración Propia

Tabla o-54 UBICACIÓN DP (0.4X0.6). LÍNEA VERDE – SUB TRAMO COCHABAMBA – VINTO

Nro	PROGRESIVA	TIPO	LONGITUD [m]	OBSERVACIONES
1	12+460.90	DP(0.4X0.45)	4.8	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
2	12+600.70	DP(0.4X0.45)	4.9	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
3	12+903.25	DP(0.4X0.45)	4.8	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
4	12+926.78	DP(0.4X0.45)	4.8	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
5	13+171.51	DP(0.4X0.45)	4.8	RECONSTRUCCIÓN
6	15+432.16	DP(0.4X0.45)	4.8	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
7	20+076.07	DP(0.4X0.45)	6.1	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO



**Tabla o-55 UBICACIÓN DP (o.4Xo.6). LÍNEA VERDE – SUB TRAMO COCHABAMBA – VINTO**

Nro	PROGRESIVA	TIPO	LONGITUD [m]	OBSERVACIONES
1	9+126.43	DP (0.6x0.65)	6.3	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
2	9+480.39	DP (0.6x0.65)	6.3	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
3	10+145.43	DP (0.6x0.65)	5.8	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
4	10+241.80	DP (0.6x0.65)	5.7	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
5	13+681.09	DP (0.6x0.65)	4.9	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
6	15+668.26	DP (0.6x0.65)	4.9	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
7	17+161.41	DP (0.6x0.65)	4.9	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
8	17+959.09	DP (0.6x0.65)	4.7	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO

**Tabla o-56 UBICACIÓN DP (o.4Xo.45). LÍNEA VERDE – SUB TRAMO VINTO – SUTICOLLO**

Nro	PROGRESIVA	TIPO	LONGITUD	OBSERVACIONES
1	0+287.87	DP (0.4x0.45)	5.5	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
2	0+375.83	DP (0.4x0.45)	5.5	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
3	0+499.31	DP (0.4x0.45)	5.0	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
4	0+617.94	DP (0.4x0.45)	5.1	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
5	2+459.41	DP (0.4x0.45)	5.8	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
6	2+739.54	DP (0.4x0.45)	5.5	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
7	6+530.82	DP (0.4x0.45)	5.7	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
8	8+378.11	DP (0.4x0.45)	6.7	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
9	8+555.21	DP (0.4x0.45)	6.2	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
10	8+690.16	DP (0.4x0.45)	5.7	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO

**Tabla o-57 UBICACIÓN DP (o.6Xo.65). LÍNEA VERDE – SUB TRAMO VINTO – SUTICOLLO**

Nro	PROGRESIVA	TIPO	LONGITUD	OBSERVACIONES
1	5+089.93	DP (0.6x0.65)	5.7	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
2	5+146.20	DP (0.6x0.65)	5.7	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
3	5+182.80	DP (0.6x0.65)	5.7	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
4	5+314.27	DP (0.6x0.65)	5.6	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
5	5+429.03	DP (0.6x0.65)	5.6	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
6	5+581.23	DP (0.6x0.65)	5.7	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
7	6+190.92	DP (0.6x0.65)	5.7	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO
8	8+360.65	DP (0.6x0.65)	5.7	RECONSTRUCCIÓN Y ENCAUZAMIENTO

#### f) DRENAJE TRANSVERSAL

Se tiene prevista la ejecución de colectores pluviales que constan de una zanja transversal revestida, una cámara colectora y la conducción longitudinal de desfogue.

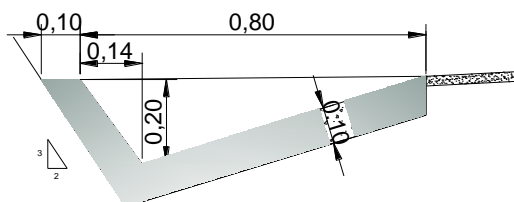
**Figura o.24 Detalle del Drenaje Transversal**



### g) DRENAJE LONGITUDINAL

Durante la elaboración del diseño no se han identificado sectores en los cuales se necesiten elementos de drenaje longitudinal, debido a que el tramo no presenta secciones de corte, pero si serán necesarios en los sitios de llegada a las estaciones a construirse, por tal razón se ha previsto la construcción de 2572 metros lineales de cuneta revestida con Hormigón Tipo A.

Figura 0.25 Cuneta de Hormigón Tipo A



Fuente: Elaboración Propia

### 0.3.2.16.8 PRE-DISEÑO DE OBRAS DE ARTE MAYOR

#### a) NORMAS Y PARÁMETROS DE DISEÑO

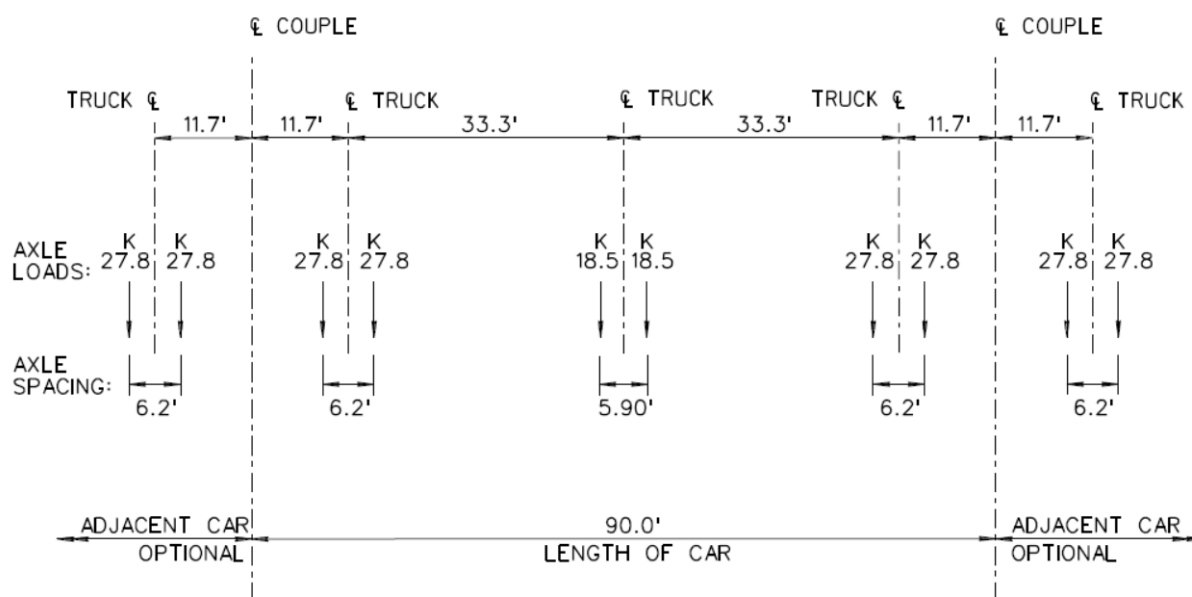
El prediseño de las estructuras se realizó siguiendo los parámetros establecidos en las siguientes normas:

- AASHTO LRFD Bridge Design 2007-2012
- A.R.E.M.A.
- ACI-318
- Design Criteria Manual – Metro Light Transit Projects, January 2007
- Track Design Handbook For Light Rail Transit

Para el pre-diseño de las estructuras se consideró el tren de diseño especificado en “DESIGN CRITERIA MANUAL. Metro Light Transit Projects, January 2007”.

Con un incremento de carga por impacto de 40% en luces mayores a los 30m., y 30% en luces menores a los 30m.

Figura 0-2 Tren de Cargas Tipo “DCM”



Fuente: DESIGN CRITERIA MANUAL, January 2007

Se considera el siguiente tren de cargas debido a que en el análisis que se realizó para el prediseño, las solicitaciones por este tren de cargas son ligeramente mayores a las del tren de cargas dado por el fabricante.





No se considero los trenes de diseño de la norma AREMA, debido a que son muy restrictivas para trenes ligeros por grandes diferencias de cargas y separacion entre ruedas (7.2 Desing Codes - TRACK DESING HANDBOOK FOR LIGHT RAIL TRANSIT ). No existen normas bolivianas para el diseño de puentes ferroviarios para trenes ligeros como es el caso presente.

#### b) PRE DISEÑO DE ESTRUCTURAS LÍNEA ROJA

En base a la evaluacion de las estructuras existentes y los datos de los estudios antes mencionados, se proponen nuevas estructuras, adecuadas para el paso del tren.

*Tabla o-58 Alternativas Línea Roja*

LÍNEA ROJA					
Puente	Progresiva	Nueva Estructura	Nº Tramos	Long. Tot. (m)	Observ.
P-001	05+320	Alcantarilla 3x3	1	3.00	Reemplazo

#### c) PRE DISEÑO DE ESTRUCTURAS LÍNEA AMARILLA

En base a la evaluación de las estructuras existentes y datos de los estudios antes mencionados, se proponen estructuras adecuadas al tren de diseño actual.

*Tabla o-59 Propuestas*

LÍNEA AMARILLA					
Puente	Progresiva	Solución de puente	Nº Tramos	Long. Tot. (m)	Observ.
P-001	04+760	Puente Sección cajón de Hormigón Postensado	7	157.50	Viaducto propuesto
P-002	04+917	Puente Sección cajón de Hormigón Postensado	7	157.50	Puente propuesto
P-003	05+990	Puente Sección cajón de Hormigón Postensado	5	112.50	Puente propuesto
P-004	08+930	Puente Sección cajón de Hormigón Postensado	4	90.00	Puente propuesto

#### d) PRE DISEÑO DE ESTRUCTURAS LÍNEA VERDE

En base a la evaluacion de las estructuras existentes y datos de los estudios antes mencionados. se proponen estructuras adecuadas al tren de diseño actual.

*Tabla o-6o Alternativas Línea Verde*

LÍNEA VERDE					
Puente	Progresiva	Solución de puente	Nº Tramos	Long. Tot. (m)	Observ.
P-001	00+680	Puente Sección cajón de Hormigón Postensado Carril Doble	2	45	Reemplazo
P-002	02+475	Puente Sección cajón de Hormigón Postensado Carril Simple	2	45	Reemplazo
P-003	05+493	Alcantarilla de 2 celdas 3x3	-	6	Reemplazo
P-004	07+415	Alcantarilla de 2 celdas 3x3	-	6	Reemplazo
P-005	08+480	Alcantarilla 3x3	-	3	Reemplazo
P-006	10+730	Puente Losa Nervurada de HºAº	1	10	Reemplazo
P-007	11+290	Alcantarilla de 2 celdas 3x3	-	6	Reemplazo
P-008	12+835	Alcantarilla de 2 celdas 3x3	-	6	Reemplazo
P-009	12+968	Puente Losa Sobre Vigas de Hormigón Postensado	1	22.5	Reemplazo
P-010	15+900	Puente Losa Sobre Vigas de Hormigón Postensado	1	22.5	Reemplazo
P-011	19+168	Puente Sección cajón de Hormigón Postensado Carril Simple	2	32.5	Reemplazo
P-012	19+265	Alcantarilla 3x3	-	3	Reemplazo
P-013	19+318	Puente Losa Sobre Vigas de Hormigón Postensado	1	15	Reemplazo
P-014	20+105	Alcantarilla de 2 celdas 3x3	-	6	Reemplazo
P-015	20+660	Alcantarilla de 2 celdas 3x3	-	6	Reemplazo
P-016	22+950	Puente Sección cajón de Hormigón Postensado Carril Simple	8	180	Reemplazo
P-017	23+870	Puente Sección cajón de Hormigón Postensado Carril Simple	2	45	Reemplazo
P-018	26+890	Puente Sección cajón de Hormigón Postensado Carril Simple	1	15	Reemplazo

#### e) LONGITUD TOTAL DE PUENTES EN EL PROYECTO

*Tabla o-61 Longitud Total de Puentes en las 3 líneas*

LÍNEA	TIPO DE PUENTE	LONG TOTAL(m)
-------	----------------	---------------





El Canal está formado por hormigón armado de 21MPa, y descansa sobre un lecho elástico modelado mediante análisis matricial.

#### g) MUROS DISIPADORES TRANSVERSALES.

Se definieron estructuras la retención y control de los sedimentos, son estructuras transversales (series de muros de retención) ya que estas son efectivas en este tipo de cauces, dado que controlan y regulan la pendiente del curso de agua, reduciendo la misma y son de fácil implementación.

Para el material de los muros se eligió muros de gavión, de rápida construcción, económicos, flexibles y permeables.

En el desarrollo del proyecto de los muros, para que las estructuras sean funcionales hidráulicamente, se calcularon los tirantes en las distintas secciones del río para flujos uniformes y críticos, también se calculó el tirante en los vertederos existentes, el número de caída que es un parámetro que nos sirve para el diseño de los disipadores, las profundidades de los remansos y la socavación producida por la caída de agua en el pie del muro.

Figura 0.27 Sección Muros Disipadores de Energía

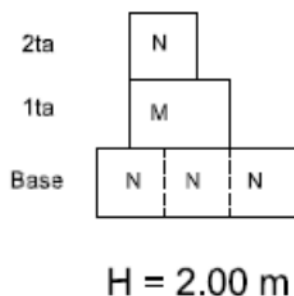


Tabla 0-63 Ubicación de Muros Transversales. Línea Amarilla

N°	UBICACIÓN	AREA M2	LONGITUD M	VOLUMEN M3
1	2+620	5.5	39.99	219.95
2	3+420	5.5	42.66	234.63
3	4+220	5.5	39.30	216.15
4	5+020	5.5	36.50	200.75
5	5+820	5.5	42.43	233.37
6	6+620	5.5	43.44	238.92
7	7+420	5.5	39.63	217.97
8	8+220	5.5	43.95	241.73

## 0.4 CONCLUSIONES

Entre las conclusiones del presente análisis podemos establecer:

- Desde un punto de vista social el proyecto es rentable lo cual quiere decir que la inversión efectuada generará mayores beneficios, según los indicadores estudiados, los cuales serán liberados a la sociedad de diversas maneras. El VAN es igual \$9,604,884.87 con una TIR igual a 13.11%
- El Análisis de sostenibilidad operativa establece que la Tarifa debe estar entre Bs 2,5 a Bs 3,5 para un flujo de pasajeros de 140.000 a 70.000 al día respectivamente
- El proyecto tienen alta sensibilidad al incremento de los costos de inversión y la reducción de los beneficios, por lo cual se recomienda que en la etapa de operación se trate de maximizar los beneficios.