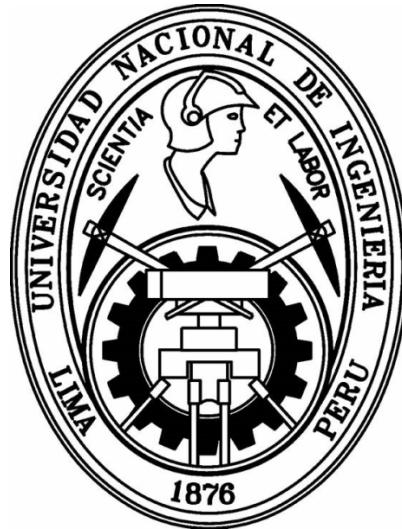


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

SECCION DE POSGRADO



**PLANEAMIENTO Y DISEÑO PRELIMINAR DE CARRILES DE
SOBREPASO PARA VIAS DE PRIMER ORDEN EN ZONAS
ACCIDENTADAS Y DE ALTURA**

TESIS

**PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS CON
MENCION EN INGENIERIA DE TRANSPORTE**

Ing. Elifio Rodolfo Quiñonez Rosales

LIMA – PERU

2011

PREFACIO

En la planificación, diseño y construcción de carreteras la construcción de carriles de sobrepaso es una forma eficiente de mejorar el específicamente esta tecnología puede ser aplicada con mucho éxito en el caso de las carreteras nacionales y corredores transversales del Perú que están bajo concesión y contratos por nivel de servicio. Esta política puede aplicarse también para carreteras de condiciones similares en otros países de la Comunidad Andina, tales como Ecuador, Colombia y Bolivia, para optimizar el flujo vehicular en tramos de carreteras con intenso tráfico de camiones especialmente en áreas montañosas de gran altitud.

El tramo Matucana - San Mateo de la Carretera Central del Perú con cerca de 3000 vehículos por día forma parte de una de las más importantes carreteras del país conectando la ciudad capital de Lima, con las regiones montañosas y selváticas a través de los departamentos de Junín, Huancavelica, Ayacucho, Pasco, Huánuco y Ucayali. Localizado en un área montañosa accidentada, el tramo Matucana – San Mateo es un camino sinuoso con señalización que prohíbe el sobrepaso lo que causa congestiones y excesivas demoras de tráfico, frustración de los conductores e incremento de los riesgos de accidente.

Esta investigación analiza el tramo crítico Matucana – San Mateo de la carretera Central del Perú, localizada cerca a la ciudad capital de Lima en una región montañosa con alturas que varían de 2378.41msnm, en Matucana a 3205.37 en San Mateo. Se a planificado y prediseñado carriles de sobrepaso entre los km 77 y 78, proponiendo la construcción de un carril adicional en cada dirección lo que mejorara el flujo vehicular, disminuirá la frustración de los conductores, las demoras del recorrido y el riesgo de accidentes.

PREFACE

In the planning, design and construction of highways, the inclusion of passing lanes (also known as overtaking lanes) is an efficient way of improving the level of service. Specifically this technology can be applied successfully in the case of Peru's national highways and transversal corridors, which are under concession and level-of-service contracts. These policies could also be applied for highways in similar conditions in other Andean Community countries such as Ecuador, Colombia and Bolivia, to optimize vehicle flow on highway sections with heavy truck traffic, specially in high altitude mountain areas.

The Matucana – San Mateo section of the Peruvian Central Highway, with nearly 3000 vehicles per day, is part of one of the most important highways in the country connecting the capital city of Lima to the mountain and central rainforest regions through the departments of Junin, Huancavelica, Ayacucho, Pasco, Huanuco and Ucayali. Located in steep mountain area, the Matucana – San Mateo section is a windy road with signalization prohibiting overtaking, which causes traffic congestions excessive delays, drivers frustration and increasing accident risks.

This research paper analyzes the critical Matucana – San Mateo section of the Peruvian Central Highway, located close to the Capital city of Lima, in a mountainous region with elevations varying from 2378.41masl in Matucana to 3205.37 masl in San Mateo. Overtaking lanes have been planned and predesigned between km 77 and km 78, proposing the construction of an additional lane in each direction which would greatly improve vehicle flow, decrease drivers frustration, travel delays and the risk of accidents.

PLANEAMIENTO Y DISEÑO PRELIMINAR DE CARRILES DE SOBREPASO PARA VIAS DE PRIMER ORDEN EN ZONAS ACCIDENTADAS Y DE ALTURA

INDICE

PREFACIO

PREFACE

INDICE

RELACION DE CUADROS

RELACION DE TABLAS

RELACION DE FIGURAS

RELACION DE FOTOGRAFIAS

INTRODUCCION

CAPITULO I: CARRILES DE SOBREPASO

1.1 Consideraciones generales

1.1.1 Características operativas de las carreteras de dos carriles

1.1.2 Requerimientos de los carriles de sobrepaso

1.2 Distancia mínima de seguridad entre dos vehículos

1.3 Distancia de percepción e iniciación de la maniobra para el sobrepaso

1.4 Longitudes de los carriles de sobrepaso

1.5. Distancia de un vehículo en dirección opuesta, antes del sobrepaso

CAPITULO II: ESTUDIO DE TRÁFICO

2.1. Ubicación de la estación de conteo

2.2. Conteo del tráfico vehicular

2.2.1. Características Generales del Conteo.

2.2.2. Análisis de la Información y Resultados Obtenidos

2.2.3. Resultados Directos del Conteo Vehicular

2.2.4. Índice Medio Diario (IMD)

2.2.5. Clasificación Vehicular Promedio

2.2.6. Variación Diaria

2.2.7. Variación Horaria

CAPITULO III: ESTUDIO DE VELOCIDADES

3.1. Generalidades

3.2. Objetivos

3.3. Características generales del estudio de velocidades

3.4. Ubicación de las estaciones para la toma de placas

3.5. Resultados del estudio de velocidades para el tramo seleccionado

3.5.1. Estación de plaqueo para el sector i puente Llican (Matucana)- San Mateo

3.5.2. Estaciones de plaqueo para el sector ii progresiva 77+185 -77+850

3.6. Cálculo de la desviación estándar de los tiempos de demora

3.7. Comparación de tiempo de demora media entre tipo de vehículos

3.7.1. Estaciones de plaqueo progresivas 77+185 y 77+850

CAPITULO IV: PLANEAMIENTO DE LOS REQUERIMIENTOS DE CARRILES DE SOBREPASO EN EL TRAMO III DE LA CARRETERA CENTRAL

- 4.1. Antecedentes
- 4.2. Funciones de la carretera central
- 4.3. Características técnicas de la vía
- 4.4. Niveles de servicio
- 4.5. Características operativas
- 4.6. Los accidentes de tránsito y su influencia en el planeamiento de carriles de sobrepaso
- 4.7. Planeamiento para ubicación de los carriles de sobrepaso y plazoletas de parqueo
 - 4.7.1 Carriles de sobrepaso
 - 4.7.2 Plazoleta de parqueo km 84+000

CAPITULO V: DISEÑO GEOMETRICO PRELIMINAR DE LOS CARRILES DE SOBREPASO EN EL SECTOR LLICAN KM 77+500

- 5.1. Topografía
- 5.2. Diseño geométrico preliminar
 - 5.2.1. Cálculo de longitud para los carriles de sobrepaso sector Llican sentido oeste-este progresiva 77+185-77+810, $l=625m$
 - 5.2.2. Cálculo de longitud para los carriles de sobrepaso sector Llican sentido este-oeste, progresiva 77+810-77+185, $l=625m$
 - 5.2.3. Cálculo de la longitud para los carriles de sobrepaso sector Llican sentido este-oeste
 - 5.2.4. Determinación de las longitudes totales de los carriles de sobrepaso en ambos sentidos sector Llican:
 - 5.2.5. Determinación de las longitudes máximas de los carriles de sobrepaso

5.3. Prediseño geométrico en planta, perfil y secciones transversales

5.3.1 Prediseño geométrico en planta

5.3.2. Prediseño del perfil longitudinal

5.3.3. Prediseño las secciones transversales

5.4. Estudio de suelos y pavimentos

5.4.1. Suelos

5.4.2. Pavimentos

5.5. Obras de artes menores

5.6. Señalización y seguridad vial

5.7. Costos de los carriles de sobrepaso y de la plazoleta de parqueo km 84+000

5.8. Impacto en los niveles de servicio

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

ANEXOS

1 Inventario vial básico

1.1 Inventario vial km77+000-km 78+000 zona del proyecto del carril de sobrepaso.

1.2 Inventario vial km84+000 zona del proyecto de plazoleta de parqueo.

2 Ensayo C.B.R.

3 Determinación de las coordenadas de C°-1 y C°-2 zona del proyecto

4 Presupuesto

5 Registro de accidentes años 2000-2007 tramo III Matucana San Mateo-MTC

6 Panel fotográfico

7 Juego de planos

7.1 Mapa vial del Perú

7.2 Ubicación y localización del proyecto PU-01

7.3 Plano clave tramo III Matucana-San Mateo PCL-01

7.4 Plano de planta y perfil longitudinal PPL-01

7.5 Secciones transversales ST-01

7.6 Plano plazoleta de parqueo km84+000, PZ-01

7.7 Plano de señalización PS-01

7.8 Planta y perfil de alcantarillas tipo, ALC-01

7.9 Plano de obras de arte y drenaje menores OA-01

7.10 Plano de sección tipo, PST-01

RELACION DE CUADROS

CUADRO 2.1 Características generales del tramo III Matucana-San Mateo.....	16
CUADRO 2.2 Clasificación vehicular para el conteo.....	18
Cuadro 4.1. Tramos de la Carretera Central Lima-Oroya.....	40
CUADRO 4.2 Cálculo de las características de la circulación del flujo vehicular diaria y por sentido desde el martes 16 al lunes 22 de mayo del 2006.....	48
CUADRO 4.3 Cuadro total semanal y promedio diario del flujo vehicular por sentido.....	49
Cuadro 4.6 Propuestas para la ubicación para construcción de carriles de sobrepaso.....	54
Cuadro 5.3.1.1 Cuadro de elementos de curva del diseño preliminar en planta.....	76
Cuadro 5.7.1. Presupuesto de los carriles de sobrepaso (km 77- 78).....	88
Cuadro 5.7.2 Presupuesto de la plazoleta de parqueo, tramo III (km 84).....	89

RELACION DE TABLAS

Tabla 1.1. Distancias de visibilidad recomendadas por la AASHTO, Indicadas en el Libro Caminos: Tomo Primero, Estudio del Trazado y Construcción de la Explanación, José Luis Escario y Núñez del Pino, pág. 43, 1960.....	13
Tabla 2.1 Resultados del IMD estación Llican km 77+500 (Fuente: elaboración propia).....	21
Tabla 2.2 Flujo vehicular proyectado, según el Consorcio CPI-CESEL, en el expediente técnico para la rehabilitación de la Carretera Central Héroes de la Breña, "Puente Ricardo Palma- La Oroya mayo año 2000.....	25
Tabla 2.3 Tráfico total proyectado para el tramo III de la Carretera Central Matucana - San Mateo.....	26
Tabla 3.1 Registro de velocidades de los vehículos observados en el campo, desde la progresiva 77+185 al 77+810 (Fuente: elaboración propia).....	30
Tabla 3.2 Resumen de velocidades promedio observadas de la progresiva 77+185 al 77+810, L=625m (Fuente: elaboración propia).....	31
Tabla 3.3 Registro de velocidades de los vehículos observados en el campo, desde la progresiva 77+810 al 77+185 (Fuente: elaboración propia).....	21
Tabla 3.4 Resumen de velocidades promedio observadas de la progresiva 77+810 al 77+185, L=625m (Fuente: elaboración propia).....	33
Tabla 3.5 Desviación estándar de los tiempos registrados por cada tipo de vehículo.....	36
Tabla3.6 Matriz de comparación tiempos (seg), de la diferencia de tiempo de demora entre vehículos (V1-V2) para un nivel de confianza del 95%. (d=625m).....	37
Tabla 4.4 Número de accidentes por modalidad de accidente periodo del 2000-2007 Carretera Central tramo III (Fuente MTC).....	51
Tabla 4.5 De registro de accidentes desde el km 74 al km 96 de la carretera central (2000-2007).....	52
Tabla 5.1 Coordenadas y cotas obtenidas en el PSAD 56.....	57

Tabla 5.2 Coordenadas y cotas obtenidas en el WGS84.....	58
Tabla 5.3 Coordenadas UTM en el sistema WGS 84 y cotas referidas a nivel medio del mar, de los puntos de control Cerro1 y Cerro2.....	58
Tabla 5.2.1.a Estudio de velocidades para hallar la longitud de los carriles de sobrepaso sector Ilican sentido oeste-este	63
Tabla 5.2.1.b. Resumen estudio de velocidades sentido Oeste-Este, Matucana San Mateo.....	64
Tabla 5.2.1.c. Desviación estándar de las diferencias de velocidades entre tipo de vehículos sentido Oeste-Este, Matucana - San Mateo.....	64
Tabla 5.2.1.d. Valores al 95% de confianza de la desviación estándar de las diferencias de velocidades entre tipos vehículos sentido Oeste-Este, Matucana - San Mateo.....	64
Tabla 5.2.1.e. Diferencia de velocidades promedios entre tipo de vehículos sentido Oeste-Este, Matucana - San Mateo.....	65
Tabla 5.2.1.f. Valores absolutos de las diferencias de velocidades promedios entre tipo de vehículos sentido Oeste-Este, Matucana - San Mateo.....	65
Tabla 5.2.1.g. Diferencias de velocidades promedios entre tipo de vehículos y el valor al 95% de confianza de la desviación estándar de las diferencias de velocidades.....	65
Tabla 5.2.1.g.1. Se toma solo las diferencias positivas para cumplir.....	65
Tabla 5.2.1.g.2. Se toma solo las diferencias positivas para cumplir	66
Tabla 5.2.1.g.3. Se toma solo las diferencias positivas para cumplir	66
Tabla 5.2.1.g.4. Se toma solo las diferencias positivas para cumplir	66
Tabla 5.2.1.g.5. Se toma solo las diferencias positivas para cumplir	66
Tabla 5.2.1.g.6. Se toma solo las diferencias positivas para cumplir	66
Tabla 5.2.2.a Estudio de velocidades para el cálculo de longitud para los carriles de sobrepaso sentido este-oeste.....	67

Tabla 5.2.2.b. resumen estudio de velocidades sentido Este - Oeste San Mateo – Matucana.....	68
Tabla 5.2.2.c. Desviaciones estándar de las diferencias de velocidades entre tipo de vehículos sentido Este-Oeste, San Mateo – Matucana.....	68
Tabla 5.2.2.d. Valores al 95% de confianza de la desviación estándar de las diferencias de velocidades entre tipos vehículos sentido Este-Oeste. Para un valor de confianza estadístico del 95% se debe cumplir que: $ V_1 - V_2 > 1.96S_d$ Para lo cual calculamos los valores: $1.96S_d$	68
Tabla 5.2.2.e. Diferencia de velocidades promedios entre tipo de vehículos sentido Este-Oeste, San Mateo – Matucana.....	69
Tabla 5.2.2.f. Valores absolutos de las diferencias de velocidades promedios entre tipo de vehículos sentido Este-Oeste, San Mateo- Matucana.....	69
Tabla 5.2.2.g. Diferencias de velocidades promedios entre tipo de vehículos y el valor al 95% de confianza de la desviación estándar de las diferencias de velocidades.....	69
Tabla 5.2.2.g.1 Se toma solo las diferencias positivas	69
Tabla 5.2.2.g.2 Se toma solo las diferencias positivas	70
Tabla 5.2.2.g.3 Se toma solo las diferencias positivas	70
Tabla 5.2.2.g.4 Se toma solo las diferencias positivas	70
Tabla 5.2.2.g.5 Se toma solo las diferencias positivas.....	70
Tabla 5.2.2.g.6 Se toma solo las diferencias positivas	70
Tabla 5.2.1.1 longitud de sobrepaso sentido Oeste-Este.....	71
Tabla 5.2.1.2 longitud de sobrepaso sentido Este-Oeste.....	72
Tabla 5.2.2.1 Tabla comparativa para la longitud de sobrepaso de un vehículo a otro vehículo en ambos sentidos. $d_T(A)_1$	72

Tabla 5.2.2.2 Tabla comparativa para la longitud de sobrepaso de un vehículo a otros 2 vehículos en ambos sentidos $d_T(B)_i$	72
Tabla 5.2.3.2 Determinación final de la longitud máxima requerida para el carril de sobrepaso en el sector de Llican.....	74
Tabla 5.4.1.1 Valores del CBR-Calicatas sector Llican y km83+920-Plazoleta de Parqueo.....	77
Tabla 5.5.1. Diámetros y longitudes de alcantarillas propuestas tipo TMC en el sector Llican.....	84

RELACION DE FIGURAS

Figura 1.1. Sobrepaso de un vehículo a otro vehículo.....	9
Figura 1.2. Sobrepaso de un vehículo a otros dos vehículos.....	10
Figura 2.1 Croquis de ubicación del tramo III de la Carretera Central Matucana-San Mateo.....	17
Figura 2.2. Cantidades totales de vehículos contabilizados del 16 al 23 de mayo del 2006-IMD (Índice Medio Diario).....	20
Figura 2.3. Gráfico de composición vehicular y sus porcentajes de incidencia. (Fuente: elaboración propia).....	22
Figura 2.4. Variación de volúmenes vehiculares durante la semana. (Fuente: elaboración propia).....	23
Figura 3.1 Ubicación a nivel Nacional de la Carretera Central Héroes de la Breña, tramo III: Matucana – San Mateo.....	34
Figura 5.1 Croquis de ubicación de los puntos de control geodésico Cerro 1 y Cerro.....	59
Figura 5.2.3.2. Distancia de visibilidad de paso (Da), Norma de Diseño Geométrico MTC.....	75
Figura 5.6.1.1. Inicio carriles de sobrepaso.....	85
Figura 5.6.1.2. Fin carril de sobrepaso San Mateo – Matucana.....	85
Figura 5.6.1.3. Fin carril de sobrepaso Matucana – San Mateo.....	85
Figura 5.6.1.4. Señal para la preferencia del sobrepaso.....	86
Figura 5.6.1.5. Señal para tránsito pesado carril derecho.....	86
Figura 5.6.1.6. Aviso para el ingreso del puente Llican.....	86
Figura 5.6.1.7. Aviso para la zona rígida antes y después de los carriles de sobrepaso.....	87
Figura 5.6.1.8. Aviso para el flujo vehicular en la zona de los carriles de sobrepaso.....	87
Figura 5.6.1.9. Aviso de finalización de la zona de los carriles de sobrepaso...	87

RELACION DE FOTOGRAFIAS

Foto N°01 Km 55+000 Vista del puente Daniel Alcides Carrión (verrugas) del ferrocarril central. Obsérvese las quebradas profundas del territorio que atraviesa la carretera central.....	189
Foto N°02 Km 57+000 Vista hacia Matucana, obsérvese los cortes en roca hacia la derecha que limitan la plataforma de la carretera y las continuas curvas y contra curvas.....	189
Foto N°03 Km 81+000 Vista de la salida de un característico en la carretera central.....	190
Foto N°04 Km 81+500 Vista de un puente en plena curva de desarrollo sobre el río Rímac.....	190
Foto N°05 Km 81+500 Vista del cruce de un camión de 5 ejes con un bus en el puente en curva de desarrollo sobre el río Rímac.....	191
Foto N°06 Km 83+000 Vista de un puente del Ferrocarril Central que cruza en desnivel sobre la carretera central, obsérvese lo encajonado de la vía.....	191
Foto N°07 Km 85+000 Vista del cruce de un camión de 6 ejes con un bus en una curva cerrada sin visibilidad suficiente.....	192
Foto N°08 Km 86+000 Vista de una curva cerrada en una zona con dos curvas de desarrollo consecutivas para continuar ascendiendo por la quebrada profunda del río Rímac.....	192
Foto N°09 Km 94+000 Cruce del distrito de San Mateo. Obsérvese la zona que es muy estrecha con 6.8m de ancho de plataforma. A la derecha el río Rímac canalizado.....	193

Foto N°10 Km 94+500 Vista del río Rímac canalizado desde San Mateo hacia Matucana. Obsérvese hacia la derecha los camiones en una vía estrecha con destino hacia la Oroya.....	193
Foto N°11 Km 77+180 Vista longitudinal de la carretera central tramo III, sector Llican, donde se propone construir los carriles de sobre paso (Ver plano PPL-01).....	194
Foto N°12 Km 82+000 Vista del sector del Puente Chacahuaro lugar donde se propone construir los carriles de sobrepaso.....	194
Foto N°13 Km 87+860 Vista del sector de cruce puente reticulado metálico del ferrocarril central sobre la Carretera Central lugar en el que se propone canalizar y techar el río Rímac, aprovechando la zona rocosa del cauce del río que se encañona en este sector donde podría construirse los carriles de sobrepaso.....	195
Foto N°14 Km 87+860 Vista del cruce del puente ferroviario sobre la Carretera Central lugar donde se propondría canalizar y techar el río Rímac para los carriles de sobrepaso.....	195
Foto N°15 Km 87+860 Obsérvese las curvas y contra curvas de la carretera central justo por debajo del cruce del puente de ferrocarril con un galibo estrecho y riesgoso para el cruce vehicular, una de las razones principales para canalizar y techar el río Rímac y construir los carriles de sobrepaso.....	196
Foto N°16 Km 84+000 Vista hacia Matucana de la zona prevista para la plazoleta de parqueo. (Ver plano PZ-01).....	196
Foto N°17 Km 77+940 Vista hacia San Mateo del tramo final de la zona del proyecto. Obsérvese que se retoma la característica de carretera sobre terreno accidentado.....	197
Foto N°18 Km 77+660 Vista hacia Matucana de la cantera Llican cerca del lecho del río Rímac. Materiales para la construcción del pavimento asfáltico.....	197

Foto N°19 Km 77+700 vista panorámica de la zona del proyecto hacia Matucana desde el PI-15 hacia el PI-14. Obsérvese el continuo flujo vehicular en ambos sentidos a velocidades mayores a 60km/h.....198

Foto N°20 Km 78+000 Vista de la ubicación de BM 78 del MTC.....198

INTRODUCCIÓN

El arte de la construcción moderna de la vialidad es el resultado de un gradual desarrollo que se viene actualizando por los requerimientos del constante crecimiento del tráfico y los cambios tecnológicos y de acuerdo a la trayectoria e investigación de la red vial a lo largo de su vida útil. En los diseños geométricos que consisten en el dimensionamiento de la vía, las prácticas más tempranas localizadas en el campo proveen una vía segura y confortable para conseguir un mínimo de estándar en los alineamientos, gradientes y otros requerimientos.

En las carreteras de dos carriles, en territorios accidentados y de altura, que constituyen la mayor proporción de la red nacional en nuestro país y en los países de la Comunidad Andina, Chile, Ecuador y Bolivia, el problema de la visibilidad de paso tiene mucha importancia ya que producen excesivas dilaciones en el flujo vehicular, frustrando a los conductores, incrementando los riesgos de accidentes, especialmente en las épocas de lluvias en los meses de diciembre-abril y densas neblinas que eventualmente ocurren, produciendo congestiones vehiculares en ambos sentidos por las sucesivas contra curvas que se desarrollan en un territorio sumamente accidentado. Las carreteras que requieren nacionales que requieren prioritariamente carriles de sobrepaso y plazoletas de parqueo son los siguientes:

- Piura-Sullana-Las Lomas-Ayabaca
- Olmos-Pucara-Corral Quemado-Bagua
- Bagua-Chiriyaco-Oracusa-Santa María de Río Nieva
- Pacasmayo-Cajamarca-Celendín-Leimebamba-Chachapoyas
- Trujillo-Otusco-Huamachuco
- Santa-Huallanca-Caraz-Huaraz

- Pativilca-Cajacay-Huaraz
- Lima-Canta-LaViuda-Unish-Cerro de Pasco
- Lima-La Oroya-Cerro de Pasco-Huanuco-Tingo Maria-Pucallpa
- La Oroya-Huancayo-Hayacucho-Andahuaylas-Abancay
- Pisco-Huaytara-Ayacucho
- Nazca-Puquio-Abancay-Cuzco
- Cuzco-Ollantaytambo-Quillabamba
- Cuzco-Urcos-Quincemil-Puerto Maldonado
- Arequipa-SantaLucia-Juliaca
- Moquegua-Masocruz-Desaguadero
- Carretera Panamericana Norte y Sur

Las referidas carreteras se muestran en el anexo, Mapa Vial del Perú.

En el presente trabajo de investigación se plantea mejorar las condiciones de transitabilidad del flujo vehicular en el tramo III, Matucana-San Mateo de la Carretera Central denominada Héroes de la Breña, con un tráfico muy cercano a 4000 vehículos por día, habiendo realizado un estudio de planeamiento para la ubicación de carriles de sobrepaso en 4 alternativas entre los km 75+000-km 88+360 y una plazoleta de parqueo que se ubicaría en una plataforma libre existente a la altura del km84+000. Solución que se considera provisional ya que Carretera Central tramo Lima –La Oroya requiere una vía de dos carriles de ida y otra de dos carriles de regreso que probablemente en un futuro cercano se incremente.

En el **Capítulo I**, se desarrollan las consideraciones generales para los carriles de sobrepaso tales como distancias mínimas de seguridad de dos vehículos, distancia de percepción e iniciación de maniobras para el sobrepaso y las distancias que deben calcularse para el sobre paso a uno o dos vehículos.

En el **Capítulo II**, se expone los resultados del estudio de tráfico realizado para el tramo III Matucana-San Mateo el que se realizó durante 7 días para obtener el Índice Medio Diario (IMD) con variación diaria y horaria.

En el **Capítulo III**, se dan los resultados de los estudios e investigaciones de campo y gabinete realizados para determinar las velocidades de los vehículos realizado en el sector Llican de este tramo III que corresponde al km 77+185 - km 77+850 para los diferentes tipos de vehículos tales como automóviles, camionetas rurales, camión de dos ejes, camiones de tres ejes, semi-trayler, trayler y omnibuses.

En el **Capítulo IV**, se propone luego del estudio exploratorio de campo realizado en el tramo III para la ubicación de cuatro alternativas de construcción de carriles de sobrepaso entre las progresivas del km 77+500 al km 88+360 así como la ubicación de una plazoleta de parqueo en el km 84+000, todos los cuales al construirse facilitarían la transitabilidad del flujo vehicular.

Finalmente en el **Capítulo V**, se formulan el diseño geométrico preliminar de los carriles de sobrepaso ubicados en el sector Llican km77+500 de la alternativa II propuesta. El diseño preliminar contiene los estudios de suelos y pavimentos, obras de arte menores, señalización y seguridad vial, los probables costos de construcción de los carriles de sobrepaso y de la plazoleta de parqueo y los impactos en los niveles de servicio.

De lo expuesto en los capítulos anteriores se concluye que se requieren construir carriles de sobrepaso en las cuatro alternativas propuestas así como la plazoleta de parqueo entre el km 77+500 al km 88+360 y una plazoleta de parqueo en el km 84+000. Por otra parte se recomienda incluir en las normas de diseño geométrico que se sería obligatorio proponer la construcción de carriles de

sobrepaso en todas las carreteras sinuosas y montañosas, de alto tráfico superiores a los 2000 vehículos por día, por lo menos cada 5km aproximadamente.

CAPITULO I

CARRILES DE SOBREPASO

1.1. CONSIDERACIONES GENERALES

1.1.1 Características operativas de las carreteras de dos carriles

Las carreteras de dos carriles representan el mayor kilometraje de la red nacional de carreteras. Se usan para una variedad de funciones, en todas las áreas geográficas y satisfacen una amplia gama de necesidades de circulación.

La función principal de las carreteras importantes de dos carriles, utilizadas como arterias primarias que conectan núcleos generadores de tráfico, o como conexiones primarias en la red nacional de carreteras, es proporcionar una movilidad eficiente. Estas carreteras tratan de satisfacer viajes de largas distancias de carga, comerciales y turísticas, y pueden tener tramos de muchos kilómetros a través del medio rural, sin interrupciones, debidas al control de la circulación. Para estas carreteras es deseable el mantenimiento sostenido de las velocidades directrices establecidas, y escasas demoras por adelantamientos.

Las carreteras pavimentadas de dos carriles de la red nacional cumplen básicamente una función de accesibilidad. Proporcionan acceso, en cualquier condición atmosférica, a zonas, frecuentemente con bajos volúmenes de circulación. La principal consideración a tener en cuenta consiste en proporcionar accesibilidad a un costo razonable. La velocidad no es la característica esencial, aunque sea beneficiosa. La demora, manifestada por la formación de columnas, y la utilización de la capacidad son las medidas más representativas de la calidad del servicio.

Por estas razones en las carreteras de dos carriles se utilizan tres parámetros para describir la calidad del servicio:

- a) **La velocidad media de recorrido**, se define como la velocidad obtenida al dividir la longitud de la carretera considerada en el análisis entre el tiempo medio de recorrido utilizado por todos los vehículos que recorren la longitud de la carretera en ambos sentidos durante un determinado lapso de tiempo.
- b) **El porcentaje de demora en tiempo**, definida como el valor medio del porcentaje de demora en tiempo que sufren todos los vehículos al viajar en columnas como consecuencia de la imposibilidad de adelantar. Este parámetro es difícil de medir directamente sobre el terreno. Como medida sustitutoria en estudios de campo, se podría utilizar el porcentaje de vehículos que circulan a intervalos inferiores a 5 segundos.
- c) **La utilización de la capacidad de la carretera**, que representa la función de accesibilidad, y se define como la relación entre la intensidad de la demanda y la capacidad de la carretera.

Los criterios que definen el nivel de servicio de una carretera utilizan los tres parámetros anteriores, considerándose el porcentaje de demora en el tiempo como la medida esencial de la calidad del servicio. La velocidad media y la utilización de la capacidad de la carretera se consideran como medidas secundarias.

En una carretera de dos carriles definida como una calzada que tiene un carril por cada sentido de circulación, el adelantamiento de un vehículo a otros vehículos con desplazamientos de menor velocidad requiere utilizar el carril del sentido opuesto siempre que la distancia de visibilidad y los intervalos de la circulación en sentido opuesto lo permitan. A medida que aumenta la intensidad de circulación y/o las restricciones geométricas, disminuye la posibilidad de adelantar, dando lugar a la formación de columnas en la

circulación. Los conductores están sujetos a demoras en estas columnas, debido a la imposibilidad de adelantar.

Las carreteras de dos carriles, experimentan periódicamente limitaciones en la circulación y en la seguridad, debido a una variedad de aspectos relacionados con el tráfico, el trazado y el entorno. En algunas zonas, el sistema arterial de carreteras de dos carriles soporta una gran parte del tráfico rural. Muchas de estas carreteras situadas cerca de grandes áreas urbanas experimentan un crecimiento rápido del tráfico. Los movimientos de giro intensos hacia las zonas urbanizadas a ambos lados de la carretera pueden bloquear el tráfico de paso e incrementar la demora.

Muchos kilómetros de las carreteras de dos carriles están situados en terrenos clasificados como ondulado o montañoso. Esto unido a volúmenes a veces altos en sentido contrario, no favorece ni el adelantamiento ni las maniobras de giro. Cuando éstas u otras carreteras rurales experimentan un incremento en el tráfico vehicular, pueden aparecer importantes problemas de circulación. La presencia de una gran cantidad de buses y vehículos pesados dentro de la corriente incrementa la demanda de adelantamiento, y al mismo tiempo hace que estas maniobras sean más difíciles. Las carreteras de dos carriles que dan servicios, como rutas principales, a zonas de comercio o turismo pueden operar en o cerca de su capacidad total durante los fines de semana.

Cuando se produce algunas de las anteriores situaciones, los resultados más frecuentes se reflejan en una reducción en el nivel de servicio, en un incremento de la formación de columnas, incremento en las demoras, incremento en las maniobras de adelantamientos dudosos, y en la existencia de conductores, en general, frustrados. Sin embargo, muchas de estas situaciones no justifican la ampliación o mejora de estas carreteras de dos carriles a carreteras multicarril. En estos casos, pueden ser útiles algunos o

varios de los tratamientos de mejora expuestos en esta tesis de investigación.

Por lo antes expuesto, se requiere una amplia gama de soluciones, bien en los proyectos o en las carreteras en explotación, para abordar la gran cantidad de problemas que se presentan en las carreteras de dos carriles. Los problemas de tipo operativo o de seguridad producidos en un tramo concreto pueden ser tan importantes como para justificar la ampliación de una carretera a cuatro o más carriles. Sin embargo, las limitaciones de presupuestos para la ejecución de las obras, lo dificultoso del terreno, y otros problemas posiblemente no permitan una reconstrucción completa como carretera multicarril. Se pueden requerir soluciones menos costosas y menos conflictivas con el medio ambiente tales como segmentos cortos de cuatro carriles habiéndose aplicado este criterio en el presente trabajo de investigación.

1.1.2 Requerimientos de los carriles de sobrepaso

El requerimiento de las oportunidades de sobrepaso en el tramo Matucana- San Mateo de la carretera Central han surgido por varias razones, siendo la más importante, el hecho de que secciones de longitudes significativas de la carretera son señalizadas como zonas prohibidas para el sobrepaso, el cual hace que se generen excesivas dilaciones, frustración de los conductores e incremento de los riesgos de accidentes, especialmente en las épocas de lluvias y densas neblinas que ocurren en los meses de diciembre a abril.

En las técnicas de planeamiento para facilitar el flujo del tráfico vehicular se utilizan carriles de sobrepaso y lugares de parqueo o estacionamientos eventuales, especialmente diseñadas y construidas en carreteras de alto tráfico para mejorar la transitabilidad.

1.2. DISTANCIA MÍNIMA DE SEGURIDAD ENTRE DOS VEHÍCULOS

Si dos vehículos marchan a la misma velocidad, uno tras otro, la mínima distancia que los debe separar a de ser tal que, si el que va delante aplica los frenos, el que sigue tenga tiempo suficiente para detener el suyo sin llegar a chocar.

Considerando que la desaceleración de frenado es la misma para ambos vehículos para llegar a detenerse en el mismo punto deberán empezar a frenar en el mismo punto también y, como el tiempo que tardan en aplicarse los frenos del vehículo que va detrás se considera es de "1" segundo , la mínima distancia que deberá separarlos es $v \times 1$ "; como los vehículos no son puntos , sino que tienen cierta longitud, a esta distancia habrá que añadir la normal de un coche (automóvil), de 6 metros aproximadamente, resultando la fórmula:

$$S = v + 6 = \frac{V}{3.6} + 6 = 0.278V + 6$$

Fuente: Libro Caminos: Tomo Primero, Estudio del Trazado y Construcción de la Explanación, José Luis Escario y Núñez del Pino, 1960.

Dónde:

S=distancia mínima de seguridad entre los dos vehículos en metros.

V= velocidad directriz en Km/h.

Si $V=50\text{km/h}$, que es el caso para el tramo III en estudio.

$$S = 0.278(50) + 6 = 19.90m$$

En la práctica estos valores son excesivos y la distancia de separación mínima entre los coches se fija por diferentes fórmulas deducidas de la observación directa. La AASHTO propone

$$S=V+20\text{pies}$$

Fuente: Libro Caminos: Tomo Primero, Estudio del Trazado y Construcción de la Explanación, José Luis Escario y Núñez del Pino, 1960.

Dónde:

S= pies.

V= millas/h.

Que en unidades métricas resulta:

$$S = \left[\left(\frac{1}{1.609} \div 3.6 \right) \right] V + 6$$

$$S=0.173V+6$$

Considerando que:

1milla =1609m

1 hora=3600s

Para el tramo en estudio, si $V=50\text{km/h}$ entonces

$$S=0.173(50)+6$$

$$S=8.65+6$$

$$S=14.65m$$

Distancia que es menor en 5.25m a la hallada anteriormente.

1.3. DISTANCIA DE PERCEPCIÓN E INICIACIÓN DE LA MANIOBRA PARA EL SOBREPASO

Sea **V** la velocidad específica del vehículo que adelantará (sobrepasará) en km/h y **m** la diferencia entre **V** y la velocidad del vehículo que será adelantado. El valor de **m** dependerá del valor de **V**, tipo de tráfico (mixto o turismo) y del trazado (horizontal o en pendiente); cuanto menor es el valor de **m**, más difícil será la maniobra de paso; valores de **m** de 15, 20 y 30 Km./h son lógicos en horizontal. El tiempo de percepción e iniciación de maniobra adoptada en Estados Unidos, después de un gran número de ensayos, es de 3 segundos. Durante estos 3 segundos el vehículo recorrerá la distancia.

$$d_1 = \frac{3}{3.6}(V - m)$$

$$d_1 = 0.833(V - m)$$

Fuente: Libro Caminos: Tomo Primero, Estudio del Trazado y Construcción de la Explanación, José Luis Escario y Núñez del Pino, 1960.

Dónde:

$$d_1 = \text{metros}$$

$$V = \text{Km} / h$$

$$m = \text{Km} / h$$

Para el caso del tramo en estudio de:

$$V=50\text{km/h}$$

$$m=16\text{km/h}$$

Entonces:

$$d_1 = 0.833(50 - 16)$$

$$d_1 = 28.30m$$

Distancia (d_1) que representaría la distancia de percepción e iniciación de la maniobra para el sobrepaso, cuando el vehículo que adelantara tenga una velocidad de 50km/h y el vehículo que será adelantado tiene una velocidad de 34km/h con una diferencia de 16km/h entre velocidades.

Manteniéndose los dos vehículos durante este recorrido a la mínima distancia de seguridad S, previo a la operación del adelantamiento.

Pasado el tiempo de reacción y decidido el conductor a realizar la maniobra de sobrepaso, acelera el coche hasta alcanzar la velocidad de sobrepaso y manteniendo hasta lograr la maniobra final del sobrepaso. El valor de la aceleración es variable dependiendo del tipo del vehículo y de la habilidad del conductor.

Las aceleraciones (j) recomendadas por la AASHTO, indicada en el mismo libro de Caminos de José Luis Escario y Núñez del Pino, 1960, son los siguientes:

V=65km/h	j=2.75Km/h.seg
V=80km/h	j=2.30Km/h.seg
V=100km/h	j=2.35Km/h.seg

1.4. LONGITUDES DE LOS CARRILES DE SOBREPASO

Para el cálculo de la longitud de los carriles de sobrepaso se considera que la distancia para el sobrepaso sea la necesaria para que un vehículo pueda adelantar a otro que marcha por su mismo carril y sentido de circulación, a menor velocidad, sin peligro de colisión con el tráfico que pueda venir en sentido opuesto por el carril que eventualmente utilizaría para realizar la maniobra de adelanto; considerándose las siguientes hipótesis:

- a) Que el vehículo que ha de ser adelantado marcha a velocidad uniforme.
- b) Que el vehículo que debe pasar se ve forzado a marchar a la misma velocidad que el vehículo que va adelante, mientras llega al tramo que tiene la visibilidad y posibilidad de sobrepaso.
- c) Que cuando se ha llegado a la zona de sobrepaso, el conductor del vehículo que debe de pasar tiene que darse cuenta de ello (tiempo de percepción), asegurándose que no viene otro vehículo en dirección opuesta.
- d) La maniobra del sobrepaso consiste en que el conductor del vehículo que sobrepasa, acelera durante toda la longitud del sobrepaso.
- e) El tráfico en sentido opuesto podría aparecer en el instante en que se inicia la maniobra de sobrepaso y llega hasta la altura del vehículo que sobrepasa, en el momento en que esté esta segregado, termina su maniobra de sobrepaso.

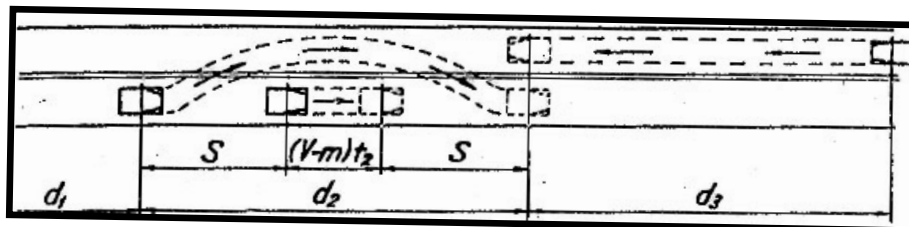


Figura 1.1. Sobrepaso de un vehículo a otro vehículo.

Fuente: Libro Caminos: Tomo Primero, Estudio del Trazado y Construcción de la Explanación, José Luis Escario y Núñez del Pino, 1960.

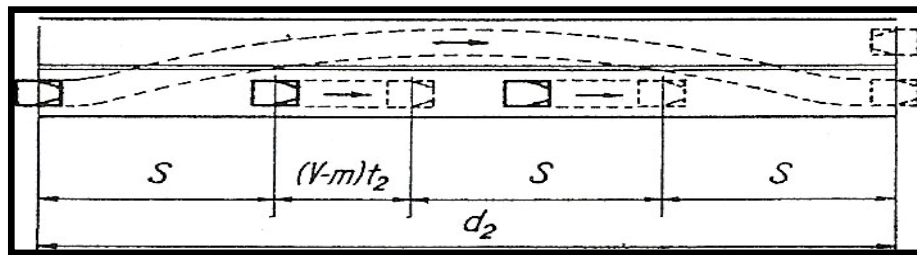


Figura 1.2. Sobrepaso de un vehículo a otros dos vehículos.

Fuente: Libro Caminos: Tomo Primero, Estudio del Trazado y Construcción de la Explanación, José Luis Escario y Núñez del Pino, 1960.

La longitud total para el diseño del carril de sobrepaso está dado por: d_2

a) caso del sobrepaso de un vehículo a otro vehículo

Si t_2 es el tiempo que el vehículo tarda en recorrer la distancia de sobrepaso d_2 , como va animado de un movimiento uniforme acelerado, de aceleración j , se verifica que:

$$d_2 = 2S + \left(\frac{V - m}{3.6}\right)t_2 = \left(\frac{V - m}{3.6}\right)t_2 + \frac{1}{2}\left(\frac{j}{3.6}\right)t_2^2 \quad \dots\dots\dots(a)$$

Fuente: Libro Caminos: Tomo Primero, Estudio del Trazado y Construcción de la Explanación, José Luis Escario y Núñez del Pino, 1960.

Dónde:

- $d_2 = \text{metros}$
- $S = \text{metros}$
- $m = \text{Km} / \text{h}$
- $j = \text{Km} / \text{h}.\text{seg}$
- $t = \text{seg.}$

Como:

$$2S = \frac{1}{2}\left(\frac{j}{3.6}\right)t_2^2$$

De donde resulta:

$$t_2 = 2\sqrt{\frac{3.6S}{j}}$$

Y como:

$$S = 0.189(V - m) + 6$$

Sustituyendo los valores de S y t_2 , se obtiene la longitud de d_2 requerida para el paso de un vehículo a otro vehículo.

Para el caso en estudio:

$$V=50\text{km/h}$$

$$J=2.75\text{km/h.seg para alcanzar la velocidad de sobrepaso de }65\text{km/h.}$$

$$m=16\text{km/h}$$

Calculando S:

$$S=0.189(50 - 16)+6$$

$$S=0.189(16)+6$$

$$S=12.43\text{m}$$

Calculando t_2 :

$$t_2 = 2\sqrt{\frac{3.6S}{j}}$$

$$t_2 = 2\sqrt{\frac{3.6(12.43)}{2.75}}$$

$$t_2 = 8.06\text{s}$$

Reemplazando en a:

$$d_2 = 2S + \left(\frac{V - m}{3.6}\right)t_2$$
$$d_2 = 2(12.43) + \left(\frac{50 - 16}{3.6}\right)8.06$$
$$d_2 = 100.98m$$

b) caso del sobrepaso de un vehículo a otro dos vehículo

El valor de d_1 será el mismo del caso anterior, pero para la determinación de la longitud de sobrepaso d_2 habrá que tener en cuenta que en este caso se verifica:

$$d'_2 = 3S + \left(\frac{V - m}{3.6}\right)t_2 = \left(\frac{V - m}{3.6}\right)t_2 + \frac{1}{2} * \frac{j}{3.6} * t_2^2 \dots\dots\dots(b)$$

Fuente: Libro Caminos: Tomo Primero, Estudio del Trazado y Construcción de la Explanación, José Luis Escario y Núñez del Pino, 1960.

Dónde:

- $d'_2 = \text{metros}$
- $S = \text{metros}$
- $m = \text{Km} / h$
- $j = \text{Km} / h.\text{seg}$
- $t = \text{seg.}$

De donde se deduce:

$$t_2 = \sqrt{\left(\frac{6S}{j}\right)} 3.6$$

Para el presente caso en estudio, tomando los valores anteriores hallados para el caso de sobrepaso de un vehículo a otros 2 vehículos se tiene:

$$S=12.43m$$

$$J=2.75km/h.seg$$

Reemplazando valores

$$t_2 = \sqrt{\left(\frac{6 \times 12.43}{2.75}\right)} 3.6$$

$$t_2 = 9.9s$$

Reemplazando en b:

$$d'_2 = 3S + \left(\frac{V - m}{3.6}\right)t_2$$

$$d'_2 = 3(12.43) + \left(\frac{50 - 16}{3.6}\right)9.9$$

$$d'_2 = 130.79m$$

VELOCIDAD	DISTANCIA MINIMA DE VISIBILIDAD DE PASO (M.) UN VEHICULO			
KM/HORA	<i>m</i> = diferencia entre <i>v</i> y la velocidad del vehículo adelantado			
	16	24	32	40
	PASO DE UN VEHICULO			
48	183	152	122	
64	335	274	213	183
80	488	427	366	305
96	701	640	549	457
112	975	884	762	671
	PASO DE DOS VEHICULOS			
48	244	183	152	
64	396	335	274	213
80	610	518	457	366
96	884	762	671	579
112	1.25	1.067	975	823

Tabla 1.1. Distancias de visibilidad recomendadas por la AASHTO, Indicadas en el Libro Caminos: Tomo Primero, Estudio del Trazado y Construcción de la Explanación, José Luis Escario y Núñez del Pino, pág. 43, 1960.

1.5. DISTANCIA DE UN VEHÍCULO EN DIRECCIÓN OPUESTA, ANTES DEL SOBREPASO

Por último, habrá que tener en cuenta el espacio d_3 que es la distancia recorrida por un vehículo en dirección opuesta durante el tiempo t_2 , a la velocidad V , el cual será:

$$d_3 = \left(\frac{V}{3.6} \right) t_2 = 0.278.V.t_2$$

Para el caso en análisis si:

$$V=50\text{km/h}$$

$$t_2=9.90\text{s, considerando el sobrepaso de un vehículo a 2 vehículos}$$

Se obtiene d_3 :

$$d_3 = \left(\frac{50}{3.6} \right) \times 9.90$$

$$d_3 = 137.61\text{m}$$

Por lo antes expuesto la distancia total de visibilidad de sobrepaso de un vehículo a otros 2 vehículos será

$$L_T = d_1 + d_2 + d_3$$

$$L_T = 0.833.(V - m) + 3S + 0.278.(V - m).t_2 + 0.278.V.t_2$$

$$L_T = 28.30 + 130.79 + 137.61$$

$$L_T = 296.31\text{m}$$

CAPITULO II

ESTUDIO DE TRÁFICO

El estudio de tráfico vehicular tuvo por objeto cuantificar, clasificar y obtener el volumen diario de los vehículos que transitan en el tramo III de la carretera central: Matucana–San Mateo; así mismo a través de los resultados del estudio de tráfico vehicular contar con los elementos necesarios para la determinación de las características del diseño preliminar del pavimento para los carriles de sobrepaso.

2.1. Ubicación de la estación de conteo

En general, para la ubicación de las estaciones de conteo vehicular con fines de estudio de tráfico, se recomienda evaluar la red vial en estudio teniendo en cuenta que la estación de conteo debe ubicarse al principio y al final de las secciones o tramos en estudio, que represente flujos vehiculares continuos, en lo posible que tenga menor flujo vehicular adicional de incremento o de salida, por ello debe planificarse previamente al estudio de tráfico formando redes con nodos, donde deben ubicarse las estaciones de conteo, desde las cuales permitan obtener una información lo más real posible, registrándose todos los vehículos que crucen la estación de conteo en ambos sentidos.

Para efectos del presente estudio se fijó como punto inicial la progresiva 77+500 ubicado en el centro poblado de Llican, distante de 3km del distrito de Matucana y como punto final la progresiva 93+000 ubicada en el distrito de San Mateo. El estudio de campo se realizó desde martes 16 de mayo hasta el lunes 22 de mayo del 2006 durante 7 días consecutivos. Este tramo III de la Carretera Central es muy importante, pues es la vía principal que conduce el tránsito vehicular desde la ciudad de Lima hacia las localidades ubicadas en los

departamentos del centro del Perú, siendo transitada por vehículos de transporte público de pasajeros, transporte de carga pesada, así como de transporte privado. Asimismo la vía se encuentra asfaltada, es de doble sentido de circulación, un carril por sentido y en regular estado de conservación, presenta señalización vertical y horizontal en regular estado de conservación.

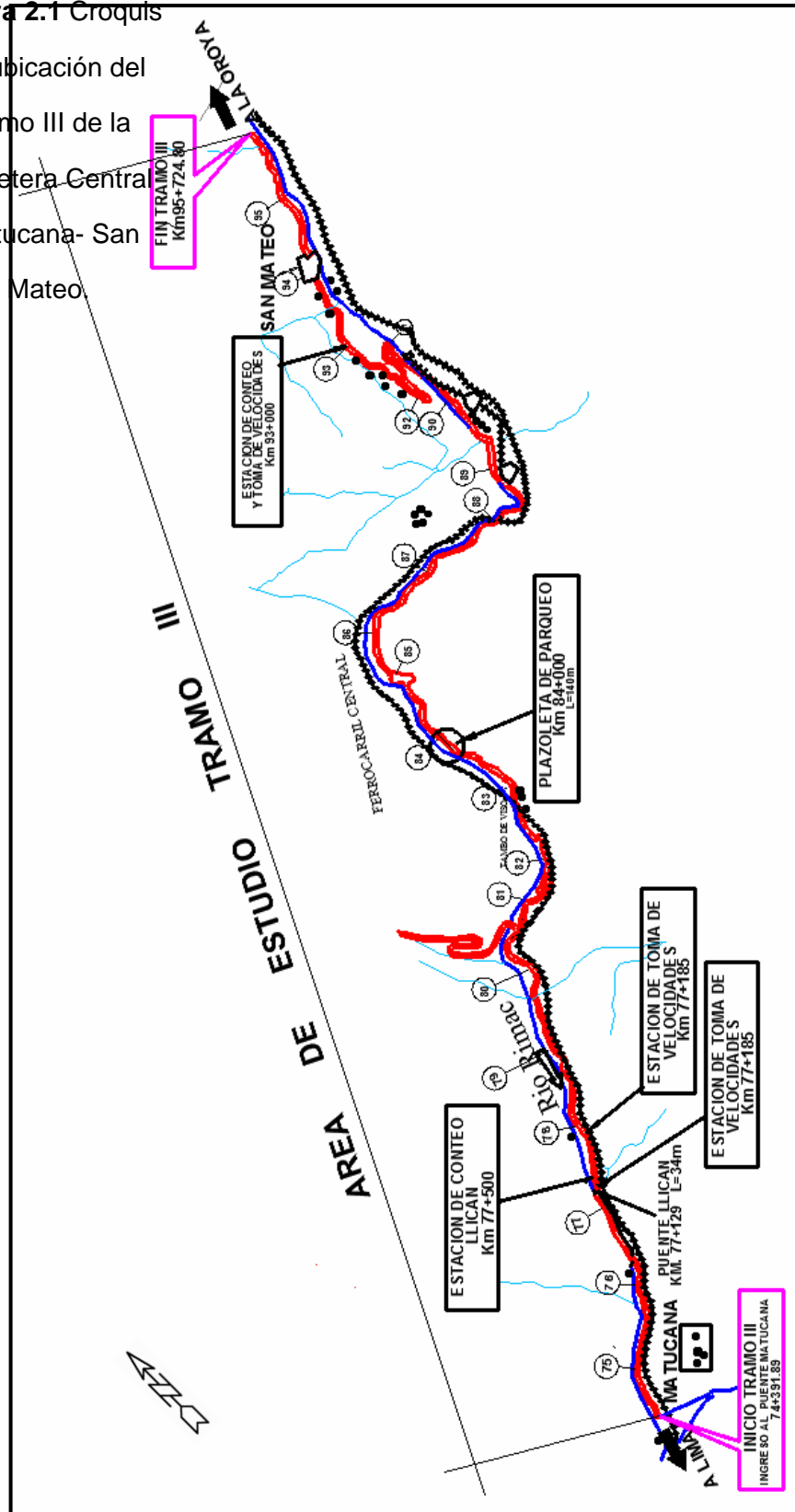
Para una mejor apreciación en el cuadro adjunto se indican las características del tramo de la vía en estudio.

CUADRO 2.1 Características generales del tramo III Matucana-San Mateo.

TRAMO	LONGITUD	VIA	ESTADO DE CONSERVACION
Puente Llican (Km. 77+185) – San Mateo (Km. 93+000)	16 Km.	Asfaltado	Regular estado

Figura 2.1 Croquis

de ubicación del
 tramo III de la
 Carretera Central
 Matucana- San
 Mateo.



2.2. CONTEO DEL TRÁFICO VEHICULAR

2.2.1. Características Generales del Conteo

Las características básicas del conteo vehicular fueron los siguientes:

- a) Los conteos fueron realizados durante 7 días en una estación siendo estas: lunes, martes, miércoles, jueves, viernes, sábado y domingo.
- b) Los conteos se realizaron durante 24 horas, con el objetivo de identificar lo más claramente posible, el comportamiento del flujo vehicular durante el día y la noche.
- c) Las horas de conteo fueron desde las 06:00 AM hasta 06:00 AM del día siguiente, dos turnos: de día y de noche de 12 horas respectivamente.
- d) Los conteos vehiculares fueron cerrados cada hora, con el objetivo de evaluar posibles variaciones horarias.
- e) Los vehículos fueron agrupados según la siguiente clasificación:

CUADRO 2.2 Clasificación vehicular para el conteo.

Autos	Omnibus
Pick up	Camion
Camioneta rural	Semitrayler
Micro	Trayler

Fuente: Elaboración propia

2.2.2. Análisis de la Información y Resultados Obtenidos

Los conteos volumétricos realizados tienen por objeto conocer los volúmenes de tráfico vehicular que soporta la carretera en estudio, así como su composición vehicular y la variación diaria.

Para convertir el volumen de tráfico obtenido del conteo, en Índice Medio Diario (IMD), se ha empleado la siguiente fórmula

$$\text{I.M.D.} = \frac{5\text{VDL} + \text{VS} + \text{VD}}{7} \times \text{F.C}$$

Dónde:

VDL = Promedio de Volumen de tránsito de Días Laborales

VS = Volumen de tránsito del Sábado

VD = Volumen de tránsito del Domingo

F.C. = Factor de Corrección, obtenido de una Estación de Mayor Control

2.2.3. Resultados Directos del Conteo Vehicular

Del procesamiento de datos tomados en campo, se obtuvo los resultados de los volúmenes de tráfico en la vía, por día, tipo de vehículo, por sentido, y el consolidado de ambos sentidos. Lo cual se incluye en el texto del Informe.

En los cuadros de los anexos se muestran los resultados de los conteos de tráfico diarios, las variaciones horarias vehiculares por sentido de circulación y la

clasificación horaria y total para cada día de trabajo; así como el promedio semanal por sentido y el consolidado para ambos sentidos, en la estación de conteo determinado.

Así mismo en el siguiente gráfico se puede apreciar las cantidades de vehículos contabilizadas y su composición vehicular con sus respectivas cantidades

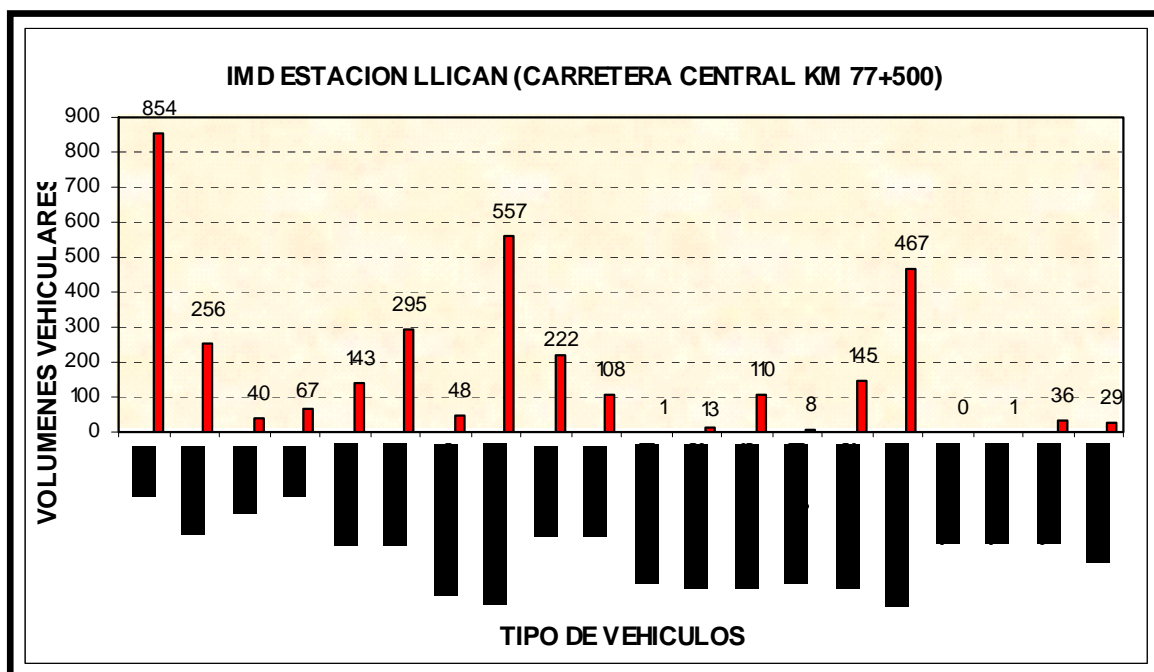


Figura 2.2. Cantidades totales de vehículos contabilizados del 16 al 23 de mayo del 2006-IMD (Índice Medio Diario)

Fuente: elaboración propia

2.2.4. Índice Medio Diario (IMD)

Para una mejor ilustración se detallan los volúmenes vehiculares en el tramo de la vía en estudio. En este tramo se ubicó la Estación de control E-1, ubicado en el centro poblado de Llican progresiva 77+500 salida al centro poblado de Matucana. El resultado del aforo vehicular se indica en los cuadros del anexo N° 1: Conteo Vehicular Clasificado.

Progresiva : Km. 77+500
Duración : 7 días
Días : del 16 al 23 de Mayo del 2006

Del análisis llevado a cabo tenemos el siguiente Índice Medio Diario: 3398 vehículos diarios, compuesto por 35.78% vehículos ligeros, 12.88%, omnibuses y 51.35% Vehículos pesados. Los vehículos de transporte de carga están compuestos por 1.42% de camiones de 2 ejes ligeros, 16.39% de camiones de 2 ejes pesados, 6.52% por camiones de 3 ejes, 3.17% por camiones de 4 ejes, 21.90% por camiones semitrailers y 1.95% por camiones traylers. Tal como se indica en el cuadro siguiente:

Tabla2.1 Resultados del IMD estación Llican km 77+500

(Fuente: elaboración propia)

TIPO DE VEHICULO	I.M.D	DISTRIBUCIÓN (%)
Autos	854	25.12
Camioneta	256	7.53
C. Rural	40	1.18
Micro	67	1.97
Omnibus 2E	143	4.21
Omnibus 3E	295	8.68
Camión 2E Ligero	48	1.41
Camión 2E Pesado	557	16.38
Camión 3E	222	6.53
Camión 4E	108	3.18
SemiTrayler 2S1	1	0.03
SemiTrayler 2S2	13	0.38
SemiTrayler 2S3	110	3.24
SemiTrayler 3S1	8	0.24
SemiTrayler 3S2	145	4.26
Semi Trayler Mayor a 3S3	467	13.74
Trayler 2T2	0	0.00
Trayler 2T3	1	0.03
Trayler 3T3	36	1.06
Trayler Mayor a 3T3	29	0.85
TOTAL I.M.D	3400	100.00

En el cuadro anterior se aprecia que hay mayor incidencia de vehículos particulares tipo Autos, seguido por camiones dos ejes, 2E y luego por los

camiones Pesados y Semitraylerscon ejes mayores o iguales a 3S3, los cuales han sido tomados para el diseño de los carriles de sobrepaso.

En resumen se puede establecer la siguiente composición porcentual:

- Vehículos ligeros = 33.80%
- Camiones = 27.50%
- Vehículos pesados = 23.85%
- Ómnibus = 14.85%

A continuación se muestra el gráfico de composición vehicular con respectivos porcentajes de incidencia.

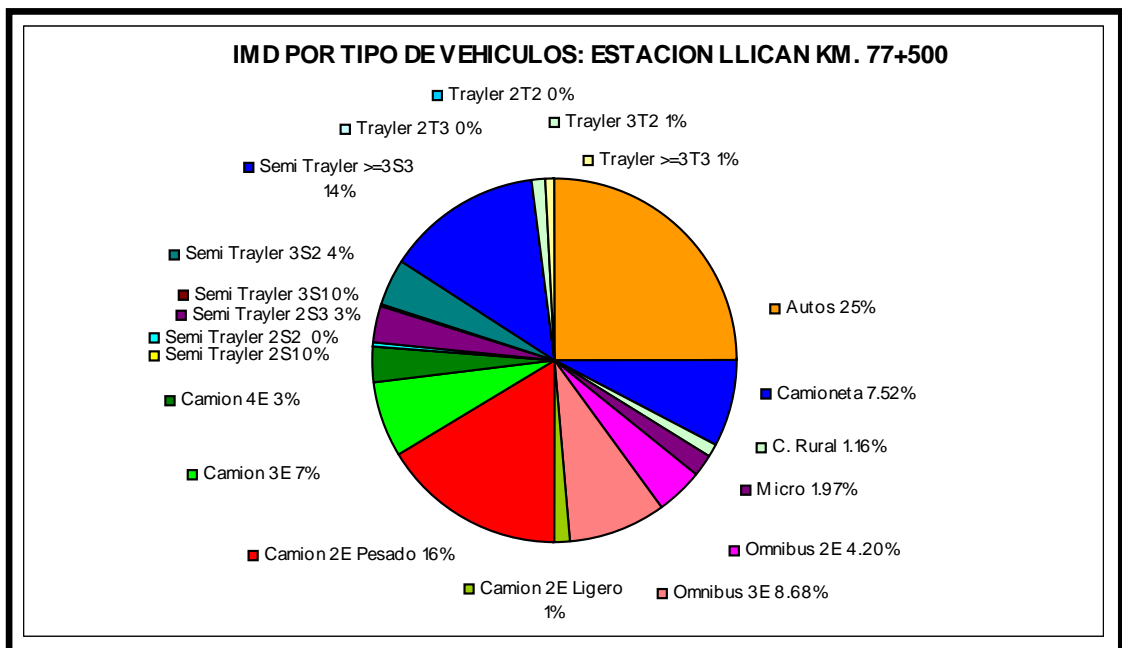


Figura 2.3. Gráfico de composición vehicular y sus porcentajes de incidencia.

(Fuente: elaboración propia)

2.2.5 Clasificación Vehicular Promedio

La clasificación vehicular para el tramo se presenta de la siguiente manera: Autos, Camionetas, Camioneta Rural, Micro, Ómnibus 2E, Ómnibus 3E Camión 2E ligero, Camión 2E pesado, Camión 3E y 4E, Semitraylers 2S2, Semitraylers 2S3, Semitraylers 3S1, Semitraylers 3S2, Semitraylers \geq 3S3, Trayler 3T2 y Trayler \geq 3T3.

2.2.6 Variación Diaria

La variación diaria del flujo vehicular se presenta con mayor intensidad los fines de semana como el día viernes, donde se ha llegado a contabilizar un IMD de hasta 3733 vehículos y los días lunes como el día de menor tráfico vehicular con IMD de 2965 vehículos, en el siguiente gráfico se puede apreciar la variación diaria del tráfico vehicular en el área de estudio.

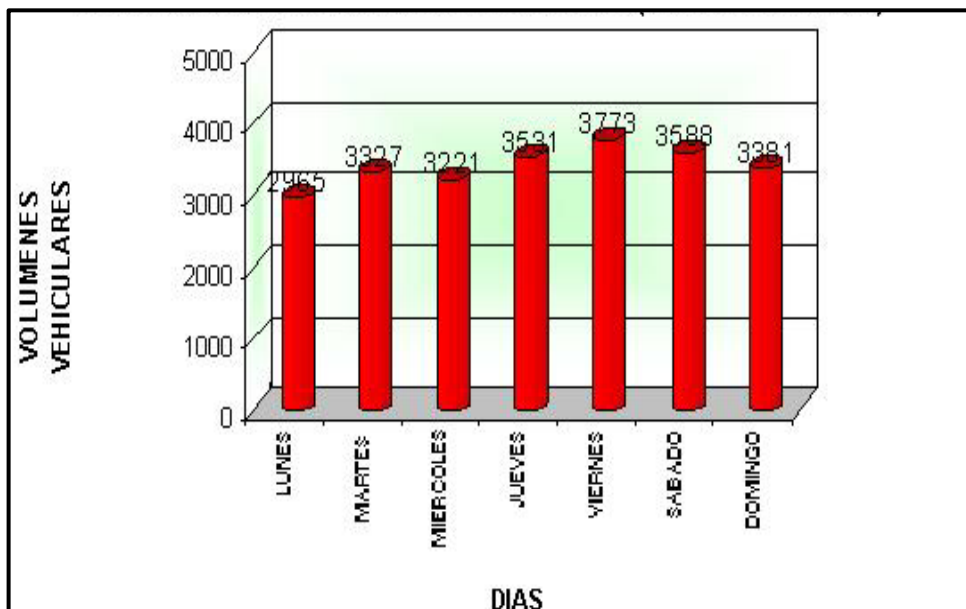


Figura 2.4. Variación de volúmenes vehiculares durante la semana.

(Fuente: elaboración propia)

2.2.7. Variación Horaria

El flujo vehicular con mayor número de vehículos por hora se registra los días viernes de 18pm – 19pm con 232 veh/h. sumados los dos sentidos y domingos de 17pm – 18pm con 227 veh/h. igualmente sumados los dos sentidos. En el gráfico siguiente se aprecia la variación horaria de flujo vehicular día viernes el de mayor tráfico con un total de 3773 veh/día.

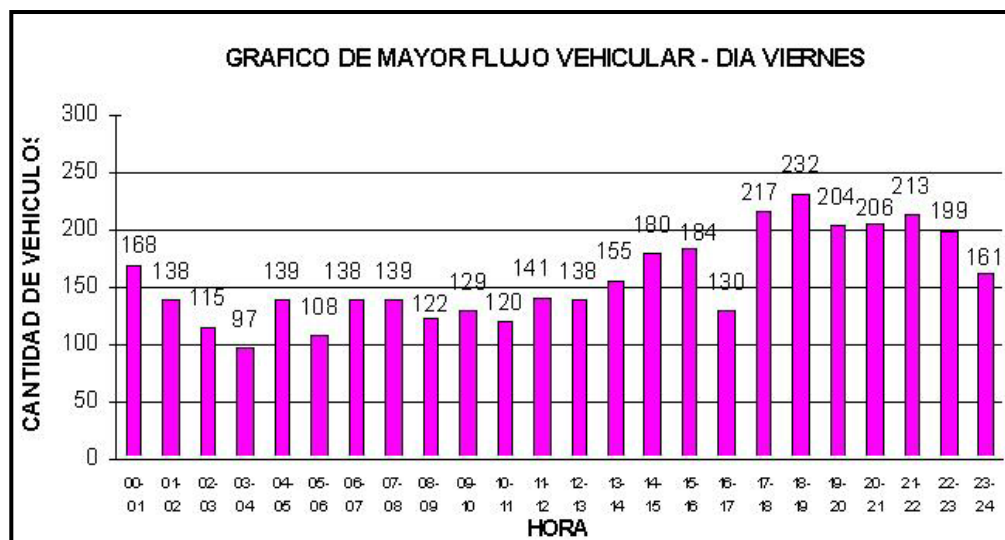


Figura 2.5. Gráfico variación del flujo vehicular por hora, el de mayor carga vehicular, día viernes. (Elaboración propia)

El tráfico total proyectado para el Tramo III expuesto en el Expediente Técnico para la Rehabilitación de la Carretera Central Héroes de la Breña, Puente Ricardo Palma- La Oroya, Afectada por el Fenómeno del Niño, elaborado por el Consorcio CPI-CESEL en el mes de mayo del año 2000 es la siguiente:

Tabla 2.2 Flujo vehicular proyectado, según el Consorcio CPI-CESEL, en el expediente técnico para la rehabilitación de la Carretera Central Héroes de la Breña, “Puente Ricardo Palma- La Oroya mayo año 2000.

AÑO	CANT. VEH	TASA DE CRECIMIENTO
2000	2703	
2001	2862	0.055555556
2002	3030	0.055445545
2003	3208	0.055486284
2011	5068	
2012	5256	
2021	7300	

De los valores observados en la tabla 2.2 se extrae que la tasa de crecimiento estimada por CPI-CESEL es de 5.5% entre el año 2000 – 2003, y proyectando con dicha tasa al año 2006 se obtiene que el tráfico total proyectado para el año 2006 es de 3398 vehículos, el que representa un 25.71% de crecimiento del año 2006 con respecto al año 2000, con una tasa promedio de 4.3% de crecimiento anual.

Proyectando el tráfico anual desde el año 2006 al año 2032 al 4.3% anual, se obtendrían los siguientes valores.

Tabla 2.3 Tráfico total proyectado para el tramo III de la Carretera Central Matucana - San Mateo.

AÑO	IMD
2006	3398.000
2007	3544.114
2008	3696.511
2009	3855.461
2010	4021.246
2011	4194.159
2012	4374.508
2013	4562.612
2014	4758.804
2015	4963.433
2016	5176.860

2017	5399.465
2018	5631.642
2019	5873.803
2020	6126.377
2021	6389.811
2022	6664.573
2023	6951.149
2024	7250.049
2025	7561.801
2026	7886.958
2027	8226.097
2028	8579.820
2029	8948.752
2030	9333.548
2031	9734.891
2032	10153.491

Fuente: Elaboración propia

En general se observa que los volúmenes de tráfico son más conservadores que los proyectados por CPI-CESEL.

CAPITULO III

ESTUDIO DE VELOCIDADES

3.1. GENERALIDADES

El término velocidad se define como la relación entre el espacio recorrido por un vehículo y el tiempo que tarda en recorrerlo, expresado en Km/h.

Por lo tanto, el estudio de velocidades tiene por objetivo medir la calidad de la operación en un sistema de transportes, tal es así que los conductores miden la velocidad de su viaje mediante su habilidad y libertad para conservar uniformemente la velocidad deseada. Así mismo la velocidad es importante como elemento básico para el proyecto de un sistema vial.

3.2. OBJETIVOS

En términos generales el estudio de velocidades permite para tener conocimiento del tiempo que demora un vehículo en trasladarse de un punto a otro, generalmente expresado en km/h, así mismo permite conocer las diferentes velocidades que adopta cada tipo de vehículo en particular durante la circulación a través de la vía.

Por otra parte el estudio de velocidades permite establecer parámetros para la operación y el control de tránsito en el área de estudio.

Con los resultados obtenidos del estudio de velocidades para cada tipo de vehículo se cuenta con las velocidades para el diseño de los carriles de sobrepaso.

3.3. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ESTUDIO DE VELOCIDADES

- a) Se llevó a cabo el estudio de velocidades en el Tramo III de la Carretera Central Puente Llican progresiva 77+185 (Matucana–San Mateo) progresiva 93+000 el día jueves 18 de mayo de 2006.
- b) Se usó el método del plaqueo vehicular, anotándose las placas de los vehículos que circulan en ambos sentidos en el momento que cruzan a la carretera en las progresivas 77+185, 77+810 y 93+000, lugares de ubicación de las estaciones de observación.
- c) Los datos se registraron para ambos sentidos de circulación Matucana – San Mateo (W-E) y San Mateo- Matucana (E-W), a fin de determinar los tiempos de demora tanto de subida desde Matucana hacia San Mateo, así como de bajada en sentido contrario.
- d) El registro de datos de las placas observadas de los vehículos se llevaron a cabo durante 12 horas del día jueves 18 de mayo del 2006, desde las 6am. hasta las 6pm.
- e) Los datos tomados se clasificaron por tipo de vehículos, a fin de determinar las velocidades para cada tipo de vehículo.

3.4. UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES PARA TOMA DE PLACAS

En general, para la ubicación de las estaciones para el registro de las placas de los vehículos que circulan por el tramo o sección en estudio con fines de estudios de velocidades, debe evaluarse:

- Que la estación debe estar ubicado en un sector rectilíneo por lo menos desde 100m antes y hasta 100m después del punto propuesto para la estación dependiendo de la velocidad de diseño, y en un lugar cercano al principio o final del tramo o sección en estudio.

- Que en lo posible la pendiente longitudinal de la superficie de rodadura represente aproximadamente la pendiente promedio del tramo o sección en estudio.
- Que la visibilidad sea lo suficientemente clara y sin obstáculos para asegurar que la visual del registrador de placas no tenga obstáculos o inconvenientes para leer y anotar el código y número de la placa del vehículo, la hora cronometrada del cruce de la estación de registro y todos los demás datos solicitados en el formato de registro correspondiente.

Para el presente estudio de velocidades por el método del plaqueo, las estaciones fueron ubicadas en las progresivas 77+185 y 77+810. El estudio se llevó a cabo desde la progresiva 77+185 al 77+810 y viceversa, para el prediseño preliminar de los carriles de sobrepaso.

3.5. RESULTADOS DEL ESTUDIO DE VELOCIDADES PARA EL TRAMO SELECCIONADO

Los resultados del estudio llevado a cabo nos dan los tiempos de recorridos desde la progresiva 77+185 al 77+810 y viceversa, para cada tipo de vehículos como son: Autos, Camioneta Rural, Camioneta Pick Up, Micro, Ómnibus de 2E, Ómnibus de 3E, Camión Ligero, Camión Pesado, Camión de 3E, Camión de 4E, Semitrailers y Trailers, los mismos que se detallan a continuación.

Tabla 3.1 Registro de velocidades de los vehículos observados en el campo,
desde la progresiva 77+185 al 77+810 (Fuente: elaboración propia)

Placa Vehículo	Hora de Registro			Tipo Vehículo	Tiempo Observado			t seg	V (m/s)	Nº VEH.	Vprom (m/s)
CAMION											
3959	6	35	9	3E	0	1	35	95	6.579		
8426	8	35	10	3E	0	1	20	80	7.813		
1130	8	15	15	4E	0	1	10	70	8.929		
1208	9	10	30	4E	0	1	28	88	7.102		
2964	7	18	22	4E	0	1	36	96	6.510		
3838	8	16	50	4E	0	1	9	69	9.058		
4239	7	18	43	4E	0	1	10	70	8.929		
5127	6	33	40	4E	0	1	42	102	6.127		
5139	6	44	1	4E	0	1	0	60	10.417		
7289	8	16	16	4E	0	1	49	109	5.734	10	7.720
AUTOS											
1759	8	1	10	AU	0	0	40	40	15.625		
4604	8	54	15	AU	0	0	35	35	17.857		
4810	8	14	40	AU	0	0	50	50	12.500		
5890	7	15	14	AU	0	0	40	40	15.625	4	15.402
CAMIONETAS											
1865	8	9	5	CA	0	0	45	45	13.889		
2031	6	28	22	CA	0	2	18	138	4.529		
3059	7	20	59	CA	0	0	51	51	12.255		
4819	6	31	9	CA	0	0	44	44	14.205		
4859	7	50	10	CA	0	1	12	72	8.681		
5067	8	15	52	CA	0	0	52	52	12.019		
6058	6	22	58	CA	0	1	37	97	6.443		
6616	6	5	21	CA	0	0	53	53	11.792		
6796	7	23	10	CA	0	0	20	20	31.250		
7175	7	52	15	CA	0	0	46	46	13.587		
7196	6	34	55	CA	0	1	12	72	8.681		
7313	6	19	20	CA	0	2	19	139	4.496		
7970	7	1	10	CA	0	1	46	106	5.896		
8283	8	9	45	CA	0	0	35	35	17.857		
8527	8	27	51	CA	0	0	59	59	10.593		
9181	8	2	45	CA	0	0	50	50	12.500		
9772	8	2	5	CA	0	1	10	70	8.929	17	11.624
CAMION CON REMOLQUE											
r476	9	0	0	CR	0	1	15	75	8.333	1	8.333
MICROS											
9572	8	28	20	MI	0	1	30	90	6.944	1	6.944
OMNIBUS											
3470	7	18	59	OM	0	1	16	76	8.224		
7218	7	45	20	OM	0	1	4	64	9.766	2	8.995
SEMITRAILERS											
1410	6	10	50	SEMIT	0	1	38	98	6.378		
4951	8	16	30	SEMIT	0	1	39	99	6.313		
7134	8	18	10	SEMIT	0	1	39	99	6.313	3	6.335

Tabla 3.2 Resumen de velocidades promedio observadas de la progresiva 77+185 al 77+810, L=625m (Fuente: elaboración propia)

Tipo de Vehículo	Vehículos	Vprom (m/s)	Vprom (km/h)
Autos	4.00	15.63	56.3
Camionetas	17.00	11.62	41.8
Micros	1.00	6.94	25.0
Ómnibus	2.00	8.99	32.4
Camiones	10.00	7.72	27.8
Camión Remolque	1	8.33	30.0
Semitrayler	3	6.33	22.8

Tabla 3.3 Registro de velocidades de los vehículos observados en el campo, desde la progresiva 77+810 al 77+185 (Fuente: elaboración propia)

Placa Vehículo	Hora de Registro			Tipo Vehículo	Tiempo Observado			t seg	V (m/s)	Nº VEH.	Vprom (km/h)
CAMION											
1043	7	38	21	3E,4E	0	1	6	66	9.47		
1370	7	53	52	3E,4E	0	1	-14	46	13.59		
4451	7	40	52	3E,4E	0	2	-22	98	6.38		
7581	6	9	2	3E,4E	0	1	-2	58	10.78		
7621	7	39	58	3E,4E	0	1	-2	58	10.78		
9476	7	24	30	3E,4E	0	1	0	60	10.42	6	10.23
AUTOS											
2577	8	26	40	AU	0	1	-2	58	10.78		
2873	6	33	34	AU	0	2	-15	105	5.95		
4335	7	33	10	AU	0	1	31	91	6.87		
4565	7	3	25	AU	0	1	6	66	9.47		
B198	8	50	20	AU	0	1	-14	46	13.59		
9860	7	54	10	AU	0	1	0	60	10.42		
C833	7	5	40	AU	0	1	-25	35	17.86		
D122	7	38	12	AU	0	0	40	40	15.63		
D176	8	2	15	AU	0	1	30	90	6.94		
F216	7	41	2	AU	0	1	18	78	8.01		
J327	8	7	42	AU	0	1	-25	35	17.86		
J493	S	20	5	AU	0	1	20	80	7.81		
K676	8	30	54	AU	0	1	-14	46	13.59		
L578	a	20	30	AU	0	1	-15	45	13.89		
N067	8	45	15	AU	0	0	40	40	15.63		
P791	6	25	48	AU	0	1	-18	42	14.88		
V94B	&	51	58	AU	0	1	-15	45	13.89		
X510	7	34	45	AU	0	1	-20	40	15.63		
X53B	7	29	30	AU	0	1	-25	35	17.86	19	12.45

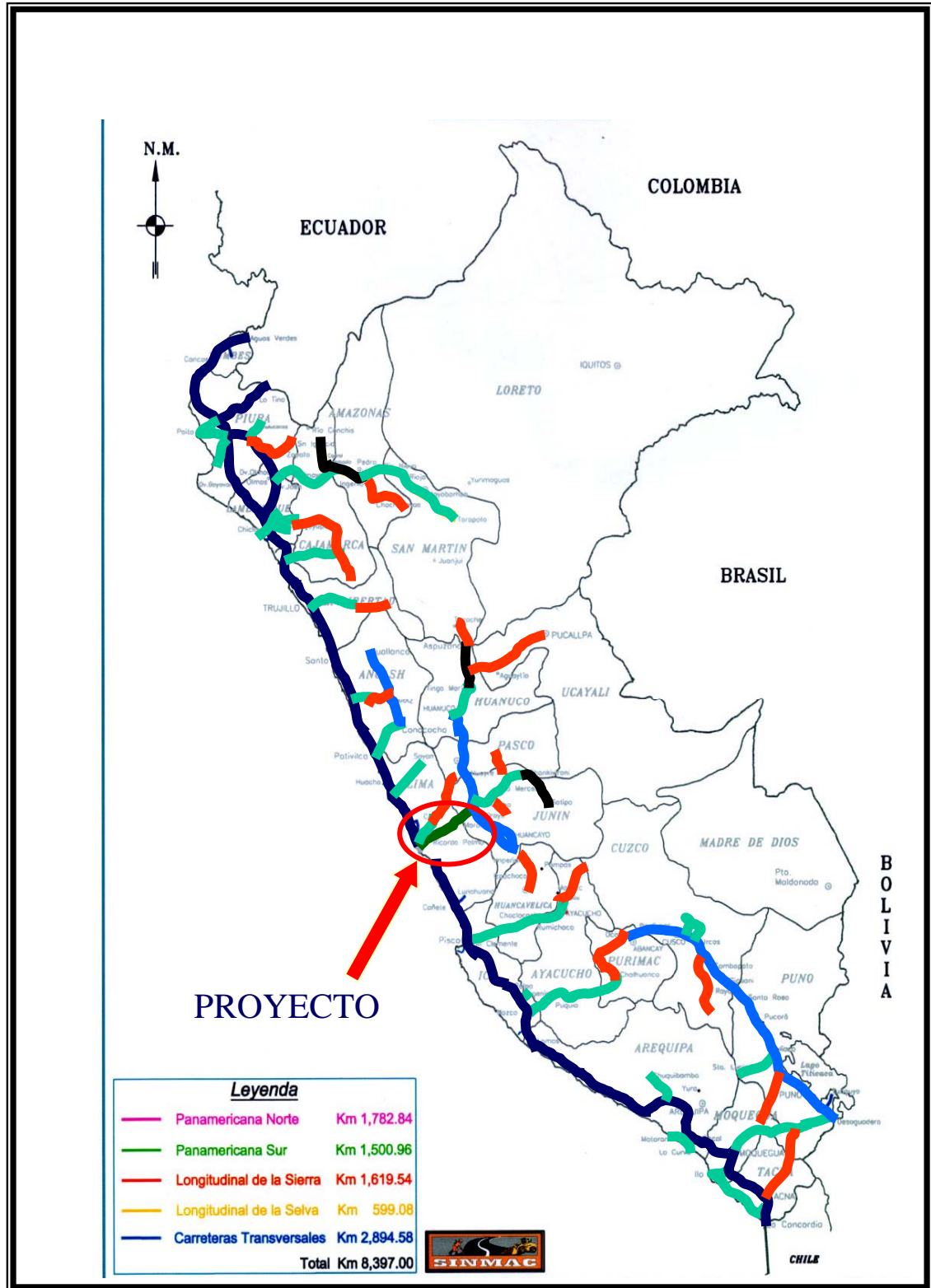
CAMIONETAS											
1372	B	15	41	CA	0	1	6	66	9.47		
2255	6	43	15	CA	0	1	-5	55	11.36		
2354	6	20	50	CA	0	1	-9	51	12.25		
3246	e	24	0	CA	0	2	48	168	3.72		
3733	7	45	8	CA	0	0	42	42	14.88		
3922	6	15	2	CA	0	0	37	37	16.89		
4349	7	6	23	CA	0	1	-6	54	11.57		
4500	6	42	5	CA	0	2	36	156	4.01		
4768	7	46	9	CA	0	0	43	43	14.53		
5078	6	10	15	CA	0	0	35	35	17.86		
5175	7	8	45	CA	0	2	5	125	5.00		
6288	7	56	10	CA	0	1	41	101	6.19		
6345	7	46	15	CA	0	1	-5	55	11.36		
6355	7	10	43	CA	0	2	-11	109	5.73		
69B2	7	35	36	CA	0	1	2	62	10.08		
7265	a	33	47	CA	0	0	0	0	0.00		
7751	6	8	13	CA	0	1	5	65	9.62		
7776	6	5	24	CA	0	1	16	76	8.22		
6253	7	32	59	CA	0	1	14	74	8.45		
8515	8	41	13	CA	0	1	17	77	8.12	19.00	9.96
CAMION CON REMOLQUE											
3303	7	36	58	CR	0	1	-7	53	11.79		
HQG2	7	26	7	CR	0	1	-2	58	10.78		
1690	7	34	10	CR	0	1	5	65	9.62		
P337	&	12	56	CR	0	1	-14	46	13.59	4.00	11.44
MICROS											
1124	3	0	15	MI	0	1	40	100	6.25		
4859	7	48	5	MI	0	1	20	80	7.81		
6528	7	38	40	MI	0	2	-20	100	6.25		
7446	6	48	45	MI	0	1	-25	35	17.86		
G556	8	33	52	MI	0	1	-22	38	16.45	5.00	10.92
SEMITRAILERS											
1535	8	29	17	SEMIT	0	2	-3	117	5.34		
1563	7	45	14	SEMIT	0	1	41	101	6.19		
1566	6	10	23	SEMIT	0	1	22	82	7.62		
1611	7	54	15	SEMIT	0	1	14	74	8.45		
1685	8	23	5	SEMIT	0	1	51	111	5.63		
1742	a	39	53	SEMIT	0	2	-42	78	8.01		
1782	7	36	56	SEMIT	0	2	-41	79	7.91		
2024	8	30	45	SEMIT	0	1	-16	44	14.20		
2040	6	7	30	SEMIT	0	0	29	29	21.55		
2361	8	38	32	SEMIT	0	1	15	75	8.33		
2523	e	13	15	SEMIT	0	1	20	80	7.81		
2866	7	21	30	SEMIT	0	1	-20	40	15.63		
2958	6	46	58	SEMIT	0	3	1	181	3.45		
2979	6	51	30	SEMIT	0	3	-9	171	3.65		
3052	6	51	20	SEMIT	0	2	-10	110	5.68		
3086	&	6	57	SEMIT	0	2	-50	70	8.93		
3369	6	21	2	SEMIT	0	0	36	36	17.36		
3655	6	26	54	SEMIT	0	2	-37	83	7.53		

4222	7	33	6	SEMIT	0	1	9	69	9.06		
4853	7	24	2	SEMIT	0	1	46	106	5.90		
5100	B	23	12	SEMIT	0	2	-7	113	5.53		
5262	B	40	30	SEMIT	0	2	0	120	5.21		
5297	7	25	11	SEMIT	0	1	1	61	10.25		
6334	8	54	10	SEMIT	0	1	20	80	7.81		
7792	7	55	42	SEMIT	0	1	16	76	8.22		
7835	8	33	13	SEMIT	0	1	34	94	6.65		
7877	7	0	9	SEMIT	0	1	24	84	7.44		
8017	7	40	18	SEMIT	0	2	17	137	4.56		
6753	fl	0	40	SEMIT	0	1	10	70	8.93		
9088	&	32	32	SEMIT	0	1	-2	58	10.78		
9537	8	23	10	SEMIT	0	2	0	120	5.21	31.00	8.35
TRAYLER											
3465	7	39	45	TRAYL	0	2	-15	105	5.95		
4093	7	8	30	TRAYL	0	2	-10	110	5.68		
9509	8	24	54	TRAYL	0	2	-35	85	7.35		
9730	6	44	15	TRAYL	0	1.	35	95	6.58	4.00	6.39

Tabla 3.4 Resumen de velocidades promedio observadas de la progresiva
77+810 al 77+185, L=625m (Fuente: elaboración propia)

Tipo de Vehículo	Vehículos	V (m/s)	V(km/h)
Autos	19.00	12.45	44.8
Camionetas	19.00	9.96	35.9
Micros	5.00	10.92	39.3
Camiones	6.00	10.23	36.8
Camión Remolque	4.00	11.44	41.2
Semitrayler	31.00	8.35	30.1
Trayler	4.00	6.39	23.0

Figura 3.1 Ubicación a nivel Nacional de la Carretera Central
 Héroes de la Breña, tramo III: Matucana – San Mateo



3.6. CALCULO DE LA DESVIACION ESTANDAR DE LOS TIEMPOS DE DEMORA

El cálculo de la desviación se ha efectuado a fin de medir la dispersión de los tiempos individuales, usando la siguiente fórmula:

$$S = \sqrt{\frac{\sum f(U_j - \bar{U})^2}{N - 1}}$$

Dónde:

S= Desviación estándar

\bar{U} =Media aritmética

U_j =j-esima observación

N=Numero de observaciones

f= Frecuencia

De los cálculos efectuados se tiene la varianza de los tiempos entre los diferentes tipos de vehículos existentes en el área de estudio, tal es así que la variación es de 6 segundos a 12 segundos por cada tipo de vehículos, como se indica a continuación:

Tabla 3.5 Desviación estándar de los tiempos registrados por cada tipo de vehículo.

AU	12 Segundos
PICK UP	12 Segundos
CA2E	12 Segundos
CA3E	12 Segundos
MI	12 Segundos
OM3E	12 Segundos
CA4E	6 Segundos
CR	6 Segundos
PICK UP	6 Segundos
CA4E	12 Segundos
MI	12 Segundos
OM2E	12 Segundos
OM3E	12 Segundos

3.7. COMPARACIÓN DE TIEMPO DE DEMORA MEDIA ENTRE TIPO DE VEHÍCULOS

Para determinar si existe diferencia significativa entre los tiempos de demora entre tipo de vehículos se ha efectuado comparando la diferencia absoluta entre las tiempos medias de las muestras, contra el producto de la desviación estándar de la diferencia de las medias por el factor Z, para el nivel de confianza de 95%.

Para los cálculos correspondientes se ha usado la siguiente fórmula:

$$S_d = \sqrt{\left(\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}\right)}$$

Dónde:

- n1= Tamaño de la muestra para estudio 1
- n2 = Tamaño de la muestra para estudio 2
- Sd = Raíz cuadrada de la varianza de la diferencia de medias
- S₁² = Varianza alrededor de la media para el estudio 1
- S₂² = Varianza alrededor de la media para el estudio 2

3.7.1. Estaciones de Plaqueo Progresivas 77+185 Y 77+850

Para esta estación se han comparado los tiempos de demora para una distancia de 625m. En el sector de Llican para un nivel de confianza de 95%, donde $Z=1.96$, para 95% de confiabilidad, un ejemplo práctico se muestra en el siguiente ejemplo:

Diferencia de medias CA2E y ST

$$1.3 - 1.2 = 0.1 \text{ minutos}$$

$$0.1 > 1.96 \times 0.1$$

$$0.1 > \mathbf{0.1} \text{ minutos}$$

El siguiente resultado nos indica que la diferencia de velocidades medias no es significativa, pues ambos valores son iguales, para un nivel de confianza de 95%.

Tabla3.6 Matriz de comparación tiempos (seg), de la diferencia de tiempo de demora entre vehículos (V1-V2) para un nivel de confianza del 95%. (d=625m)

	ST	TR	AU	CA3E	CA4E	CR	MI	OM2E	OM3E	PICK UP	
CA2E	3	3	3	4	3	3	4	4	3	3	Sd
	6	9	14	1	3	10	2	11	11	19	$\bar{u}_1 - \bar{u}_2$
	8	6	5	7	6	6	7	8	6	5	95%
ST		3	2	4	3	3	2	4	3	2	Sd
		7	17	1	1	13	4	14	14	21	$\bar{u}_1 - \bar{u}_2$
		5	4	7	5	7	4	7	6	4	95%
TR			2	4	3	2	3	4	3	2	Sd
			23	8	6	19	11	20	20	28	$\bar{u}_1 - \bar{u}_2$
			4	7	5	5	7	7	5	4	95%
AU				3	2	2	3	3	2	2	Sd
				15	2	11	3	12	12	20	$\bar{u}_1 - \bar{u}_2$
				6	4	4	6	7	5	3	95%
CA3E					3	3	4	4	4	3	Sd
					2	11	3	12	12	20	$\bar{u}_1 - \bar{u}_2$
					6	7	8	9	7	6	95%
CA4E						3	3	4	3	2	Sd
						13	5	14	14	22	$\bar{u}_1 - \bar{u}_2$
						5	7	8	6	5	95%
CR							3	4	3	2	Sd
							9	1	1	9	$\bar{u}_1 - \bar{u}_2$
							7	8	6	5	95%
MI								4	4	3	Sd
								10	9	17	$\bar{u}_1 - \bar{u}_2$
								9	7	6	95%
OM2E									4	4	Sd
									0	8	$\bar{u}_1 - \bar{u}_2$
									8	7	95%
OM3E										3	Sd
										8	$\bar{u}_1 - \bar{u}_2$
										5	95%

CAPITULO IV

PLANEAMIENTO DE LOS REQUERIMIENTOS DE CARRILES DE SOBREPASO EN EL TRAMO III DE LA CARRETERA CENTRAL

4.1. ANTECEDENTES

El tramo III de la carretera central Héroes de la Breña se inicia en el ingreso al puente Matucana en la progresiva 74+391.89, cota 2378.41 msnm y teniendo como final la progresiva 95+724.80, cota 3205.37msnm, en la localidad de San Mateo con una longitud de 21.332Km, fue rehabilitada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones entre el 19/12/2001 y el 15/07/2003 por haberse encontrado deteriorado por efectos del Fenómeno de "ElNiño" ocurrido en 1998.

El fenómeno de "El Niño" ocurrido en el año 1998, provocó daños en la Carretera Héroes de la Breña y otras vías nacionales, por lo que el Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción (MTC), a través del Sistema Nacional de Mantenimiento de Carreteras (SINMAC), implementó el "Proyecto Rehabilitación de Carreteras Afectadas por "El Niño", financiado con el Préstamo PE-P22 suscrito por el Fondo de Cooperación Económica a Ultramar del Japón (OECF), actualmente Japón Bank for International Cooperation (JBIC), y la República del Perú.

Para tal efecto y conforme a las disposiciones legales vigentes, se convocó a Concurso por Invitación Internacional para realizar los Estudios y Supervisión CIIE N° 02-99- MTC/15.02.SINMAC, a fin de seleccionar a la firma consultora que se encargaría de realizar los Estudios y Supervisión de las Obras de carreteras y puentes. Del concurso convocado, el Consorcio PCI – CESEL,

obtuvo la Buena Pro, aprobada mediante Resolución Directoral N° 409-99-MTC/15.02.SINMAC, de fecha 25 de octubre 1999.

Mediante Contrato de Consultoría N° 075-99-MTC/15.02.SINMAC del 03 de Diciembre de 1999, la Unidad Ejecutora acuerda utilizar los servicios del Consorcio PCI-CESEL para realizar los Estudios y Supervisión, materia del concurso.

Continuando el proceso, el SINMAC-MTC convocó a Licitación Pública N° 0011-2001- MTC/15.02.SINMAC con la finalidad de seleccionar a la Empresa Constructora o Consorcio que se encargara de la ejecución de la Obra de Rehabilitación de la Carretera Héroes de la Breña (Carretera Central), Tramo III: Matucana – San Mateo, conforme al Expediente Técnico elaborado por el Consorcio PCI-CESEL, obteniendo la buena pro la firma CONSORCIO SUPERCONCRETO DEL PERU S.A. ACS PROYECTOS, OBRAS Y CONSTRUCCIONES S.A. ASOCIADOS y mediante Contrato de Ejecución de Obra NO 084-2001-MTC/15.02.PRT-PERT.04 de fecha 20 de septiembre del 2001, el Contratista se obligó a realizar los trabajos de rehabilitación del referido tramo de la Carretera Central, por el monto del presupuesto ofertado de S/19'326,703.50 incluido I.G.V.

4.2. FUNCIONES DE LA CARRETERA CENTRAL

El tramo III de la Carretera Central Matucana – San Mateo es parte integrante de una de las vías terrestres más importantes del país, porque vincula a la ciudad de Lima, capital del Perú, centro de consumo y servicios más importantes de nuestro país con las regiones de la sierra y selva central a través de la carretera Héroes de la Breña (Carretera Central) teniendo como inicio el cruce de la Av. Evitamiento con la Carretera Central en el puente San Anita hasta llegar a la Oroya, uniendo los departamentos de Junín, Huancavelica y Ayacucho a través de la ruta 3–S, carretera longitudinal de la Sierra Sur y con los departamentos de Pasco, Huánuco y Ucayali a través de la carretera longitudinal de la Sierra Norte.

La Zona I de la Carretera Central “Héroes de la Breña”, Lima - La Oroya está constituida por los siguientes 4 tramos:

Cuadro 4.1. Tramos de la Carretera Central Lima-Oroya.

TRAMOS	INICIO		FINAL		LONGITUD (Km.)
	UBICACIÓN	PROGRESIVA	UBICACIÓN	PROGRESIVA	
I	Inicio Puente Ricardo Palma	38+500.00	Puesto control MTC	52+948.56	14+448.56
II	Puesto control MTC	52+948.56	Inicio Puente Matucana	74+391.89	21+443.33
III	Inicio Puente Matucana	74+391.89	Localidad San Mateo	95+724.80	21+332.91
IV	Localidad San Mateo	95+724.80	Jiba salida Oroya Antigua	176+319.34	80+594.54

La longitud de la Carretera Central Lima - La Oroya es de 137.819 Km, desde el Puente Ricardo Palma, y desde el puente Santa Anita es de 176.319Km, hasta la salida de la Oroya Vieja hacia Huancayo.

La topografía de la zona del área de influencia del tramo III es accidentada, presentando la vía un fuerte ascenso continuo con una pendiente promedio entre 5% – 7% encontrándose la plataforma confinada entre el Rio Rímac y lostaludes rocosos de los contrafuertes que encausan la cuenca del Rímac. La velocidad directriz es variable entre 45km/h a 50 Km/h, hasta con 23 curvas con radios menores a 60m, de los cuales 6 curvas son de volteo, restringiéndose la velocidad y visibilidad para el sobrepaso, aun cuando hay sectores con desarrollos y curvas de volteo con tangentes intermedias cortas. El trazo existente es aceptable y cumple con los requerimientos del tránsito pesado

actual en virtud que ya hubo rectificaciones y mejoras. Si en un futuro se quisiera pasar a una categoría de velocidad directriz mayor, se tendría que ampliar los radios de las curvas en varios sectores, incorporando espirales de transición y por lo tanto modificando el trazo con el respectivo abandono de los tramos sinuosos.

El clima es de carácter templado cálido y árido, teniendo como altitud el inicio del tramo de 2378.41msnm. y de 3205.37msnm, al final de tramo con una temperatura media anual entre 12° C y 17°C; la precipitación pluvial total anual es de 125mm a 250 mm, en otoño (abril – junio) especialmente en el primer mes se prolongan las lluvias de verano (diciembre - marzo) precipitando algo más del 10% del total anual; y en invierno las lluvias desaparecen casi totalmente.

4.3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA VÍA

Las características técnicas de la vía en el tramo III de la carretera central son las siguientes:

- **Categoría de la carretera:** 2º orden.
- **Topografía del terreno:** accidentado.
- **Pavimento:**carpeta asfáltica en caliente cuyo espesor es de 7.5cm.
- **Ancho de superficie de rodadura:** 7.20m.
- **Ancho de bermas:** 0.75m solo en algunos sectores.
- **Tipo de tratamiento de bermas:** mezcla asfáltica en caliente y concreto hidráulico en ingreso a lavaderos.
- **Velocidad directriz:** 45-50km/h

- **Radio mín normal:** 60m.Excepto en 23 curvas con radios menores a 60m
- **Pendiente máxima normal:** 7 %.

- **Reparación de cuneta existente:** 0.35mx0.80m. (sección ponderada)
- **Cuneta nueva:** 1mx0.40m.
- **Cota inicial:** 2378.41msnm. (en el 74+391.89)
- **Cota final:** 3205.37msnm. (en 95+ 724.80)
- **Longitud:** 21+332.91
- **Progresiva inicial:** 74+391.89 80(en el ingreso al puente Matucana)
- **Progresiva final:** 95+ 724.80 en la localidad de San Mateo

4.4. NIVELES DE SERVICIO

4.4.1 CONSIDERACIONES GENERALES

Debido a que en este tramo la Carretera Central discurre por terrenos accidentados y montañosos con pendientes que llegan al 7% y curvas continuas, sinuosas y teniendo un IMDA cercano a los 4000 vehículos por día la que origina significativas demoras en el tránsito vehicular ocasionando largas colas de vehículos en las horas pico de tránsito vehicular generalmente desde las 6pm a 11pm y desde las 4am a 8am y en el horario de 11am a 2pm, este tramo estaría clasificado en los niveles de servicio D y E para este tipo de carreteras de segunda clase de un carril por sentido. Estando previsto que dentro de corto tiempo al año 2012 el volumen total de trafico estaría proyectado a 5256 vehículos por día según estudios efectuados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones por lo que se requeriría nuevas concepciones para poder mantener y /o elevar los niveles de servicios actuales.

4.4.2 CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

Para la evaluación de los niveles de servicio de la carretera del tramo III se ha adoptado la metodología y los criterios dados por el manual de capacidad de carreteras (HCM versión 2000), que se aplica para carreteras interurbanas de dos carriles de clase II.

- **Volumen de hora punta**

136 veh/h Fecha: domingo 21 de mayo del 2006 SENTIDO: E-O

123 veh/h Fecha: sábado 20 de mayo del 2006 SENTIDO: O-E

- **Tasa de crecimiento**

VEH/H	T.C (4.3)	T.C. ⁵
168	2011	1.2343
152	2011	1.2343
320		

- **Característica de la vía**

Velocidad del Proyecto	50	km/h
carriles	3.6	m
berma	0.75	m
terreno montañoso		
80% sin posibilidad de adelantamiento		
Longitud del tramo en estudio	16	km

- **Característica de la circulación**

reparto por sentido	50/50
% Camiones	51.3%
% Recreo	3.1%
% Buses	12.9%
% Autos	32.6%

- **Calculo del nivel de servicio**
- **Calculo de la intensidad de trafico**

$$I = Q/FHP$$

Dónde:

$$\begin{array}{lcl} Q & = & 259 \text{ veh/h} \\ FHP & = & 0.9 \text{ Para, } i=300\text{veh/h} \\ I & = & 288 \text{ veh/h} \end{array}$$

- **Cálculo de las intensidades por tipo de servicio**

$$FS_i = 2800 (v/c)^i (fD) (fA) (fVP)$$

Dónde:

- **FS_i**: Flujo de servicio para el nivel i bajo condiciones prevaecientes en vph/ambos sentidos.
- **(v/c)**: máxima relación flujo a capacidad para un nivel de servicio i (Tabla 8-1 de HCM)
- **F_d**: factor de ajuste por efecto de la distribución direccional (Tabla 8.4 del HCM)
- **f_A**: factor de ajuste por efecto de la anchura de carriles y bermas (Tabla 8.5 del HCM)
- **f_{VP}**: factor de ajuste por efecto de la presencia de vehículos pesados

$$fVP = 100/(100+PC(EC-1)+PB(EB-1)+PR(ER-1))$$

fVP =	0.20784673
	0.15633565
	0.13355081

v/cA	0.02	
v/cB	0.12	
v/cC	0.2	
v/cD	0.37	
v/cE	0.8	
v/cF	--	
fD	1	
fA	0.81	NS A-D
	0.93	NS E
EC	7	NS A
	10	NS B y C
	12	NS D Y E
ER	5	NS A
	5.2	NS B y C
	5.2	NS D Y E
EB	5.7	NS A
	6	NS B y C
	6.5	NS D Y E
PC	0.513	
PR	0.031	
PB	0.129	

A continuación se muestran las siguientes tablas que sirven para determinar los niveles de servicio de carreteras de dos carriles tomadas de la tesis aplicación del manual de aplicación de carreteras versión 2000, para la evaluación de nivel de servicio de carreteras de dos carriles presentado por Raúl Iván Palma Álvarez de la Facultad de Ingeniería en la Universidad de San Carlos, Guatemala en marzo del 2006.

Tabla V. Criterio del LOS para carreteras de dos carriles Clase II

LOS	% de tiempo utilizado en seguir un vehículo
A	≤ 40
B	> 40 - 55
C	> 55 - 70
D	> 70 - 85
E	> 85

Nota:

LOS F aplica cuando la razón de flujo excede la capacidad del segmento

Tabla VI. Ajuste debido al ancho de carril y al ancho de hombro (f_{LS})

Ancho de carril (m)	Reducción de la FFS (km/h)			
	Ancho de hombro (m)			
	≥ 0.0 < 0.6	≥ 0.6 < 1.2	≥ 1.2 < 1.8	≥ 1.8
2.7 < 3.0	10.3	7.7	5.6	3.5
≥ 3.0 < 3.3	8.5	5.9	3.8	1.7
≥ 3.3 < 3.6	7.5	4.9	2.8	0.7
≥ 3.6	6.8	4.2	2.1	0.0

Tabla VII. Ajuste debido a la cantidad de puntos de acceso (f_A)

Puntos de acceso por km	Reducción de la FFS (km/h)
0	0.0
6	4.0
12	8.0
18	12.0
≥ 24	16.0

Tabla VIII. Factor de ajuste (f_G) para determinar la velocidad sobre segmentos de dos vías y direccionales

Rango de flujo de dos vías (veh/h)	Rango de flujo direccional (veh/h)	Tipo de terreno	
		Nivelado	Ondulado
0 - 600	0 - 300	1.00	0.71
> 600 -1200	> 300 -600	1.00	0.93
> 1200	> 600	1.00	0.99

Tabla IX. Factor de ajuste (f_G) para determinar el porcentaje de tiempo utilizado en seguir un vehículo sobre segmentos de dos vías y direccionales

Rango de flujo de dos vías (veh/h)	Rango de flujo direccional (veh/h)	Tipo de terreno	
		Nivelado	Ondulado
0 - 600	0 - 300	1.00	0.77
> 600 -1200	> 300 -600	1.00	0.94
> 1200	> 600	1.00	1.00

Tabla X. Equivalente del numero de vehículos por camión y vehículo recreacional, para determinar la velocidad en segmentos de dos vías y direccional

Tipo de Vehículo	Rango de flujo de dos vías (veh/h)	Rango de flujo direccional (veh/h)	Tipo de terreno	
			Nivelado	Ondulado
E_T	0 - 600	0 - 300	1.7	2.5
	> 600 -1200	> 300 -600	1.2	1.9
	> 1200	> 600	1.1	1.5
E_R	0 - 600	0 - 300	1.0	1.1
	> 600 -1200	> 300 -600	1.0	1.1
	> 1200	> 600	1.0	1.1

4.5 CARACTERISTICAS OPERATIVAS

En esta carretera de dos carriles la circulación normal en un sentido influye en la del otro. Los conductores están obligados a ajustar su velocidad de recorrido individual al incrementarse el volumen y disminuir su posibilidad de adelantamiento. Se utilizan dos características como medidas descriptivas de la calidad de servicio en carreteras de dos carriles: la velocidad media de recorrido que en este caso es de 50km/h y el porcentaje de demora en tiempo llegaría a más del 50% del tiempo normal utilizado para el tramo.

4.6 LOS ACCIDENTES DE TRANSITO Y SU INFLUENCIA EN EL PLANEAMIENTO DE CARRILES DE SOBREPASO

Los accidentes de tránsito, que ocurren en las carreteras de 2 carriles, compuesto por un carril por sentidos con sentidos opuestos entre sí, se dan con mayor frecuencia en las carreteras que atraviesan territorios accidentados o muy accidentados y con altitudes significativas, generalmente mayores a 2000msnm y aun menores, como es el caso de la costa cuando se atraviesan territorios con contrafuertes o cuando no existe la distancia de visibilidad de paso suficiente para la velocidad directriz establecida para el sector. En estas carreteras sea por la sinuosidad, el mal estado de la superficie de rodadura, falta de visibilidad de paso o falta de longitudes suficientes que permitan el sobrepaso de un vehículo a uno o dos vehículos en el mismo sentido de la circulación, se producen congestiones vehiculares, con alto riesgo de accidentes, así mismo se tienen dilaciones en los tiempos de recorrido y la frustración de los conductores cuando se producen colas de vehículos sin poder realizar el adelantamiento por tener delante de ellos a una hilera de vehículos pesados o ligeros, originando los factores concurrentes para los accidentes, al intentar el sobrepaso, y aun por otras razones operativas en el instante de la circulación vial. Estas situaciones y consideraciones hace necesario el establecimiento de carriles de sobrepaso en

las carreteras, las cuales se deben prevenir su construcción por lo menos cada 5km o menor distancia, dependiendo del tráfico vehicular, en especial del tráfico de vehículos pesados y de las características geométricas de la carretera dadas por las curvas y contra curvas sucesivas donde no es posible efectuar el sobrepaso. La construcción de carriles de sobrepaso mejora notablemente la accesibilidad de las carreteras, los niveles de servicio y eficiencia operativa del flujo vehicular, disminuyendo los riesgos de accidentes.

Para el caso de la Carretera Central tramo III Matucana-San Mateo, según la información registrada en la Dirección General de Transporte Terrestre del MTC, referido a los accidentes de tránsito ocurridos desde el año 2000 hasta el año 2007 desde el km 74 al km 96, se han registrado un total de 30 accidentes clasificados en las modalidades de: choques, despistes, atropellos, volcaduras, incendios y otros que se muestran en la tabla 4.3

Tabla 4.4 Número de accidentes por modalidad de accidente periodo del 2000-2007 Carretera Central tramo III (Fuente MTC)

Ítem	Modalidad de accidentes	N de veces	Porcentaje (%)
1	Choques	21	70.00
2	Despistes	4	13.33
3	Atropello	2	6.67
4	Volcaduras	1	3.33
5	Incendios	1	3.33
6	Sin Modalidad definida	1	3.33
Total=		30	100.00

TABLA 4.5 De registro de accidentes desde el km 74 al km 96 de la carretera central (2000-2007)

AÑO	MODALIDAD DE ACCIDENTES						TOTAL	MUERTOS	HERIDOS	VEHICULOS
	Cho	Desp	Atrop	Volc	Incen	Sn.Mo	ACCIDENTES			PARTICIPANTES
2000	1	-	1				2	1	0	3
2001	1						1	0	3	2
2002					1		1	3	1	1
2003	1	1					2	3	29	4
2004							0	0	0	0
2005	5	2					7	1	10	12
2006	9	1	1	1			12	17	42	23
2007	4					1	5	0	1	9
Totales	21	4	2	1	1	1	30	25	86	54

De los cuadros resumen de accidentes expuestos, se observa que del total de 30 accidentes ocurridos en el periodo de 8 años, se han registrado 21 casos de choques (70%), 4 casos de despistes que incluye volcaduras (13.33%) y 2 casos de atropellos (6.67%), entre los más notables.

De lo expuesto en el cuadro resumen se observa que se han registrado 25 muertes y 86 heridos con una participación de 54 vehículos en un total de 21 accidentes ocurridos entre los años 2000-2007, destacándose que en el año 2006, se registraron 12 accidentes con 17 muertes y 42 heridos y 23 vehículos participantes, que constituyen probablemente por el incremento en el volumen de tráfico y condición de transitabilidad lo que se refleja en menor grado en el año 2007. En los anexos del presente trabajo de investigación se adjunta la copia del oficio 1736-2008-MTC/15, emitido por la dirección general del transporte terrestre del MTC, en cuyos cuadros se observa los detalles de los resúmenes expuestos.

Con esta breve descripción de los registros de accidentes se puede constatar que el Tramo III de la Carretera Central requiere de una atención sustancial en su mejora para soportar el tráfico futuro, como una alternativa motivo por el cual

se propone construir carriles de sobrepaso en los sectores críticos y con espacios suficientes. No esta demás efectuar estudios que permitan tener una carretera con dos carriles de ida y otra con dos carriles de regreso, como un plan de acondicionamiento del transporte terrestre por carretera para este tramo y en general por lo menos en la ruta Lima-Oroya

4.7 PLANEAMIENTO PARA LA UBICACIÓN DE CARRILES DE SOBREPASO Y PLAZOLETAS DE PARQUEO

La ubicación de los sectores para la construcción de carriles de sobrepaso, sea para carreteras pavimentadas o afirmadas en territorios accidentados y de altura, deberá estar en función de las velocidad directriz establecida y actualizada para el sector en estudio, principalmente para verificar las distancias de visibilidad de paso y las distancias que deben guardarse para efectuar el sobrepaso, de acuerdo a las normas para diseño geométrico de carreteras pavimentadas o afirmadas, establecidos por el MTC.

Estos sectores en estudio deben ser en lo posible rectilíneos y de acuerdo a lo requerido por las normas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones debiendo distanciarse aproximadamente cada 5km, con la finalidad de facilitar y mejorar la eficiencia de la marcha del flujo vehicular y los niveles de servicio en estas zonas accidentadas.

Así mismo se debe prever la construcción de plazoletas de parqueo, que faciliten el estacionamiento eventual de los vehículos por desperfectos mecánicos, cansancio del conductor o simplemente para permitir el sobrepaso de los vehículos. Para el presente caso del tramo III de la Carretera Central Matucana-San Mateo se propone las siguientes alternativas.

4.7.1 Carriles de sobrepaso

En este tramo se han analizado e investigado los lugares más convenientes para poder planificar y diseñar carriles de sobrepaso habiéndose obtenido los siguientes lugares que podrían servir de base para los estudios, según se muestra en el plano Clave PCL-01

1. Km 75+000 – km75+500 en una longitud de 500m la que quedaría ubicada a lo largo del eje rectilíneo que discurre frente a la localidad de Matucana.
2. Km. 77+200 – Km. 77+800 en una longitud de 600m en el paraje denominado Llican motivo del presente estudio.
3. Entre las progresivas 80+500 – 80+900 en una longitud de 400m a la altura del puente Chacahuaro que está ubicado en la progresiva 80+700.
4. Km 87+760 – 88+360 en una longitud de 500m ubicada a la altura del cruce de la vía férrea con un puente reticulado metálico del ferrocarril central luego de atravesar un túnel, la carretera se encuentra confinado por el Río Rímac hacia la izquierda y la cadena de montañas accidentadas por la derecha.

En resumen luego de investigar y evaluar la zona se propone las siguientes 4 ubicaciones:

Cuadro 4.6 Propuestas para la ubicación para construcción de carriles de sobrepaso.

UBICACIONES	POGRESIVA	UBICACIÓN	LONGITUD (m)	DISTANCIAMIENTO(m)
1	75+000-75+500	Matucana	500	
2	77+200-77+800	Llican	600	1.7
3	80+500-80+900	Puente Chacawaco	400	2.7
4	87+760-88+360	Puente reticulado metálico del Ferrocarril Central	500	6.86

4.7.2 Plazoleta de parqueo km 84+000

Así mismo en el presente estudio se propone una plazoleta de parqueo entre las progresivas 83+860 - 84+000 en una longitud de 140.00m ubicada en una plataforma construida y afirmada a la izquierda de la carretera central con el fin de brindar un lugar de estacionamiento especialmente para los vehículos de carga, la misma que podría servir para estacionamientos de emergencia por desperfectos mecánicos de los vehículos o descanso para los conductores ya que este tramo representa casi el final de la carretera central que da acceso de la región central del Perú hacia la Capital de la República. La planta, perfil longitudinal y secciones transversales para esta Plazoleta de Parque se observa en el plano PZ-01.

4.8 UBICACIÓN DE LOS CARRILES DE SOBREPASO EN KM 77+500 (Lican)

Para el diseño geométrico preliminar se ha elegido la ubicación N°2, descrita anteriormente en el cuadro 4.2 cuyo diseño se inicia en la progresiva 77+230 de la carretera actual hasta la progresiva 77+804.66 de la carretera actual, en una longitud total de 574.66m teniendo una longitud para la zona de los carriles de sobrepaso de 395.34m mediante 2 curvas reversas con ángulos de deflexión de $9^{\circ} 43' 37''$, radios de 220m y una longitud en tangente rectilínea de 21.26m, es decir con la menor deflexión posible y amplios radios de curvatura.

La longitud para la zona de carriles de sobrepaso es de 395.34m, la que es suficiente para cubrir los requerimientos de sobrepaso para la velocidad directriz de 50km por hora para el tipo de tráfico y velocidades de las diferentes clases de vehículos que recorren la zona.

En la parte final en el sentido Lima –Oroya, se tiene una transición de salida de 82.69m, hasta empalmar con la progresiva 77+804.66 de la carretera actual,

habiéndose implementado el PI-15A a la altura del mismo PI-15 de la carretera actual, sin tener ninguna modificación el PI-16 en la zona denominada Llican ubicado a 3km de Matucana hacia San Mateo. La localización propuesta de los carriles de sobrepaso mejoraría el tráfico vehicular en ambos sentidos, especialmente en las horas punta.

CAPITULO V

DISEÑO GEOMETRICO PRELIMINAR DE LOS CARRILES DE SOBREPASO EN EL SECTOR LLICAN KM 77+500

5.1 TOPOGRAFIA

Para realizar el levantamiento topográfico se revisaron los estudios efectuados para el Ministerio de Transportes y Comunicaciones por la firma CESEL en mayo del año 2000 para la carretera Héroes de la Breña "Puente Ricardo Palma – La Oroya", tramo III Matucana - San Mateo, habiéndose tomado como puntos de partida el PI 14-D ubicada en la progresiva 77+112.94 de la Carretera Central, a la altura del puente Llican que cruza el Río Rímac, cuyas coordenadas UTM en el sistema PSAD 56 son:

$$N = 8'692,092.510$$

$$E = 350,696.976$$

A partir de dicha información y utilizando los equipos GPS HIPER LITE de última generación tecnológica se obtuvieron las coordenadas geodésicas en el mismo sistema PSAD 56 de 2 puntos denominados CERRO1 y CERRO2, ubicados en el cerro al lado derecho en la progresiva 77+240 a una distancia de 25m del eje y cotas de 2458msnm.

Tabla 5.1 Coordenadas y cotas obtenidas en el PSAD 56

DESCRIPCIÓN	N (m)	E (m)	Z (m)
CERRO1	8692106.528	350736.570	2461.524
CERRO2	8692133.077	350780.220	2461.866
ESTACION IGN	8661612.939	280700.563	157.610

Estas coordenadas de sistema PSAD 56 fueron transformadas al sistema WGS 84, mediante la aplicación de un software del mismo sistema GPS HIPER LITE, habiéndose obtenido los siguientes resultados:

TABLA 5.2 Coordenadas y cotas obtenidas en el WGS84

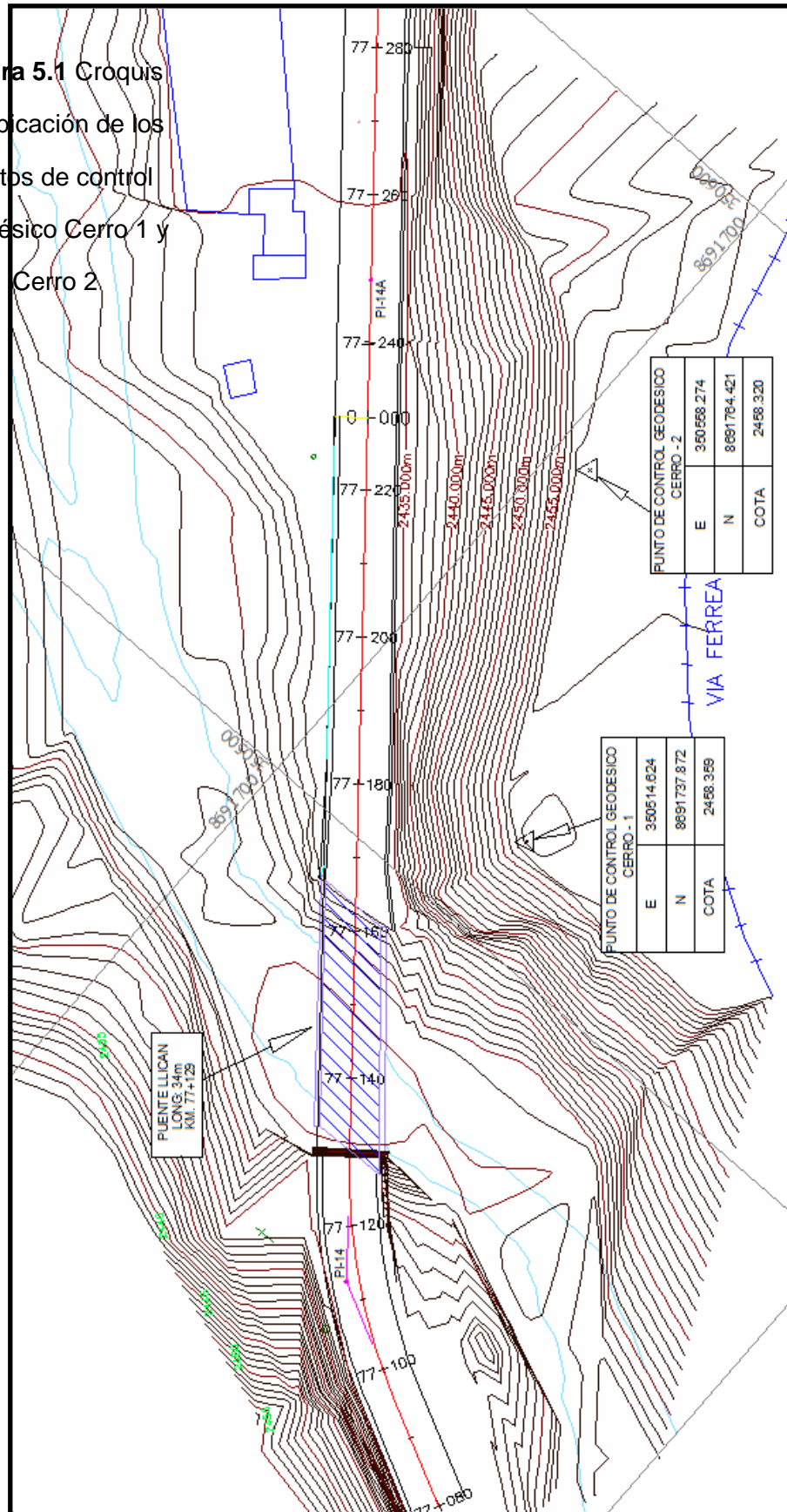
DESCRIPCIÓN	N (m)	E (m)	Z (m)
CERRO1	8691737.872	350514.624	2461.524.
CERRO2	8691764.421	350558.274	2461.866
ESTACION PERMANE	8661244.452	280479.573	157.610

Para el control vertical se ha tomado como información base la altitud del BM 78 del MTC ubicada a al lado derecho del Km78+000.00 de la Carretera Central cuya cota es 2446.784. A partir de este BM 78 se han obtenido las cotas de los puntos geodésicos CERRO 1 Y CERRO 2, mediante la estación total marca Topcon , equipo que también sirvió para efectuar el levantamiento topográfico de la zona en estudio, quedando finalmente establecido las coordenadas y cotas de los puntos geodésicos CERRO 1 y CERRO 2 en la siguiente forma:

Tabla 5.3Coordenadas UTM en el sistema WGS 84 y cotas referidas a nivel medio del mar, de los puntos de control Cerro1 y Cerro2

DESCRIPCIÓN	ESTE	NORTE	COTA
CERRO 1	350514.624	8691737.87	2458.359
CERRO 2	350558.274	8691764.42	2458.32

Figura 5.1 Croquis de ubicación de los puntos de control geodésico Cerro 1 y Cerro 2



En base a los dos puntos de control se ha levantado topográficamente la zona en estudio a curvas de nivel a cada 2 m.

Asimismo se han estacado en el campo las progresivas cada 20m replanteando los puntos de las curvas correspondientes a los PI 14, PI 15 y PI 16, las mismas que se muestran en el plano de planta y perfil PPL01 del anexo N°8. Igualmente se han levantado las secciones transversales y perfil longitudinal.

5.2. ESTUDIO DE VELOCIDADES PARA EL CÁLCULO DE LA LONGITUD DE LOS CARRILES DE SOBREPASO

Para el cálculo de longitudes a tomar en cuenta para el diseño geométrico de los carriles de sobrepaso se ha seguido el siguiente procedimiento:

	DESCRIPCIÓN	SENTIDO O - E	SENTIDO E - O
A	<p><u>ESTUDIO DE VELOCIDADES</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Se ha realizado un estudio de velocidades, hallando la velocidad promedio (V m/s) por tipo de vehículo y su correspondiente desviación estándar (S), en ambos sentidos desde la progresiva 77+185 Oeste hasta la progresiva 77+810 	<p>Tabla 5.2.1.a 5.2.1.b</p>	<p>Tabla 5.2.2.a 5.2.2.b</p>

A	<ul style="list-style-type: none"> Se determinó la desviación estándar de las diferencias de las velocidades entre tipos de vehículos $Sd = \sqrt{\left(\frac{S^2_1}{n_1} + \frac{S^2_2}{n_2}\right)}$ <p>y los valores al 95% de confianza de la desviación estándar de las diferencias de velocidades entre tipos de vehículos, para verificar que : $V_1 - V_2 > 1.96S_d$</p> <p>Para lo cual calculamos los valores: $1.96S_d$</p>	Tabla 5.2.1.c 5.2.1.d	Tabla 5.2.2.c 5.2.2.d
	<ul style="list-style-type: none"> Se determinó las Diferencia de velocidades promedios entre tipo de vehículos sector Llican sentido Oeste-Este, Matucana - San Mateo. $\bar{V}_1 - \bar{V}_2$ <p>Así como los valores absolutos de las diferencias de velocidades promedios entre tipos de vehículos y el valor al 95% de confianza de las desviaciones estándar de las diferencias de velocidades</p>	Tabla 5.2.1.e 5.2.1.f 5.2.1.g 5.2.1.g.1 5.2.1.g.2 5.2.1.g.3 5.2.1.g.4 5.2.1.g.5 5.2.1.g.6	Tabla 5.2.2.e 5.2.2.f 5.2.2.g 5.2.2.g.1 5.2.2.g.2 5.2.2.g.3 5.2.2.g.4 5.2.2.g.5 5.2.2.g.6
B	<p><u>CALCULO DE LAS LONGITUDES PARA LOS CARRILES DE SOBREPASO</u></p> <p>Se calcularon las distancias d1,d2 y d3</p> $dt= d1+d2+d3$ <p>d1: Distancia de percepción e iniciación de la maniobra para el sobrepaso.</p> <p>d2: Calculo de longitud de los carriles de</p>	Tabla 5.2.3.1	Tabla 5.2.3.2

B	<p>sobrepaso.</p> <p>d3: Distancia de un vehículo en dirección opuesta antes del sobrepaso.</p> <p>dt: Distancia total.</p> <p>Siendo :</p> <p>$d_T(A)_1 = \text{dist. total para el sobrepaso de un vehiculo}$ $d_T(B)_1 = \text{dist. total para el sobrepaso de dos vehiculo}$</p> <p>En el sentido Oeste – Este, y</p> <p>$d_T(A)_2 = \text{dist. total para el sobrepaso de un vehiculo}$ $d_T(B)_2 = \text{dist. total para el sobrepaso de dos vehiculo}$</p> <p>En el sentido Este – Oeste</p>		
C	<p><u>DETERMINACION DE LA LONGITUD MAXIMA REQUERIDA PARA LOS CARRILES DE SOBREPASO</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Se compararon las longitudes obtenidas para el sobrepaso de un vehículo a otro, y de un vehículo a otros dos vehículos en ambos sentidos para obtener las máximas longitudes por sentido y para cada caso. <p>Hallando finalmente que la longitud máxima requerida del carril de sobrepaso es de 338.62m.</p>	<p>Tabla</p> <p>5.2.4.1</p> <p>5.2.4.2</p> <p>5.2.5.1</p> <p>5.2.5.2</p>	<p>Tabla</p> <p>5.2.4.1</p> <p>5.2.4.2</p> <p>5.2.5.1</p> <p>5.2.5.2</p>

TABLA 5.2.1.a Estudio de velocidades para hallar la longitud de los carriles de sobrepaso sector Ilican sentido oeste-este progresiva 77+185-77+810, l=625m

Placa Vehículo	Hora de Registro			Tipo Vehículo	Tiempo Observado			t seg	V (m/s)	n Nº VEH.	\bar{V} (m/s)	$V - \bar{V}$	$(V - \bar{V})^2$	$\sum(V - \bar{V})$
CAMION														
3959	6	35	9	3E	0	1	35	95	6.579			-1.141	1.301	
8426	8	35	10	3E	0	1	20	80	7.813			0.093	0.009	
1130	8	15	15	4E	0	1	10	70	8.929			1.209	1.461	
1208	9	10	30	4E	0	1	28	88	7.102			-0.617	0.381	
2964	7	18	22	4E	0	1	36	96	6.510			-1.209	1.462	
3838	8	16	50	4E	0	1	9	69	9.058			1.338	1.791	
4239	7	18	43	4E	0	1	10	70	8.929			1.209	1.461	
5127	6	33	40	4E	0	1	42	102	6.127			-1.592	2.535	
5139	6	44	1	4E	0	1	0	60	10.417			2.697	7.273	
7289	8	16	16	4E	0	1	49	109	5.734	10	7.720	-1.986	3.943	21.619
AUTOS														
1759	8	1	10	AU	0	0	40	40	15.625			0.223	0.050	
4604	8	54	15	AU	0	0	35	35	17.857			2.455	6.029	
4810	8	14	40	AU	0	0	50	50	12.500			-2.902	8.420	
5890	7	15	14	AU	0	0	40	40	15.625	4	15.402	0.223	0.050	14.549
CAMIONETAS														
1865	8	9	5	CA	0	0	45	45	13.889			2.265	5.131	
2031	6	28	22	CA	0	2	18	138	4.529			-7.095	50.334	
3059	7	20	59	CA	0	0	51	51	12.255			0.631	0.398	
4819	6	31	9	CA	0	0	44	44	14.205			2.581	6.661	
4859	7	50	10	CA	0	1	12	72	8.681			-2.943	8.662	
5067	8	15	52	CA	0	0	52	52	12.019			0.396	0.156	
6058	6	22	58	CA	0	1	37	97	6.443			-5.180	26.836	
6616	6	5	21	CA	0	0	53	53	11.792			0.169	0.028	
6796	7	23	10	CA	0	0	20	20	31.250			19.626	385.194	
7175	7	52	15	CA	0	0	46	46	13.587			1.963	3.855	
7196	6	34	55	CA	0	1	12	72	8.681			-2.943	8.662	
7313	6	19	20	CA	0	2	19	139	4.496			-7.127	50.798	
7970	7	1	10	CA	0	1	46	106	5.896			-5.727	32.803	
8283	8	9	45	CA	0	0	35	35	17.857			6.233	38.857	
8527	8	27	51	CA	0	0	59	59	10.593			-1.030	1.062	
9181	8	2	45	CA	0	0	50	50	12.500			0.876	0.768	
9772	8	2	5	CA	0	1	10	70	8.929	17	11.624	-2.695	7.263	627.469
CAMION CON REMOLQUE														
r476	9	0	0	CR	0	1	15	75	8.333	1	8.333	0.000	0.000	0
MICROS														
9572	8	28	20	MI	0	1	30	90	6.944	1	6.944	0.000	0.000	0
OMNIBUS														
3470	7	18	59	OM	0	1	16	76	8.224			-0.771	0.594	
7218	7	45	20	OM	0	1	4	64	9.766	2	8.995	0.771	0.594	1.189
SEMITRAILERS														
1410	6	10	50	SEMIT	0	1	38	98	6.378			0.043	0.002	
4951	8	16	30	SEMIT	0	1	39	99	6.313			-0.021	0.000	
7134	8	18	10	SEMIT	0	1	39	99	6.313	3	6.335	-0.021	0.000	0.003

TABLA 5.2.1.b. Resumen estudio de velocidades sentido Oeste-Este, Matucana - San Mateo

TIPO DE VEH.	$\sum (V - \bar{V})^2$	n	$s^2 = \sum (V - \bar{V})^2 / n$	s
AU	14.549	4	3.637	1.907
CA	627.479	17	36.911	6.075
MI	0	1	0.000	0.000
OM	1.189	2	0.595	0.771
SEMIT	0.003	3	0.001	0.032
3E,4E	21.619	10	2.162	1.470
CR	0	1	0.000	0.000

TABLA 5.2.1.c. Desviación estándar de las diferencias de velocidades entre tipo de vehículos sentido Oeste-Este, Matucana - San Mateo

	$\frac{S_2^2/n_2}{S_1^2/n_1}$	AU 0.909	CA 2.171	MI 0.000	OM 0.297	SEMIT 0.000	3E,4E 0.216	CR 0.000
AU	0.909		1.755	0.954	1.098	0.954	1.061	0.954
CA	2.171	1.755		1.474	1.571	1.474	1.545	1.474
MI	0.000	0.954	1.474		0.545	0.018	0.465	0.000
OM	0.297	1.098	1.571	0.545		0.546	0.717	0.545
SEMIT	0.000	0.954	1.474	0.018	0.546		0.465	0.018
3E,4E	0.216	1.061	1.545	0.465	0.717	0.465		0.465
CR	0.000	0.954	1.474	0.000	0.545	0.018	0.465	

$$S_d = \sqrt{\left(\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}\right)}$$

TABLA 5.2.1.d. Valores al 95% de confianza de la desviación estándar de las diferencias de velocidades entre tipos vehículos sentido Oeste-Este, Matucana - San Mateo

Para un valor de confianza estadístico del 95% se debe cumplir que: $|V_1 - V_2| > 1.96S_d$

Para lo cual calculamos los valores: $1.96S_d$

	AU	CA	MI	OM	SEMIT	3E,4E	CR
AU		3.440	1.869	2.153	1.869	2.079	1.869
CA	3.440		2.888	3.079	2.888	3.028	2.888
MI	1.869	2.888		1.069	0.036	0.911	0.000
OM	2.153	3.079	1.069		1.069	1.404	1.069
SEMIT	1.869	2.888	0.036	1.069		0.912	0.036
3E,4E	2.079	3.028	0.911	1.404	0.912		0.911
CR	1.869	2.888	0.000	1.069	0.036	0.911	

TABLA 5.2.1.e. Diferencia de velocidades promedios entre tipo de vehículos sentido Oeste-Este, Matucana - San Mateo

Se obtiene del análisis del cuadro de velocidades $\bar{V}_1 - \bar{V}_2$

$\bar{V} (m/s)$	$\bar{V}_1 \backslash \bar{V}_2$	AU 15.402	CA 11.624	MI 6.944	OM 8.995	SEMIT 6.335	3E,4E 7.72	CR 8.333
AU	15.402		3.778	8.458	6.407	9.067	7.682	7.069
CA	11.624	-3.778		4.680	2.629	5.289	3.904	3.291
MI	6.944	-8.458	-4.680		-2.051	0.609	-0.776	-1.389
OM	8.995	-6.407	-2.629	2.051		2.660	1.275	0.662
SEMIT	6.335	-9.067	-5.289	-0.609	-2.660		-1.385	-1.998
3E,4E	7.72	-7.682	-3.904	0.776	-1.275	1.385		-0.613
CR	8.333	-7.069	-3.291	1.389	-0.662	1.998	0.613	

TABLA 5.2.1.f. Valores absolutos de las diferencias de velocidades promedios entre tipo de vehículos sentido Oeste-Este, Matucana - San Mateo.

$V_1 \backslash V_2$	AU	CA	MI	OM	SEMIT	3E,4E	CR
AU		3.778	8.458	6.407	9.067	7.682	7.069
CA	3.778		4.680	2.629	5.289	3.904	3.291
MI	8.458	4.680		2.051	0.609	0.776	1.389
OM	6.407	2.629	2.051		2.660	1.275	0.662
SEMIT	9.067	5.289	0.609	2.660		1.385	1.998
3E,4E	7.682	3.904	0.776	1.275	1.385		0.613
CR	7.069	3.291	1.389	0.662	1.998	0.613	

TABLA 5.2.1.g. Diferencias de velocidades promedios entre tipo de vehículos y el valor al 95% de confianza de la desviación estándar de las diferencias de velocidades.

TABLA 5.2.1.g.1. Se toma solo las diferencias positivas para cumplir con:

$$|V_1 - V_2| > 1.96S_d$$

	$ V_1 - V_2 $	$1.96S_d$	AU-CA	AU-MI	AU-OM	AU-SEMIT	AU-3E,4E	AU-CR
			3.440	1.869	2.153	1.869	2.079	1.869
AU-CA	3.778	0.338		1.909	1.625	1.909	1.699	1.909
AU-MI	8.458	5.018	6.589		6.305	6.589	6.379	6.589
AU-OM	6.407	2.967	4.538	4.254		4.538	4.328	4.538
AU-SEMIT	9.067	5.627	7.198	6.914	7.198		6.988	7.198
AU-3E,4E	7.682	4.242	5.813	5.529	5.813	5.603		5.813
AU-CR	7.069	3.629	5.200	4.916	5.200	4.990	5.200	

TABLA 5.2.1.g.2. Se toma solo las diferencias positivas para cumplir con:

$$|V_1 - V_2| > 1.96S_d$$

	$ V_1 - V_2 $	$1.96S_d$	CA-MI	CA-OM	CA-SEMIT	CA-3E,4E	CA-CR
			2.888	3.079	2.888	3.028	2.888
CA-MI		4.680	1.792	1.601	1.792	1.652	1.792
CA-OM		2.629	-0.259	-0.450	-0.259	-0.399	-0.259
CA-SEMIT		5.289	2.401	2.210	2.401	2.261	2.401
CA-3E,4E		3.904	1.016	0.825	1.016	0.876	1.016
CA-CR		3.291	0.403	0.212	0.403	0.263	0.403

TABLA 5.2.1.g.3. Se toma solo las diferencias positivas para cumplir con:

$$|V_1 - V_2| > 1.96S_d$$

	$ V_1 - V_2 $	$1.96S_d$	OM-MI	MI-CEMIT	3E,4E-MI	CR-MI
			1.069	0.036	0.911	0.000
OM-MI		2.051	0.982	2.015	1.140	2.051
MI-CEMIT		0.609	-0.460	0.573	-0.302	0.609
3E,4E-MI		0.776	-0.293	0.740	-0.135	0.776
CR-MI		1.389	0.320	1.353	0.478	1.389

TABLA 5.2.1.g.4. Se toma solo las diferencias positivas para cumplir con:

$$|V_1 - V_2| > 1.96S_d$$

	$ V_1 - V_2 $	$1.96S_d$	OM-SEMIT	OM-3E,4E	OM-CR
			1.069	1.404	1.069
OM-SEMIT		2.66	1.591	1.256	1.591
OM-3E,4E		1.275	0.206	-0.129	0.206
OM-CR		0.662	-0.407	-0.742	-0.407

TABLA 5.2.1.g.5. Se toma solo las diferencias positivas para cumplir con:

$$|V_1 - V_2| > 1.96S_d$$

	$ V_1 - V_2 $	$1.96S_d$	3E,4E-SEMIT	CR-SEMIT
			0.912	0.036
3E,4E-SEMIT		1.385	0.473	1.349
CR-SEMIT		1.998	1.086	1.962

TABLA 5.2.1.g.6. Se toma solo las diferencias positivas para cumplir con:

$$|V_1 - V_2| > 1.96S_d$$

	$ V_1 - V_2 $	$1.96S_d$	CR-3E,4E
			0.911
CR-3E,4E		0.613	-0.298

TABLA 5.2.2.a Estudio de velocidades para el cálculo de longitud para los carriles de sobrepaso sentido este-oeste, progresiva 77+810-77+185, l=625m

Placa Vehículo	Hora de Registro		Tipo Vehículo	Tiempo Observado		t seg	V (m/s)	n Nº VEH.	\bar{V} (m/s)	$V - \bar{V}$	$(V - \bar{V})^2$	$\sum (V - \bar{V})^2$
CAMION												
1043	7	38	21	3E.4E	0	1	6	66	9.470			
1370	7	53	52	3E.4E	0	1	-14	46	13.587			
4451	7	40	52	3E.4E	0	2	-22	98	6.378			
7581	6	9	2	3E.4E	0	1	-2	58	10.776			
7621	7	39	58	3E.4E	0	1	-2	58	10.776			
9476	7	24	30	3E.4E	0	1	0	60	10.417	6	10.23377	0.182901 0.033453 27.31927
AUTOS												
2577	8	26	40	AU	0	1	-2	58	10.776			
2873	6	33	34	AU	0	2	-15	105	5.952			
4335	7	33	10	AU	0	1	31	91	6.868			
4565	7	3	25	AU	0	1	6	66	9.470			
B198	8	50	20	AU	0	1	-14	46	13.587			
9860	7	54	10	AU	0	1	0	60	10.417			
C833	7	5	40	AU	0	1	-25	35	17.857			
D122	7	38	12	AU	0	0	40	40	15.625			
D176	8	2	15	AU	0	1	30	90	6.944			
F216	7	41	2	AU	0	1	18	78	8.013			
J327	8	7	42	AU	0	1	-25	35	17.857			
J493	S	20	5	AU	0	1	20	80	7.813			
K676	8	30	54	AU	0	1	-14	46	13.587			
L578	a	20	30	AU	0	1	-15	45	13.889			
N067	8	45	15	AU	0	0	40	40	15.625			
P791	8	25	48	AU	0	1	-18	42	14.881			
V94B	&	51	58	AU	0	1	-15	45	13.889			
X510	7	34	45	AU	0	1	-20	40	15.625			
X53B	7	29	30	AU	0	1	-25	35	17.857	19	12.449	5.408 29.248 291.291
CAMIONETAS												
1372	B	15	41	CA	0	1	6	66	9.470			
2255	6	43	15	CA	0	1	-5	55	11.364			
2354	6	20	50	CA	0	1	-9	51	12.255			
3246	e	24	0	CA	0	2	-48	168	3.720			
3733	7	45	8	CA	0	0	42	42	14.881			
3922	6	15	2	CA	0	0	37	37	16.892			
4349	7	6	23	CA	0	1	-6	54	11.574			
4500	6	42	5	CA	0	2	36	156	4.006			
4768	7	46	9	CA	0	0	43	43	14.535			
5078	6	10	15	CA	0	0	35	35	17.857			
5175	7	8	45	CA	0	2	5	125	5.000			
6288	7	56	10	CA	0	1	41	101	6.188			
6345	7	46	15	CA	0	1	-5	55	11.364			
6355	7	10	43	CA	0	2	-11	109	5.734			
69B2	7	35	36	CA	0	1	2	62	10.081			
7265	a	33	47	CA	0	0	0	0	0.000			
7751	6	8	13	CA	0	1	5	65	9.615			
7776	6	5	24	CA	0	1	16	76	8.224			
6253	7	32	59	CA	0	1	14	74	8.446			
8515	8	41	13	CA	0	1	17	77	8.117	19.000	9.964	-1.518 2.305 -1.847 3.413 307.519
1												
3303	7	36	58	CR	0	1	-7	53	11.792			
HQ52	7	26	7	CR	0	1	-2	58	10.776			
1690	7	34	10	CR	0	1	5	65	9.615			
P337	&	12	56	CR	0	1	-14	46	13.587	4.000	11.443	2.144 4.598 8.504
MICROS												
1124	3	0	15	MI	0	1	40	100	6.250			
4859	7	48	5	MI	0	1	20	80	7.813			
6528	7	38	40	MI	0	2	-20	100	6.250			
7446	6	48	45	MI	0	1	-25	35	17.857			
G556	8	33	52	MI	0	1	-22	38	16.447	5.000	10.923	5.524 30.514 131.950
SEMITRAILERS												
1535	8	29	17	SEMIT	0	2	-3	117	5.342			
1563	7	45	14	SEMIT	0	1	41	101	6.188			
1566	6	10	23	SEMIT	0	1	22	82	7.622			
1611	7	54	15	SEMIT	0	1	14	74	8.446			
1685	8	23	5	SEMIT	0	1	51	111	5.631			
1742	a	39	53	SEMIT	0	2	-42	78	8.013			
1782	7	36	56	SEMIT	0	2	-41	79	7.911			
2024	8	30	45	SEMIT	0	1	-16	44	14.205			
2040	6	7	30	SEMIT	0	0	29	29	21.552			
2361	8	38	32	SEMIT	0	1	15	75	8.333			
2523	e	13	15	SEMIT	0	1	20	80	7.813			
2866	7	21	30	SEMIT	0	1	-20	40	15.625			
2958	6	46	58	SEMIT	0	3	1	181	3.453			
2979	6	51	30	SEMIT	0	3	-9	171	3.655			
3052	6	51	20	SEMIT	0	2	-10	110	5.682			
3086	&	6	57	SEMIT	0	2	-50	70	8.929			
3369	6	21	2	SEMIT	0	0	36	36	17.361			
3655	6	26	54	SEMIT	0	2	-37	83	7.530			
4222	7	33	6	SEMIT	0	1	9	69	9.058			
4853	7	24	2	SEMIT	0	1	46	106	5.896			
5100	B	23	12	SEMIT	0	2	-7	113	5.531			
5262	B	40	30	SEMIT	0	2	0	120	5.208			
5297	7	25	11	SEMIT	0	1	1	61	10.246			
6334	8	54	10	SEMIT	0	1	20	80	7.813			
7792	7	55	42	SEMIT	0	1	16	76	8.224			
7835	8	33	13	SEMIT	0	1	34	94	6.649			
7877	7	0	9	SEMIT	0	1	24	84	7.440			
8017	7	40	18	SEMIT	0	2	17	137	4.562			
6753	fi	0	40	SEMIT	0	1	10	70	8.929			
9088	&	32	32	SEMIT	0	1	-2	58	10.776			
9537	8	23	10	SEMIT	0	2	0	120	5.208	31.000	8.349	-3.141 9.866 481.486
TRAYL												
3465	7	39	45	TRAYL	0	2	-15	105	5.952			
4093	7	8	30	TRAYL	0	2	-10	110	5.682			
9509	8	24	54	TRAYL	0	2	-35	85	7.353			
9730	6	44	15	TRAYL	0	1	35	95	6.579	4.000	6.392	0.187 0.035 1.656

TABLA 5.2.2.b. resumen estudio de velocidades sentido Este - Oeste San Mateo - Matucana

TIPO DE VEH.	$\sum(V - \bar{V})^2$	n	$S^2 = \frac{\sum(V - \bar{V})^2}{n}$	S
AU	291.291	19	15.331	3.915
CA	307.519	19	16.185	4.023
MI	131.95	5	26.390	5.137
TRAYL	1.656	4	0.414	0.643
SEMIT	481.486	31	15.532	3.941
3E,4E	27.319	6	4.553	2.134
CR	8.504	4	2.126	1.458

TABLA 5.2.2.c. Desviaciones estándar de las diferencias de velocidades entre tipo de vehículos sentido Este-Oeste, San Mateo - Matucana

$$S_d = \sqrt{\left(\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}\right)}$$

	$S_1^2/n_1 \backslash S_2^2/n_2$	AU	CA	MI	TRAYL	SEMIT	3E,4E	CR
		0.807	0.852	5.278	0.104	0.501	0.759	0.532
AU	0.807		1.288	2.467	0.954	1.144	1.251	1.157
CA	0.852	1.288		2.476	0.977	1.163	1.269	1.176
MI	5.278	2.467	2.476		2.320	2.404	2.457	2.410
TRAYL	0.104	0.954	0.977	2.320		0.778	0.929	0.797
SEMIT	0.501	1.144	1.163	2.404	0.778		1.122	1.016
3E,4E	0.759	1.251	1.269	2.457	0.929	1.122		1.136
CR	0.532	1.157	1.176	2.410	0.797	1.016	1.136	

TABLA 5.2.2.d. Valores al 95% de confianza de la desviación estándar de las diferencias de velocidades entre tipos vehículos sentido Este-Oeste. Para un valor de confianza estadístico del 95% se debe cumplir que: $|V_1 - V_2| > 1.96S_d$

Para lo cual calculamos los valores: $1.96S_d$

	AU	CA	MI	TRAYL	SEMIT	3E,4E	CR
AU		2.524	4.835	1.870	2.242	2.453	2.268
CA	2.524		4.853	1.916	2.280	2.488	2.305
MI	4.835	4.853		4.547	4.712	4.816	4.724
TRAYL	1.870	1.916	4.547		1.524	1.820	1.562
SEMIT	2.242	2.280	4.712	1.524		2.200	1.992
3E,4E	2.453	2.488	4.816	1.820	2.200		2.226
CR	2.268	2.305	4.724	1.562	1.992	2.226	

TABLA 5.2.2.e. Diferencia de velocidades promedios entre tipo de vehículos sentido Este-Oeste, San Mateo - Matucana

$\bar{V} (m/s)$	\bar{V}_2	AU 12.449	CA 9.964	MI 10.923	TRAYL 6.392	SEMIT 8.349	3E,4E 10.234	CR 11.043
AU	12.449		2.485	1.526	6.057	4.100	2.215	1.406
CA	9.964	-2.485		-0.959	3.572	1.615	-0.270	-1.079
MI	10.923	-1.526	0.959		4.531	2.574	0.689	-0.120
TRAYL	6.392	-6.057	-3.572	-4.531		-1.957	-3.842	-4.651
SEMIT	8.349	-4.100	-1.615	-2.574	1.957	0.000	-1.885	-2.694
3E,4E	10.234	-2.215	0.270	-0.689	3.842	1.885	0.000	-0.809
CR	11.043	-1.406	1.079	0.120	4.651	2.694	0.809	0.000

TABLA 5.2.2.f. Valores absolutos de las diferencias de velocidades promedios entre tipo de vehículos sentido Este-Oeste, San Mateo- Matucana

$V_1 \backslash V_2$	AU	CA	MI	TRAYL	SEMIT	3E,4E	CR
AU		2.485	1.526	6.057	4.100	2.215	1.406
CA	2.485		0.959	3.572	1.615	0.270	1.079
MI	1.526	0.959		4.531	2.574	0.689	0.120
TRAYL	6.057	3.572	4.531		1.957	3.842	4.651
SEMIT	4.100	1.615	2.574	1.957		1.885	2.694
3E,4E	2.215	0.270	0.689	3.842	1.885		0.809
CR	1.406	1.079	0.120	4.651	2.694	0.809	

TABLA 5.2.2.g. Diferencias de velocidades promedios entre tipo de vehículos y el valor al 95% de confianza de la desviación estándar de las diferencias de velocidades.

TABLA 5.2.2.g.1 Se toma solo las diferencias positivas

$$|V_1 - V_2| > 1.96S_d$$

	$ V_1 - V_2 $	$1.96S_d$	AU-CA	AU-MI	AU-TRAYL	AU-SEMIT	AU-3E,4E	AU-CR
			2.524	4.835	1.870	2.242	2.453	2.268
AU-CA	2.485		-0.039	-2.350	0.615	0.243	0.032	0.217
AU-MI	1.526		-0.998	-3.309	-0.344	-0.716	-0.927	-0.742
AU-TRAYL	6.057		3.533	1.222	4.187	3.815	3.604	3.789
AU-SEMIT	4.100		1.576	-0.735	2.230	1.858	1.647	1.832
AU-3E,4E	2.215		-0.309	-2.620	0.345	-0.027	-0.238	-0.053
AU-CR	1.406		-1.118	-3.429	-0.464	-0.836	-1.047	-0.862

TABLA 5.2.2.g.2 Se toma solo las diferencias positivas

$$|V_1 - V_2| > 1.96S_d$$

	$ V_1 - V_2 $	$1.96S_d$				
		CA-MI	CA-TRAYL	CA-SEMIT	CA-3E,4E	CA-CR
		4.853	1.916	2.280	2.488	2.305
MI-CA	0.959	-3.894	-0.957	-1.321	-1.529	-1.346
TRAYL-CA	3.572	-1.281	1.656	1.292	1.084	1.267
SEMIT-CA	1.615	-3.238	-0.301	-0.665	-0.873	-0.690
CA-3E,4E	0.27	-4.583	-1.646	-2.010	-2.218	-2.035
CA-CR	1.079	-3.774	-0.837	-1.201	-1.409	-1.226

TABLA 5.2.2.g.3 Se toma solo las diferencias positivas

$$|V_1 - V_2| > 1.96S_d$$

	$ V_1 - V_2 $	$1.96S_d$			
		TRAYL-MI	MI-CEMIT	3E,4E-MI	CR-MI
		4.5468	4.7118	4.8157	4.7242
MI-TRAYL	4.531	-0.0158	-0.1808	-0.2847	-0.1932
MI-CEMIT	2.574	-1.9728	-2.1378	-2.2417	-2.1502
MI-3E,4E	0.689	-3.8578	-4.0228	-4.1267	-4.0352
MI-CR	0.12	-4.4268	-4.5918	-4.6957	-4.6042

TABLA 5.2.2.g.4 Se toma solo las diferencias positivas

$$|V_1 - V_2| > 1.96S_d$$

	$ V_1 - V_2 $	$1.96S_d$		
		TRAYL-SEMIT	TRAYL-3E,4E	TRAYL-CR
		1.524	1.820	1.562
TRAYL-SEMIT	1.957	0.433	0.137	0.395
TRAYL-3E,4E	3.842	2.318	2.022	2.280
TRAYL-CR	4.651	3.127	2.831	3.089

TABLA 5.2.2.g.5 Se toma solo las diferencias positivas

$$|V_1 - V_2| > 1.96S_d$$

	$ V_1 - V_2 $	$1.96S_d$	
		3E,4E-SEMIT	CR-SEMIT
		2.200	1.992
SEMIT-3E,4E	1.885	-0.315	-0.107
SEMIT-CR	2.694	0.494	0.702

TABLA 5.2.2.g.6 Se toma solo las diferencias positivas

	$ V_1 - V_2 $	$1.96S_d$
		CR-3E,4E
		2.226
3E,4E-CR	0.809	-1.417

5.2.1 CALCULO DE LA LONGITUD PARA LOS CARRILES DE SOBREPASO

Tabla 5.2.1.1longitud de sobrepaso sentido Oeste-Este.

Veh(1)-Veh(2)	$ V_1 - V_2 = m$	(V-m)	d_1	2.4985(V-m)	d_2	d_3	$d_T(A)_1$	d_2'	$d_T(B)_1$
AU-CA	13.601	36.399	30.320	90.942	121.842	125.024	277.186	157.766	313.110
AU-MI	30.446	19.554	16.288	48.855	79.755	125.024	221.066	106.203	247.515
AU-OM	23.066	26.934	22.436	67.295	98.195	125.024	245.655	128.796	276.256
AU-SEMIT	32.642	17.358	14.459	43.369	74.269	125.024	213.752	99.483	238.966
AU-3E,4E	27.655	22.345	18.613	55.828	86.728	125.024	230.365	114.747	258.383
AU-CR	25.446	24.554	20.453	61.347	92.247	125.024	237.724	121.508	266.985
CA-MI	16.845	33.155	27.618	82.837	113.737	125.024	266.379	147.837	300.479
CA-SEMIT	19.041	30.959	25.789	77.352	108.252	125.024	259.065	141.117	291.930
CA-3E,4E	14.054	35.946	29.943	89.811	120.711	125.024	275.677	156.380	311.347
CA-CR	11.845	38.155	31.783	95.330	126.230	125.024	283.037	163.142	319.949
MI-SEMIT	2.195	47.805	39.821	119.440	150.340	125.024	315.184	192.680	357.525
CR-MI	1.389	48.611	40.493	121.455	152.355	125.024	317.871	195.148	360.665
OM-SEMIT	9.576	40.424	33.673	100.999	131.899	125.024	290.596	170.087	328.784
CR-SEMIT	1.998	48.002	39.986	119.933	150.833	125.024	315.842	193.284	358.293

$d_T(A)_1 =$ dis tan cia total para el sobrepaso de un vehiculo

$d_T(B)_1 =$ dis tan cia total para el sobrepaso de dos vehiculos

Tabla 5.2.1.2longitud de sobrepaso sentido Este-Oeste.

Veh(1)-Veh(2)	$ V_1 - V_2 = m$	(V-m)	d_1	2.4985(V-m)	d_2	d_3	$d_T(A)_2$	d_2'	$d_T(B)_2$
AU-TRAYL	21.807	28.193	23.485	70.440	101.340	125.024	249.848	132.649	281.157
AU-SEMIT	14.759	35.241	29.356	88.050	118.950	125.024	273.329	154.223	308.602
TRAYL-CA	12.862	37.138	30.936	92.789	123.689	125.024	279.649	160.029	315.989
SEMIT-TRAYL	7.048	42.952	35.779	107.315	138.215	125.024	299.018	177.826	338.628
3E,4E-TRAYL	13.832	36.168	30.128	90.366	121.266	125.024	276.417	157.060	312.211
CR-TRAYL	18.184	31.816	26.503	79.492	110.392	125.024	261.918	143.738	295.265
CR-SEMIT	11.136	38.864	32.374	97.102	128.002	125.024	285.399	165.313	322.710

$d_T(A)_2 =$ dis tan cia total para el sobrepaso de un vehiculo

$d_T(B)_2 =$ dis tan cia total para el sobrepaso de dos vehiculos

5.2.2 DETERMINACION DE LAS MAXIMAS LONGITUDES POR SENTIDOS

Tabla5.2.2.1 Tabla comparativa para la longitud de sobrepaso de un vehículo a otro vehículo en ambos sentidos. $d_T(A)_1$

Veh(1)-Veh(2)	$d_T(A)_1$ O-E MAT-SM	$d_T(A)_2$ E-O SM-MAT	$d_T'(A)$ Long. Max.
AU-CA	277.186		277.186
AU-MI	221.066		221.066
AU-OM	245.655		245.655
AU-SEMIT	213.752	273.329	273.329
AU-3E,4E	230.365		230.365
AU-CR	237.724		237.724
CA-MI	266.379		266.379
CA-SEMIT	259.065		259.065
CA-3E,4E	275.677		275.677
CA-CR	283.037		283.037
MI-SEMIT	315.184		315.184
CR-MI	317.871		317.871
OM-SEMIT	290.596		290.596
CR-SEMIT	315.842	285.399	315.842
AU-TRAYL		249.848	249.848
TRAYL-CA		279.649	279.649
SEMIT-TRAYL		299.018	299.018
3E,4E-TRAYL		276.417	276.417
CR-TRAYL		261.918	261.918

Tabla5.2.2.2 Tabla comparativa para la longitud de sobrepaso de un vehículo a otros 2 vehículos en ambos sentidos $d_T(B)_1$

Veh(1)-Veh(2)	$d_T(B)_1$ O-E MAT-SM	$d_T(B)_2$ E-O SM-MAT	$d_T'(B)$ Long. Max.
AU-CA	313.110		313.110
AU-MI	247.515		247.515
AU-OM	276.256		276.256
AU-SEMIT	238.966	308.602	308.602
AU-3E,4E	258.383		258.383
AU-CR	266.985		266.985
CA-MI	300.479		300.479
CA-SEMIT	291.930		291.930
CA-3E,4E	311.347		311.347
CA-CR	319.949		319.949
MI-SEMIT	357.525		357.525
CR-MI	360.665		360.665
OM-SEMIT	328.784		328.784
CR-SEMIT	358.293	322.710	322.710
AU-TRAYL		281.157	281.157
TRAYL-CA		315.989	315.989
SEMIT-TRAYL		338.628	338.628
3E,4E-TRAYL		312.211	312.211
CR-TRAYL		295.265	295.265

5.2.3 DETERMINACION DE LAS LONGITUD MAXIMA DE LOS CARRILES DE SOBREPASO

Finalmente obtenemos la longitud máxima necesaria para los carriles de sobrepaso, para el caso de paso de un vehículo a dos vehículos para cada sentido, tomando las máximas longitudes calculadas.

Tabla5.2.3.1 Determinación de las longitudes máximas finales entre vehículos en ambos sentidos.

Veh(1)-Veh(2)	$d_T'(A)$	$d_T'(B)$	DT
	O-E	E-O	Longitudes
	MAT-SM	SM-MAT	Max. Finales
AU-CA	277.186	313.110	313.110
AU-MI	221.066	247.515	247.515
AU-OM	245.655	276.256	276.256
AU-SEMIT	273.329	308.602	308.602
AU-3E,4E	230.365	258.383	258.383
AU-CR	237.724	266.985	266.985
CA-MI	266.379	300.479	300.479
CA-SEMIT	259.065	291.930	291.930
CA-3E,4E	275.677	311.347	311.347
CA-CR	283.037	319.949	319.949
MI-SEMIT	315.184	357.525	357.525
CR-MI	317.871	360.665	360.665
OM-SEMIT	290.596	328.784	328.784
CR-SEMIT	315.842	322.710	322.710
AU-TRAYL	249.848	281.157	281.157
TRAYL-CA	279.649	315.989	315.989
SEMIT-TRAYL	299.018	338.628	338.628
3E,4E-TRAYL	276.417	312.211	312.211
CR-TRAYL	261.918	295.265	295.265

De lo expuesto se obtiene las distancias máximas por sentido para el sobrepaso de un vehículo a dos vehículos.

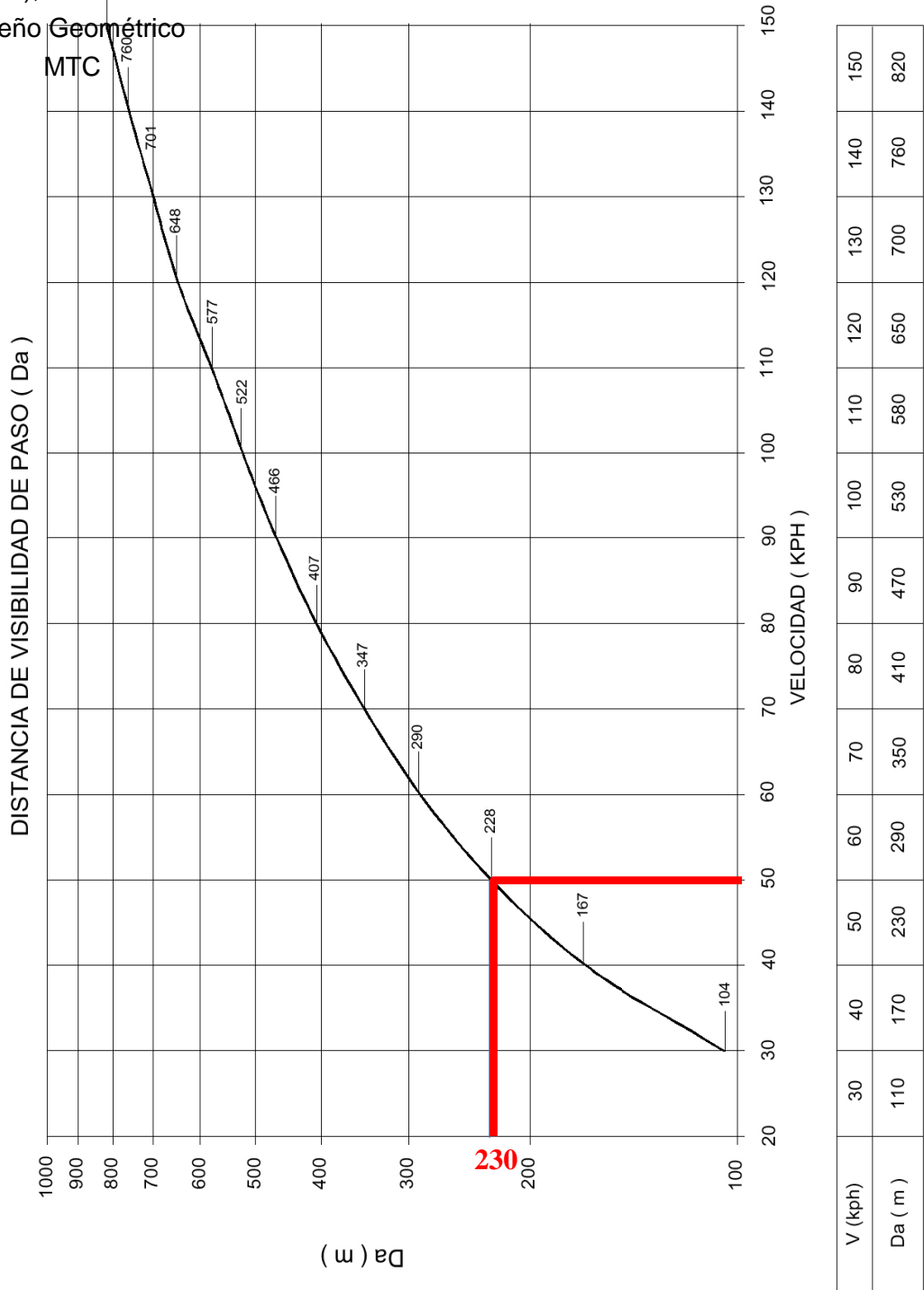
Tabla 5.2.3.2 Determinación final de la longitud máxima requerida para el carril de sobrepaso en el sector de Llican.

Veh(1)-Veh(2)	$d_T'(A)$	$d_T'(B)$
	O-E	E-O
	MAT-SM	SM-MAT
AU-MI	221.066	247.515
CR-SEMIT	315.842	
SEMIT-TRAYL		338.628

Por lo tanto la longitud máxima requerida para el carril de sobrepaso es de 338.628m el que es representado para el caso de sobrepaso de un vehículo semi- trailer a otros dos vehículos semi - trailer en el sentido Este – Oeste (San Mateo-Matucana), siendo este caso de poca posibilidad de presentarse en la práctica.

Para el caso del diseño geométrico preliminar objeto del presente trabajo de investigación tenemos una longitud de 377.59m que es la distancia entre el PT-14B y el PC-15A, el que es superior en 11.5% a lo requerido como longitud máxima calculada para el carril de sobrepaso, asimismovalor que es superior a los 230m que señala la Norma para Diseño Geométrico de Carreteras del MTC según la figura 402.06 de la Norma que se muestra en la figura 5.2.5.2, para la velocidad directriz de 50km/h establecida para el tramo III Matucana-San Mateo. Por lo tanto se trabajará con dicha posición de los PI-14A, PI-14B, y PI-15A

Figura
5.2.3.2. Distancia de
 visibilidad de paso
 (Da), Norma de
 Diseño Geométrico
 MTC



5.3. PREDISEÑO GEOMETRICO EN PLANTA, PERFIL Y SECCIONES TRANSVERSALES

5.3.1 PREDISEÑO GEOMETRICO EN PLANTA

Del prediseño geométrico en planta se observa en el plano PPL-01 en el cual se mantiene fijas de acuerdo a la situación actual los PI-14, PI-15 y PI-16 introduciendo para efectos del sobrepaso los PI-14A, 14B y 15A, con la finalidad de establecer los carriles de sobrepaso tanto en el sentido de ida hacia San Mateo y de regreso hacia Matucana.

El proyecto de carriles de sobrepaso se inicia a la altura de la progresiva actual 77+229.80 igual al km 0+000 para el proyecto de carriles de sobrepaso (PC del PI-14A.) finalizando en la ecuación de empalme $77+804.660 = 0+573.89$ del trazo del proyecto para los carriles de sobrepaso (PT del PI-15A.).

El prediseño en planta contempla construir 2 carriles adicionales y similares a los actuales con un distanciamiento de 1.20m como faja de separadora central entre los bordes de ambas plataformas, corriendo en forma paralela a lo largo del espacio previsto para los carriles de sobrepaso.

Los elementos de las curvas que constituyen la planta para los carriles de sobrepaso son:

Cuadro 5.3.1.1 Cuadro de elementos de curva del diseño preliminar en planta

PI	RADIO	A.I	LC(m)	PC	T	PI	PT	S.A.	P%
14	200	23° 52' 18"	33,34	77+096.03	23.33	77+119.36	77+129.36	0.60	8.00
14-A	220	6° 25' 48"	24.68	0+000=77+229.80	12.35	0+012.35	0+024.68	0.55	8.00
14-B	220	6° 26' 04"	37.35	0+088.90	12.6	0+101.54	0+113.61	0.55	8.00
15-A	250	18° 57' 1.7"	82.69	0+491.20	41.72	0+532.92	0+573.89	0.50	8.00

5.3.2. PREDISEÑO DEL PERFIL LONGITUDINAL

En general se ha conservado la pendiente de la rasante similar al de la carretera existente con el fin de guardar una homogeneidad para facilitar la seguridad en la circulación vial. El proyecto tiene un mínimo de 0.3% igual al de la carretera existente que es menor al permitido en las normas y un máximo de 1.66%, cuya diferencia es menor al 2% por lo que no requiere correcciones por concepto de curva vertical. Cabe destacar que se cruzan 3 alcantarillas a lo largo del proyecto que constituyen la prolongación de las alcantarillas existentes, guardando una simetría en planta y perfil con la carretera actual existente como se observa en el plano PPL-01

5.3.3. PREDISEÑO LAS SECCIONES TRANSVERSALES

Las dimensiones de la superficie de rodaduras y bermas son las mismas que de la carretera existente, separados, y proyectadas con una faja separadora central de 1.20m de ancho entre el borde izquierdo de la carretera existente y el borde derecho de la pista proyectada cuyas dimensiones se observan en el plano típico correspondiente (STT-01).

Con el fin de efectuar una ampliación en el área de ubicación del proyecto se deberá recuperar el derecho de vía en una faja de un ancho promedio de 6m y según lo requerido para cada caso en las correspondientes secciones transversales. Estas áreas de terreno en general constituyen posicionamientos de los pobladores asentados en este sector de Llican con viviendas precarias dados por construcción de adobe y de ladrillo en algunos casos así con techos de calaminas, quienes dan servicio de restaurantes ambulatorios y terrenos libres para el parqueo de vehículos. Dado el carácter de aliviar el tránsito vehicular con fines de seguridad y no tener latencia de tiempos en el recorrido del tramo, es importante realizar esta ampliación del territorio para la

construcción de los carriles de sobrepaso. Las secciones transversales se presentan en los planos ST-01. Para el caso de la plazoleta de parqueo proyectado en el km 84 se presentan el plano topográfico, perfil longitudinal y secciones longitudinales PZ-01.

5.4. ESTUDIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

5.4.1. SUELOS

Con fines del diseño preliminar de pavimentos para los carriles de sobrepaso se han efectuados 2 exploraciones a cielo abierto (calicatas), de 1.20m de profundidad cada una en el sector Llican a las alturas de las progresivas 77+500 y 77+630 de la Carretera Central y a la altura del kilómetro 83+920 en el sector propuesto para la zona de parqueo. Así mismo se han extraído muestras de la cantera Llican previsto para las obras de pavimentación, denominada muestra C. Los resultados se muestran en los anexos correspondientes. Los valores de CBR obtenidos son los siguientes:

Tabla 5.4.1.1 Valores del CBR-Calicatas sectorLlican y km83+920-Plazoleta de Parqueo

MUESTRA	C.B.R. para el 100% de la M.D.S.	C.B.R. para el 95% de la M.D.S
PROG. 77+500	81.0%	47.8%
PROG. 77+630	96.0%	53.0%
PROG. 83+920	95.5%	58.7%
CANTERA LLICAN(C)	85.3%	51.0%

De los resultados obtenidos se nota que los suelos corresponden a suelos granulares de alta capacidad portante, la que facilitaría el diseño y construcción

de los pavimentos asfálticos propuestos. Cabe resaltar que la rehabilitación de la carretera en este tramo fue terminada el 15 de julio del 2003 encontrándose prácticamente en servicio a la fecha, hace 4 años.

5.4.2. PAVIMENTOS

Con fines de dotar un pavimento acorde a las exigencias contempladas en el proyecto para los carriles de sobrepaso en el sector Llican, se propone colocar un pavimento asfáltico nuevo, El período de diseño propuesto es de 20 años.

Para determinar el espesor del pavimento requerido para una estructura nueva, se utilizó el método AASHTO contenido en la Guía de 1993 para diseño de pavimentos flexibles. La fórmula general que gobierna el número estructural de diseño, presenta la expresión siguiente:

$\text{Log } \frac{APSI}{1094}$

$$\text{Log}_{10}(W18) = Z_r * S_o + 9.36 * \text{Log}_{10}(\text{SN} + 1) - 0.20 + i_o \left[\frac{4.2 - 1.51}{10} \right] + 2.32 * \text{Log}_{10}(MR) - 8.07$$

5.4.2.1. MODULO DE RESILÉNCIA EFECTIVO DEL SUELO DE FUNDACION (MR)

Es un parámetro que a diferencia del CBR, referido a un ensayo de punzonamiento, trata de simular el efecto dinámico de las cargas vehiculares. La equivalencia entre ambos esta definida en la guía AASHTO para valores de CBR menores que 7.2 , $MR(\text{psi})=1500 \times \text{CBR}$, para valores de CBR comprendidos entre 7.20 y 20 hay diferentes relaciones, siendo uno de las más usadas la llamada formula sudafricana: $MR(\text{psi})=3000(\text{CBR})^6$, en el presente proyecto para CBRs de suelos granulares la guía se empleara para la correlación sugerida por el instituto Aeronáutica Civil de Brasil, cuya correlación es la siguiente:

$$CBR = 0.0624(MR)^{1.176} \text{ Mpa}$$

La misma que una vez transformada a libras por pulgadas cuadradas resulta:

$$MR = \frac{\left(\frac{CBR}{0.0624}\right)^{\frac{1}{1.176}}}{0.007} (\text{psi})$$

Para la elección de los CBR de diseño se han tomado en cuenta los CBR obtenidos en el laboratorio.

Considerando el CBR de 47.8% para el sector Llican (77+500) se obtiene MR=40,503.24psi.

Considerando el CBR de 58.7% para el sector de cantera Llican se obtiene 48,233.51psi.

5.4.2.2. EJES EQUIVALENTES (ESAL)

Es el número de pasadas de un eje simple y ruedas duales de 8.2 ton(18kips) de peso, que produce sobre el pavimento un efecto similar al del tráfico mixto durante el periodo de diseño. Para el presente proyecto se está considerando los siguientes Ejes Equivalentes: Ejes Equivalentes (ESAL)=2400,000, obtenidos del I.M.D.A. y composición vehicular del estudio de tráfico.

Aplicaciones de ejes simples de Carga Equivalente ESAL=2400,000

5.4.2.3. NIVEL DE CONFIABILIDAD (SO)

Básicamente es una forma de incorporar un cierto grado de certeza en el proceso de diseño, para garantizar que el pavimento proyectado sobrevivirá el

periodo para el que fue diseñado. La AASHTO recomienda un valor comprendido entre 80 y 99, adoptándose para el presente proyecto una confiabilidad (R) promedio de 95% a la que le corresponde una desviación Estandar Normal (ZR) de 1.645 Desviación Estandar total, para pavimentos flexibles.

Se toma igual a 0.45 según recomendación de la AASHTO.

5.4.2.4. VARIACION TOTAL DEL INDICE DE SERVICIABILIDAD ($APSI=P_t-P_o$)

El índice de serviciabilidad inicial se ha tomado igual a 4.2 según recomendación de la AASHTO para pavimentos flexibles.

El índice de serviciabilidad terminal se considera igual a 2.0, valor que indica la necesidad de rehabilitar el pavimento, para lo cual será necesario efectuar evaluaciones periódicas, tanto superficial como estructural (rugosidad y deflectometría, respectivamente), a fin de obtener la base de datos con las cuales se establecerán las medidas correctivas para asegurar la durabilidad de la misma.

5.4.2.5. COEFICIENTE DE DRENAJE

Representa el porcentaje del tiempo durante el periodo de diseño, que las capas granulares del pavimento (Base y Sub-base), estarán expuestas a niveles de humedad cercanos a la saturación, el cual depende de la pluviosidad del sitio, de la topografía de terreno, de la composición granulométrica del terreno natural y del riesgo que ofrezcan los servicios de agua y desagüe, en este caso se adoptan un valor de 1.00, correspondiente a una calidad de drenaje aceptable en un tiempo de riesgo estimado entre 5% y 25%.

5.4.2.6. PERIODO DE DISEÑO (n)

El periodo de diseño empleado para la obtención de las estructuras del pavimento es de 20 años, el cual incluye labores de conservación y mantenimiento tanto rutinario como periódico.

5.4.2.7. DISEÑO PRELIMINAR DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA EL CARRIL DE SOBREPASO PARA EL SECTOR LLICAN 77+729.80 AL 77+804.66

W18	2,400.00
ZR	0.95
So	0.45
Po	4.00
Pt	2.00
CBR de diseño	47.80
MR	40,503.24

Aplicando la formula general que gobierna el número estructural de diseño se obtiene:

Numero estructural de diseño: $S_{ndis} = 2.21$

Numero estructural propuesto: $S_{nrep} = 2.475$

Alternativa de diseño

Calculo de espesores: $SN = a_1 * D_1 + a_2 * D_2 * m_2 + a_3 * D_3 * m_3$

		D	a	m	D*a*m
SUB-BASE	para CBR 40%	0	0	1	0
BASE 6"min	para CBR 80%	20	0.06	1	1.2
Carpeta Asfáltica		7.5	0.17		1.275
TOTAL		27.5			2.475
				OK si es >	2.21

5.4.2.8. DISEÑO PRELIMINAR DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA PARA LA ZONA DE PARQUE SECTOR LLICAN 77+729.80 AL 77+804.66

DATOS:

W18	2,400.00
ZR	0.95
So	0.45
Po	4.00
Pt	2.00
CBR de diseño	58.70
MR	48,233.51

Aplicando la formula general que gobierna el número estructural de diseño se obtiene:

Numero estructural de diseño: Sndis= 2.067

Numero estructural propuesto: Snrep=2.200

Alternativa de diseño

Calculo de espesores:

$$SN = a1 * D1 + a2 * D2 * m2 + a3 * D3 * m3$$

		D	a	m	D*a*m
SUB-BASE	para CBR 40%	0	0	1	0
BASE 6"min	para CBR 80%	22.5	0.06	1	1.35
Carpeta Asfáltica		5.00	0.17		0.85
TOTAL		27.5			2.20
				OK si es >	2.70

5.5. OBRAS DE ARTE MENORES

Las obras de arte menores están constituidas básicamente por cuatro alcantarillas que constituyen la prolongación de las actuales alcantarillas de la Carretera Central ubicadas en el sector Llican en las progresivas 77+400, 77+500, 77+632.19, y 77+761.90, las mismas que son incrementadas en sus diámetros proponiendo la utilización TMC con diámetro de 36 pulgadas con excepción de la alcantarilla de la progresiva 77+400 la que tendría un diámetro de 48 pulgadas, las longitudes son las siguientes:

Tabla 5.5.1. Diámetros y longitudes de alcantarillas propuestas tipo TMC en el sector Llican.

PROGRESIVA	DIAMETRO (pulg)	LONGITUD (m)
77+400	48	9.70
77+500	36	9.32
77+632.19	36	9.56
77+761.90	36	2.43

Las características técnicas se observan en los planos **anexos** al presente estudio.

5.6. SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL

Con la finalidad de tener la operatividad del flujo vehicular, deberá señalizarse horizontal y verticalmente de acuerdo a normatividad vigente, para garantizar la seguridad vial. En el plano PCS-01 se propone la señalización vertical cuyas señales más importantes son las siguientes:

5.6.1 SEÑALES REGLAMENTARIAS

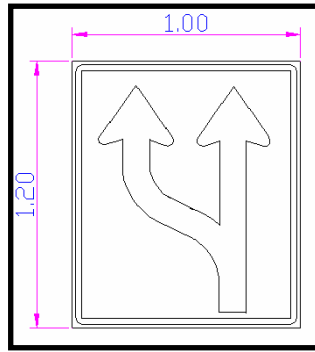


Fig 5.6.1.1. Inicio carriles de sobrepaso

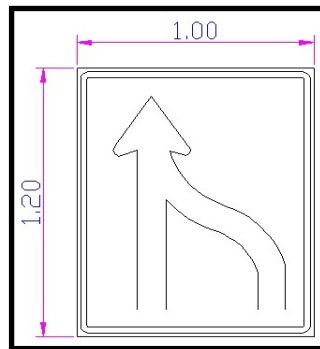


Fig 5.6.1.2. Fin carril de sobrepaso San Mateo - Matucana

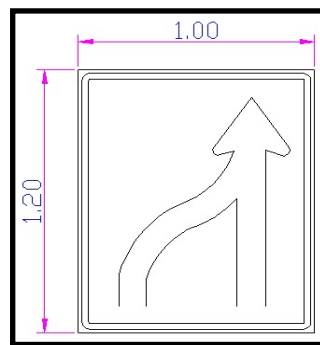


Fig 5.6.1.3. Fin carril de sobrepaso Matucana - San Mateo



Fig 5.6.1.4. Señal para la preferencia del sobrepaso



Fig 5.6.1.5. Señal para tránsito pesado carril derecho

5.6.1 SEÑALES INFORMATIVAS

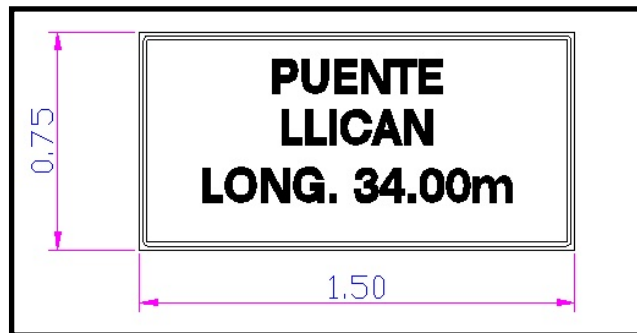


Fig 5.6.1.6. Aviso para el ingreso del puente Llican

5.6.1 SEÑALES REGULADORAS

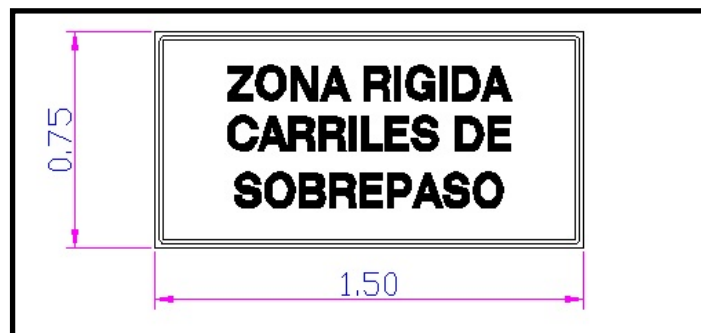


Fig 5.6.1.7. Aviso para la zona rígida antes y después de los carriles de sobrepaso.



Fig 5.6.1.8. Aviso para el flujo vehicular en la zona de los carriles de sobrepaso.



Fig 5.6.1.9. Aviso de finalización de la zona de los carriles de sobrepaso.

5.7. COSTOS DE LOS CARRILES DE SOBREPASO Y DE LA PLAZOLETA DE PARQUEO KM 84+000

El costo estimado del proyecto a nivel de pre diseño es el siguiente:

Cuadro 5.7.1. Presupuesto de los carriles de sobrepaso (km 77- 78)

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	OBRAS PRELIMINARES				7,494.54
01.01	Movilización y desmovilización de equipos	est	1.00	3,500.00	3,500.00
01.02	Mantenimiento de tránsito	est	1.00	1,930.90	1,930.90
01.03	Cartel de identificación de obra de 4.80 x 2.40 m	und	2.00	1,031.82	2,063.64
02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				29,579.25
02.01	Excavación no clasificada para explanaciones	m3	892.00	2.76	2,461.92
02.02	Perfilado y compasión de sub-rasante en zona de corte	m2	5,229.40	1.11	5,804.63
02.03	Conformación de terraplén	m3	348.93	3.64	1,270.11
02.04	Remoción carpeta asfáltica existente	m3	59.37	110.93	6,585.91
02.05	Escarificado de pavimento existente	m3	54.97	0.39	21.44
02.06	Eliminación de excedentes c/volq. 12 m3 d=10 km	m3	603.24	20.90	12,607.72
02.07	Excavación zanja sardineles	m3	34.48	24.00	827.52
03	OBRAS DE PAVIMENTACION				160,028.70
03.01	Base granular c/equipo	m3	832.72	51.16	42,601.96
03.02	Imprimación asfáltica c/equipo	m2	5,504.40	1.99	10,953.76
03.03	Mezcla asfáltica	m3	412.83	257.91	106,472.99
04	OBRAS DE ARTE Y DRENAJE				60,127.04
04.01	Excavación no clasificada p/estructuras con equipo	m3	311.20	6.37	1,982.34
04.02	Relleno compactado para estructuras	m3	84.84	57.20	4,852.85
04.03	Demolición de estructuras existentes	m3	48.91	81.99	4,010.13
04.05	Alcantarilla TMC 0=36"	m	21.98	396.58	8,716.83
04.06	Alcantarilla TMC 0=48"	m	9.70	456.29	4,426.01
04.07	Sardinela de concreto (20x40 cm)	m	856.42	27.63	23,662.88
04.08	Concreto ciclópeo f'c=140 kg/cm2 + 30 % PG.	m3	42.54	161.95	6,889.35
04.09	Encofrado y desencofrado	m2	150.34	37.16	5,586.63
05	SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL				19,527.26
05.01	Colocación de señal reglamentaria	und	10.00	211.90	2,119.00
05.02	Colocación de señal informativa	und	2.00	211.90	423.80
05.03	Colocación de señal reguladora	und	6.00	254.40	1,526.40
05.04	Marcas en el pavimento	m2	266.80	23.55	6,283.14
05.05	Demarcación de carriles	m	1,973.10	4.65	9,174.92
06	OTROS				138,645.82
06.01	Expropiación de terreno construido	glb	1.00	84,000.00	84,000.00
06.02	Expropiación de terreno rustico	glb	1.00	50,000.00	50,000.00
06.03	Vegetalización	m2	384.27	12.09	4,645.82
COSTO DIRECTO					415,402.60
GASTOS GENERALES 6.9748%					28973.50052
UTILIDAD 10%					41540.25997
SUBTOTAL					485916.3602
IMPUESTO (IGV) 18%					92324.10844
TOTAL PRESUPUESTO					578240.4686

Cuadro 5.7.2 Presupuesto de la plazoleta de parqueo, tramo III (km 84)

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	OBRAS PRELIMINARES				2,063.64
01.01	Cartel de identificación de obra de 4.80 x 2.40 m	und	2.00	1,031.82	2,063.64
02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				15,995.94
02.01	Excavación no clasificada para explanaciones	m3	360.93	2.76	996.17
02.02	Perfilado y compactación de sub-rasante en zona de corte	m2	1,217.74	1.11	1,351.69
02.03	Remoción carpeta asfáltica existente	m3	30.33	110.93	3,364.51
02.04	Escarificado de pavimento existente	m3	28.08	0.39	10.95
02.05	Eliminación de excedentes c/volq. 12 m3 d=10 km	m3	485.53	20.90	10,147.58
02.06	Excavación zanja sardineles	m3	5.21	24.00	125.04
03	OBRAS DE PAVIMENTACION				28,655.65
03.01	Base granular c/equipo	m3	205.84	51.16	10,530.77
03.02	Imprimación asfáltica c/equipo	m2	1,217.75	1.99	2,423.32
03.03	Mezcla asfáltica	m3	60.88	257.91	15,701.56
04	OBRAS DE ARTE Y DRENAJE				14,123.77
04.01	Excavación no clasificada p/estructuras con equipo	m3	28.25	6.37	179.95
04.02	Relleno compactado para estructuras	m3	14.12	57.20	807.66
04.03	Cunetas revestidas	m	143.19	32.01	4,583.51
04.05	Sardinela de concreto (20x40 cm)	m	129.63	27.63	3,581.68
04.06	Concreto ciclópeo fc=140 kg/cm2 + 30 % PG.	m3	17.65	161.95	2,858.42
04.07	Encofrado y desencofrado	m2	56.85	37.16	2,112.55
05	SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL				3,817.16
05.02	Colocación de señal informativa	und	4.00	211.90	847.60
05.03	Marcas en el pavimento	m2	100.50	23.55	2,366.78
05.04	Pintado de sardineles	m	129.63	4.65	602.78
06	OTROS				584.67
06.03	Vegetación	m2	48.36	12.09	584.67
COSTO DIRECTO					65,240.83
GASTOS GENERALES 6.9748%					4,550.42
UTILIDAD 10%					6,524.08
SUBTOTAL					76,315.32
IMPUESTO (IGV) 18%					14,499.91
TOTAL PRESUPUESTO					90,815.24

RESUMEN PRESUPUESTAL

PARTIDA PRESUPUESTAL	CARRILES	PLAZOLETA	TOTAL
COSTO DIRECTO	415402.60	65240.83	480643.42
GASTOS GENERALES 6.9748%	28973.50	4550.42	33523.92
UTILIDAD 10%	41540.26	6524.08	48064.34
SUBTOTAL	485916.36	76315.32	562231.68
IMPUESTO (IGV) 18%	92324.11	14499.91	106824.02
TOTAL PRESUPUESTO	578240.47	90815.24	669055.70

De lo expuesto se extrae que el costo referencial para la construcción de los carriles de sobrepaso es de S./578,240.46 nuevos soles, y el costo total para la construcción de la Plazoleta de Parqueo es S./90,815.24 nuevos soles y el costo total del proyecto es de S./669,055.70 nuevos soles, al mes de mayo del año 2007.

Los detalles correspondientes a los análisis de precios unitarios y otros gastos se encuentran en el anexo N°5

5.8. IMPACTO EN LOS NIVELES DE SERVICIO

El tramo III de la Carretera Central, Matucana – San Mateo de acuerdo a las características del nivel de servicios que presta se podría clasificar en el grado “E”, dado que prácticamente se encuentra saturado para la carretera de 2º orden a que pertenece. Con la construcción de los carriles de sobrepaso propuestos, se podría aliviar los tiempos de recorrido, principalmente dando paso a los vehículos ligeros y aquellos que requieran mayor urgencia en el flujo vehicular los cuales podrían mejorar el nivel de servicio al grado “D” y en algunos momentos al grado “C”.

CONCLUSIONES

- a) La carretera central en la zona Lima - La Oroya mostró un tráfico de 232 vehículos por hora, registrado como hora punta a las 18 horas del día viernes 19 de mayo del 2006 en conteo efectuado para la presente investigación, con este volumen y dados los parámetros que muestra la carretera se calculó que el nivel de servicio se encuentra en el nivel E, no sólo por las características de la zona y la carretera, sino más bien por la alta presencia de vehículos pesados como producto de la llegada de los tráficos provenientes de las carreteras Oroya – Cerro De Pasco – Huánuco - Tingo María – Pucallpa de la carretera la Oroya – Tarma – Chanchamayo – Satipo incluyendo el tramo Chanchamayo – Oxapampa así como la carretera la Oroya – Huancayo – Ayacucho.

- b) El tramo III Matucana – San Mateo constituye el tramo más accidentado y sinuoso con fuertes pendientes, que no permite un tráfico fluido de los vehículos en ambos sentidos, produciendo demoras innecesarias y no teniendo oportunidades de paso de los vehículos de mayor velocidad que generalmente son ligeros, sobre los vehículos de menor velocidad que son los vehículos pesados, dando como resultado mayores tiempos de viaje lo cual traduce en mayores costos de operación.

- c) Del análisis para tener sectores de carriles de sobrepaso se proponen 4 posibles ubicaciones: Kilómetros 74, kilómetro 77, kilómetro 80 + 500, kilómetro 88 + 000, además se propone la construcción de una Plazoleta de Parqueo a la altura del kilómetro 83 + 900 debido a que esta ubicación representa la fase inicial del tramo crítico III, por su cercanía a la capital generadora del tráfico nacional por la carretera central y por las

facilidades que brinda la zona en cuanto a materiales y logística en general, con una pendiente promedio de 1.7%.

- d) De las alternativas propuestas se propone actuar sobre el Km 77-78, proyecto que consiste en construir carriles de sobrepaso, como primera prioridad, en el kilómetro 77 – 78, tanto para el sentido Oeste – Este, (Matucana - San Mateo), así como para el sentido Este – Oeste (San Mateo –Matucana), en una longitud de 600 metros. Esta propuesta es elegida en base a su facilidad de implementación y bajo costo respecto a las otras alternativas propuestas y sobretodo que los efectos de sus beneficios es inmediato.
- e) De construirse los carriles de sobrepaso en las ubicaciones propuestas, se elevaría el nivel de servicio de la Carretera Central en este III Tramo Matucana - San Mateo, disminuyendo los riesgos de accidente, brindando oportunidad de paso a los vehículos de mayor velocidad, llegando a niveles de servicio de C (como se observa en el tramo de análisis), que para este tipo de carreteras es lo óptimo según el Manual de Capacidad.
- f) En general, de lo expuesto se concluye que se requieren carriles de sobrepaso en las carreteras nacionales de dos carriles, uno por cada sentido cuando atraviesan zonas montañosas y accidentadas a fin de facilitar el sobrepasode vehículos ligeros y vehículos con mayor urgencia, De esta manera se disminuyelas dilaciones, tensiones de los conductores y el nivel de riesgo de accidentes, mejorando el nivel de servicio para la carretera en estudio, este sistema puede ser aplicado para otras carreteras la interior del país, una solución a bajo costo y de fácil implementación, con altos beneficios no sólo de funcionalidad como los indicados anteriormente sino en los beneficios de ahorros de tiempo para los usuarios de la carretera.

RECOMENDACIONES

- a) Se recomienda efectuar estudios de carriles de sobrepaso en todas las carreteras de primer, segundo y tercer orden que faciliten los sobrepasos de los vehículos de mayor velocidad o de aquellos que requieren mayor oportunidad de paso, así como establecer plazoletas de parqueo para el descanso de vehículos y conductores.
- b) Se recomienda efectuar los estudios definitivos para la construcción de los carriles de sobrepaso en el sector del kilómetro 77 al kilómetro 78 del Tramo Matucana San Mateo de la carretera Central, y para la Plazoleta del Parqueo en el kilómetro 83 + 900 así como efectuar los estudios preliminares en los sectores kilómetro 74, kilómetro 80+ 900 y del kilómetro 88 + 00, con el fin de disminuir los puntos críticos en el tráfico vehicular.
- c) Se recomienda incluir en las normas de diseño geométrico la necesidad de implementar en carreteras sinuosas, en zonas accidentadas y de alturas especialmente en tramos rectilíneos y en secciones diferenciadas por lo menos cada 5km, con el fin de que las carreteras tengan mayor eficiencia en su accesibilidad y mejoren sus niveles de servicio tanto para vías asfaltadas como para vías afirmadas.
- d) Se recomienda efectuar un estudio alternativo para tener 2 carriles por sentido en la Carretera Central, tramo Lima – La Oroya, para optimizar los tiempos y condiciones y la mejor distribución de bienes y servicios directamente hacia los centros poblados y centro mineros, asentados en las zonas cercanas al valle del Rímac, así como para facilitar el transporte hacia las vías troncales de la región central del País.

BIBLIOGRAFIA

1. American Society of Civil Engineers, may/Jun, 1998, Journal of Transportation Engineering, Vol 124Nº3 ISSN 0733-947X Code: JTPEDI.
2. American Association of State Highways and Transportation Officials, AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures Washington, D.C. USA. 2001.
3. American Association of State Highways and Transportation Officials, a Policy on Geometric Design of Highways and Streets , Washington, D.C. 2004.
4. Bravo, Paulo Emilio, 1978, Diseño de Carreteras, Carbajal S.A., Bogotá – Colombia.
5. Cal y Mayor, Rafael y Cárdenas Crisales, James, 1995, Ingeniería de Transito, Séptima Edición, Alfa Omega Editores, México D.F.
6. Consorcio CPI-CESEL, 2000, Expediente técnico para la rehabilitación carretera Héroes de la Breña, MTC.
7. Di Bella, Mario, 1963, Técnica de la Sicurezza, Stradale, TipOspizio di Beneficenza, Amministrazione Provinciale di Catania, Italia.
8. Escario y Núñez del Pino, José Luis y Ventura Escario Ubarri, 1960, Caminos, Estudio del trazado y Construcción de la Explanación 4ta edición, 1er Vol. Madrid-España.
9. Matías León José Carlos, 2004, Diseño de Proyectos Viales, Facultad de Ingeniería Civil, Sección de Posgrado-UNI.
10. Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción- Proyecto Especial-Programa Rehabilitación de Transporte Carreteras DG-1999.
11. Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción, JULIO 2000. Manual de Disposición de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras R.M. Nº210-2000-MTC/15.02.

12. Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, Manual de diseño de Carreteras Pavimentos y no Pavimentos de Bajo Volumen de Tránsito Lima-Perú, marzo 2008.
13. Morral John, Journal of Transportation Engineers, Planning and Design of Passing Lanes Using Simulation Model, USA, 1998.
14. Naciones Unidas, Comissao Económica Para América Latina e Caribe, Caminhosum Novo Enfoque para a Gestao e ManutencaoRodoviaria, IPC-Brasil, 1994.
15. PacificConsultants International – CESEL Ingenieros, setiembre 2003. Supervisión del Proyecto “Rehabilitación de la carretera afectadas por el fenómeno del niño, puente Ricardo Palma – La Oroya – MTC”, Informe Final de Obra. Lima – Perú.
16. Palma Álvarez, Raúl Iván, Aplicación del manual de capacidad de carreteras (HCM), versión 2000 para la evaluación del nivel de servicio de carreteras de dos carriles, Universidad San Carlos de Guatemala, Guatemala, 2006.
17. Transportation Research Board, 1994. National Research Council, Highway Capacity Manual, Washington, D.C. USA.
18. T.W. Forbes, 1972. Human Factors in Highway Traffic Safety Research, Wiley – Interscience USA.