



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

"EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL - NOMINAL DE LA
CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO DE ACUERDO A LA
CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO."

Presentado por los bachilleres:

GÓMEZ ALLENDE, Gary Rossano.

QUISPE MEJÍA, José Luis.

**Para Optar al Título Profesional de Ingeniero
Civil**

Asesor:

Ing. Robert Milton Merino Yépez.

CUSCO – PERÚ

2017



DEDICATORIA

A mis padres Rossano y Celia por ser el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, por la confianza depositada en mí, por su inmenso amor y estar presente en cada instante que necesité, porque como grandes personas que son, es como quiero reflejarme en mi vida futura.

A mis familiares, amigos y personas especiales para mí, por su orientación preocupación y apoyo desinteresado durante el desarrollo del presente proyecto.

A Dios, por haberme privilegiado la dicha de tener los padres que tengo.

Gary Rossano Gómez Allende

A Dios por protegerme y bendecirme durante todo mi camino. Por los triunfos y momentos especiales que me han enseñado a valorar cada día.

A mis padres Gerardo y Paulina, a mis hermanos Johan y Nayeli por ser personas que me han acompañado y apoyado durante todo mi trayecto académico y mi vida, a mis parientes y amigos por la confianza que me han depositado.

José Luis Quispe Mejía



AGRADECIMIENTO

Gracias Dios, por todo;

Cuando estamos empezando a concretar nuestros sueños, es fácil creer que todo se debe a un esfuerzo individual, cuando en realidad es gracias al esfuerzo de todo un grupo que se logra el triunfo, por esta razón, no hubiese sido posible obtener esta meta sin las motivaciones y experiencias valiosas de las personas que formaron parte de proceso.

Nuestra más sincera gratitud a la Universidad Andina del Cusco, por darnos la Oportunidad de ser profesionales, a la Facultad de Ingeniería Civil, por ser nuestra formadora intelectual, y a las innumerables personas y amigos que nos brindaron su apoyo para la culminación del presente proyecto.





RESUMEN

El Perú por su topografía diversa, la mayoría de sus carreteras son clasificadas, según su demanda, como carreteras de primera, segunda y tercera clase con una calzada de dos carriles de 3.60m, 3.30m y 3.00m de ancho como mínimo respectivamente. La presente investigación fue desarrollada en la región del Cusco, provincia del Cusco, distrito de San Sebastián, este estudio se basó en un análisis descriptivo y exploratorio con un enfoque de investigación no experimental y transversal, de tipo cuantitativo y de método hipotético-deductivo. La investigación tuvo como objetivo determinar la consistencia de diseño y **seguridad vial – nominal** (que viene dada por el grado de cumplimiento de los criterios y preceptos recogidos en las guías y normativas de diseño, concepto extraído de la Plataforma Tecnológica de la Carretera), de la carretera Enaco - Abra Ccorao. Para alcanzar el objetivo de la investigación se realizó previamente un conteo vehicular, el levantamiento topográfico y procesamiento de datos, del cual se obtuvo las características geométricas de la vía a detalle, tales como: curvas horizontales, tangentes, pendientes, curvas verticales, distancias de visibilidad, sobre anchos y peraltes máximos. Los procedimientos adoptados para la verificación de la hipótesis fueron: estimación de velocidades de operación del percentil 85 en curvas y tangentes a partir de las ecuaciones propuestas por Fitzpatrick y Lamm, asimismo se midió las velocidades de operación en campo con el fin de comparar las velocidades estimadas y medidas para la construcción de un perfil de velocidades de la vía en estudio. Se concluyó que los elementos geométricos inconsistentes o puntos de riesgo que representa el 41.66% de la longitud total de la carretera (**seguridad vial – nominal**), no están cumpliendo con los parámetros establecidos del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2014. Por lo que se recomienda contar con herramientas, como la evaluación de la consistencia, que permitan evaluar los diseños geométricos previos a la ejecución de los proyectos viales para obtener la seguridad vial deseada.

Palabras clave: Consistencia de diseño geométrico - seguridad vial nominal - puntos de riesgo.



ABSTRACT

Peru for its diverse topography, most of its roads are classified according to their demand, such as roads of first, second and third class with a two-lane causeway of 3.60m, 3.30m and 3.00m wide respectively. The present research was developed in the Cusco region, province of Cusco, district of San Sebastian, this study was based on an analysis descriptive and exploratory research approach with a non-experimental and cross-sectional quantitative and hypothetical-deductive method. The research was aimed at determining the consistency of design and **road safety - nominal** (which is given by the degree of fulfilment of the criteria and precepts contained in the guidelines and regulations of design, concept extracted from the Technological Platform of the road), the road Enaco – Abra Ccorao. To achieve the objective of the research was previously a vehicular count, the topographic survey and data processing, of which there were obtained the geometrical characteristics of the track in detail, such as: horizontal curves, tangents, earrings, vertical curves, distances of visibility, on maximum widths and cambers. The procedures adopted for the verification of the hypotheses were: estimation of speeds of operation of the 85 percentile in curves and tangents from the equations proposed by Fitzpatrick and Lamm, was also measured the speeds of operation in the field in order to compare the speeds estimated and measures for the construction of a speed profile of the track in the studio. It was concluded that the geometric elements inconsistent or risk points that represents the 41.66% of the total length of the road (**road safety - nominal**), are not in compliance with the established parameters of the Manual of geometric design of roads DG-2014. It is recommended to have tools, such as the evaluation of the consistency, to assess the geometric designs prior to the implementation of the road projects to obtain the desired road safety.

Key words: Consistency of geometric design - Road safety rating - points of risk.



INTRODUCCIÓN

En el Perú las carreteras de primera, segunda y tercera clase con una calzada de dos carriles, en áreas rurales con topografía accidentada tienden a estar diseñadas al límite de la norma, debido a los altos costos que conlleva un diseño generoso en este tipo de terrenos, el uso de elementos de diseño geométrico por debajo de las expectativas del conductor hace que este tipo de carreteras sean más inseguras que las carreteras en terreno llano u ondulado, donde la topografía del terreno permite al proyectista lograr un diseño generoso sin mayores dificultades.

El problema de la consistencia del diseño en las carreteras ha sido abordado por varios investigadores en todo el mundo, cada uno con un enfoque distinto, no obstante, la mayoría de ellos tienen algo en común y es que utilizan el perfil de velocidades de operación como herramienta para evaluar la seguridad de un alineamiento, ahora bien, para su construcción utilizan distintas metodologías, sin embargo, las más utilizadas son el conjunto de ecuaciones generadas, por Fitzpatrick. (2000) que se encuentra en el Manual de Diseño Geométrico Carreteras (DG-2014) y Lamm (1999) en estudios realizados en Estados Unidos y Alemania, las cuales predicen la velocidad en curvas horizontales y en tangentes.

La mayoría de los estudios desarrollados en distintos países se enfocan en carreteras con terrenos llanos y accidentados, estos tipos de investigaciones contrasta con la realidad de Perú en donde la mayoría de carreteras bidireccionales están ubicadas en estos tipos de terrenos, por lo que este estudio valida las características en relación a la carretera Enaco - Abra Ccorao.

Con el fin de aplicar lo mencionado anteriormente, la presente investigación tuvo como objetivo principal evaluar la seguridad vial – nominal de la carretera Enaco - Abra Ccorao realizando previamente un estudio de tráfico vehicular, levantamiento topográfico y procesamiento de estos datos, para evaluar la consistencia de diseño geométrico de acuerdo a los criterios de Lamm, el cual contribuyó a obtener el objetivo en mención.



La presente investigación consta de los siguientes capítulos:

Capítulo I: Identificación del problema, justificación e importancia, limitaciones, objetivos, hipótesis y variables de la investigación.

Capítulo II: Marco teórico, antecedentes tales como investigaciones referidos al estudio de consistencia de diseño, estimación de velocidades en curvas horizontales y tangentes, y los conceptos requeridos para el desarrollo de la investigación.

Capítulo III: Metodología y diseño de la investigación, descripción de la población y muestra, instrumentos metodológicos y de ingeniería, proceso de recolección de datos y análisis de datos.

En los capítulos IV y V se muestran los resultados de la investigación y su interpretación. Finalmente constan las discusiones, conclusiones, recomendaciones, referencias y anexos.



ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|-------------|
| DEDICATORIA | I |
| AGRADECIMIENTO | II |
| RESUMEN | III |
| ABSTRACT | IV |
| INTRODUCCIÓN | V |
| ÍNDICE GENERAL | VII |
| ÍNDICE DE TABLAS | XIV |
| ÍNDICE DE FIGURAS | XVII |
| ÍNDICE DE ANEXOS | XIX |
| CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 1 |
| 1.1. ÁMBITO DE INFLUENCIA DE LA TESIS | 1 |
| 1.1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA | 1 |
| 1.1.2. FORMULACIÓN INTERROGATIVA DEL PROBLEMA | 3 |
| 1.1.2.1. Formulación interrogativa del problema general | 3 |
| 1.1.2.2. Formulación interrogativa de los problemas específicos | 3 |
| 1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN | 3 |
| 1.2.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA | 3 |
| 1.2.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL | 3 |
| 1.2.3. JUSTIFICACIÓN POR VIABILIDAD | 4 |
| 1.2.4. JUSTIFICACIÓN POR RELEVANCIA | 4 |
| 1.3. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN..... | 4 |
| 1.3.1. LIMITACIONES GEOGRÁFICAS | 4 |
| 1.3.2. LIMITACIONES INTERNAS | 5 |
| 1.3.3. LIMITACIONES EXTERNAS | 6 |



1.4. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN.....6

1.4.1. OBJETIVO GENERAL 6

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 6

1.5. HIPÓTESIS.....6

1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL 6

1.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS 7

1.6. DEFINICIÓN DE VARIABLES7

1.6.1. VARIABLES INDEPENDIENTES 7

1.6.2. INDICADORES DE VARIABLES INDEPENDIENTES 7

1.6.3. VARIABLES DEPENDIENTES 7

1.6.4. INDICADORES DE VARIABLES DEPENDIENTES 7

1.6.5. CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES 8

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO DE LA TESIS 9

2.1. ANTECEDENTES DE LA TESIS O INVESTIGACIÓN ACTUAL9

2.1.1. ANTECEDENTES A NIVEL NACIONAL 9

2.1.2. ANTECEDENTES A NIVEL INTERNACIONAL 10

2.2. ASPECTOS TEÓRICOS PERTINENTES.....15

2.3. DISEÑO GEOMÉTRICO.....15

2.3.1. ETAPAS PARA REALIZAR ESTUDIOS DE UNA CARRETERA 16

2.3.2. CONSTRUCCIÓN DE LA CARRETERA 16

2.3.3. LA SEGURIDAD EN LAS NORMAS DE DISEÑO GEOMÉTRICO 16

2.3.4. ORIGEN DEL CONCEPTO DE LA VELOCIDAD DE DISEÑO 18

2.3.5. USO ACTUAL DE LA VELOCIDAD DE DISEÑO 18

2.3.6. CRÍTICA AL PROCESO DE SELECCIÓN DE LA VELOCIDAD DE DISEÑO 19

2.3.7. PROCESO DE SELECCIÓN DE LA VELOCIDAD DE DISEÑO 20

2.3.7.1. Clasificación de la vía 20

2.3.7.1.1. Autopista de primera clase. 20

2.3.7.1.2. Autopista de segunda clase 20

2.3.7.1.3. Carreteras de primera clase 21

2.3.7.1.4. Carretera de segunda clase 21

2.3.7.1.5. Carretera de tercera clase 21

2.3.7.1.6. Trocha carrozable 21

2.3.7.2. Índice medio diario anual (IMDA) 22

2.3.7.2.1. Vehículo de diseño 22



2.3.7.2.2. Ubicación de la estación de conteo vehicular 23

2.3.7.3. Clasificación según condiciones orográficas 23

2.3.7.3.1. Terreno plano (tipo 1) 23

2.3.7.3.2. Terreno ondulado (tipo 2) 23

2.3.7.3.3. Terreno accidentado (tipo 3). 24

2.3.7.3.4. Terreno escarpado (tipo 4). 24

2.3.8. DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA 24

2.3.8.1. Consideraciones de diseño 25

2.3.8.2. Tramos en tangente 25

2.3.8.3. Curvas circulares 26

2.3.8.4. Radios mínimos 27

2.3.8.5. Clasificación de curvas circulares 28

2.3.8.6. Curvas de vuelta 29

2.3.8.7. Distancia de visibilidad 30

2.3.8.8. Distancia de visibilidad de parada 30

2.3.8.9. Sobre ancho en curvas 31

2.3.9. DISEÑO GEOMÉTRICO EN PERFIL 32

2.3.9.1. Pendiente 33

2.3.9.2. Curvas verticales 34

2.3.9.3. Clasificación de las curvas verticales 35

2.3.9.3.1. Curva vertical simétrica 35

2.3.9.3.2. Curva vertical asimétrica 37

2.3.9.4. Longitud de las curvas convexas 38

2.3.10. PERALTE 39

2.4. VELOCIDADES MEDIDAS EN CAMPO.....40

2.4.1. VELOCIDADES DE OPERACIÓN EN CURVAS Y TANGENTES MEDIDAS EN CAMPO 40

2.5. CONSISTENCIA DE DISEÑO.....41

2.5.1. DISPARIDAD ENTRE LA VELOCIDAD DE DISEÑO Y LA VELOCIDAD DE OPERACIÓN. 43

2.5.2. INFLUENCIA DE LA VELOCIDAD DE OPERACIÓN DEL PERCENTIL 85. 43

2.5.3. VELOCIDADES DE OPERACIÓN DEL PERCENTIL 85 EN CURVAS Y TANGENTES 46

2.5.3.1. Velocidades de operación para curvas horizontales. 46

2.5.3.2. Velocidades de operación para tramos en tangente. 48

2.5.4. ENFOQUE DE LAMM 50

2.5.5. INDICADORES BASADOS EN VELOCIDAD, PROPUESTOS POR LAMM 50

2.5.6. CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN DE CONSISTENCIA DE DISEÑO PROPUESTOS POR LAMM. 51



| | |
|--|---------------|
| 2.5.7. CONSTRUCCIÓN DEL PERFIL DE VELOCIDAD DE OPERACIÓN | 52 |
| 2.6. SEGURIDAD VIAL..... | 54 |
| 2.6.1. DIMENSIONES DE LA SEGURIDAD VIAL | 54 |
| 2.6.1.1. Seguridad legal. | 55 |
| 2.6.1.2. Seguridad sustantiva. | 55 |
| 2.6.1.3. Seguridad real. | 55 |
| 2.6.1.4. Seguridad nominal. | 55 |
| CAPÍTULO III: METODOLOGÍA | 57 |
| 3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN | 57 |
| 3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN | 57 |
| 3.1.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN | 57 |
| 3.1.3. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN | 57 |
| 3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN | 57 |
| 3.2.2. DISEÑO DE INGENIERÍA | 58 |
| 3.3. UNIVERSO Y MUESTRA | 59 |
| 3.3.1. UNIVERSO | 59 |
| 3.3.1.1. Descripción del universo | 59 |
| 3.3.1.2. Cuantificación del universo | 59 |
| 3.3.2. MUESTRA | 59 |
| 3.3.2.1. Descripción de la muestra | 59 |
| 3.3.2.2. Cuantificación de la muestra | 60 |
| 3.3.2.3. Método de muestreo | 60 |
| 3.3.2.4. Criterios de evaluación de muestra | 62 |
| 3.4. INSTRUMENTOS..... | 62 |
| 3.4.1. INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS O INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS | 62 |
| 3.4.1.1. Formato N° 1 ficha de conteo vehicular | 63 |
| 3.4.1.2. Formato N° 02 ficha de cálculo del IMDA | 64 |
| 3.4.1.3. Formato N°03 ficha de elementos de alineamiento horizontal | 65 |
| 3.4.1.4. Formato N°04 ficha de elementos de alineamiento vertical | 66 |
| 3.4.1.5. Formato N°05 ficha de mediciones de velocidades de operación en campo | 67 |
| 3.4.1.6. Formato N°06 ficha de estimación de velocidades de operación por Fitzpatrick y Lamm | 68 |
| 3.4.1.7. Formato N°07 ficha de evaluación de consistencia de diseño por los criterios de Lamm | 69 |





| | |
|---|------------|
| 3.4.1.8. Formato N°08 ficha de evaluación de elementos geométricos en planta | 70 |
| 3.4.1.9. Formato N°09 ficha de evaluación de elementos geométricos en perfil | 71 |
| 3.4.1.10. Formato N°10 ficha de porcentaje de distancia de visibilidad | 72 |
| 3.4.1.11. Formato N°11 ficha de distancia de visibilidad en curvas | 73 |
| 3.4.1.12. Formato N°12 ficha de distancia de visibilidad en curvas horizontales | 74 |
| 3.4.1.13. Formato N°13 ficha de evaluación de peraltes | 75 |
| 3.4.1.14. Formato N°14 ficha de resumen de velocidades | 76 |
| 3.4.1.15. Herramientas de evaluación de normas y manuales. | 77 |
| 3.4.2. INSTRUMENTOS DE INGENIERÍA | 84 |
| 3.5. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS | 86 |
| 3.5.1. CONTEO VEHICULAR | 86 |
| 3.5.1.1. Equipos y materiales | 86 |
| 3.5.1.2. Procedimiento | 86 |
| 3.5.1.3. Toma de datos del tránsito actual | 91 |
| 3.5.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO | 92 |
| 3.5.2.1. Equipos utilizados | 92 |
| 3.5.2.2. Muestra | 92 |
| 3.5.2.3. Procedimiento | 93 |
| 3.5.2.4. Toma de datos | 94 |
| 3.5.2.5. Tabla de recolección del levantamiento topográfico | 95 |
| 3.5.3. MEDICIÓN DE VELOCIDADES DE OPERACIÓN EN CAMPO | 100 |
| 3.5.3.1. Equipos utilizados | 100 |
| 3.5.3.2. Muestra | 100 |
| 3.5.3.3. Toma de datos | 101 |
| 3.5.4. Medición de peraltes máximos en campo | 106 |
| 3.5.4.1. Equipos utilizados | 106 |
| 3.5.4.2. Muestra | 106 |
| 3.5.4.3. Proceso de toma de datos | 106 |
| 3.5.5. MEDICIÓN DE ANCHO MÍNIMO DE DESPEJE NECESARIO | 107 |
| 3.5.5.2. Muestra | 107 |
| 3.5.5.3. Proceso de toma de datos | 107 |
| 3.5.6. MEDICIÓN DE SOBRESANCHOS | 109 |
| 3.5.6.1. Equipos utilizados | 109 |
| 3.5.6.2. Muestra | 109 |
| 3.5.6.3. Proceso de toma de datos | 109 |
| 3.6. PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE DATOS | 112 |



| | |
|--|------------|
| 3.6.1. CÁLCULO DEL ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL (I.M.D.A.) | 112 |
| 3.6.1.1. Determinación de los factores de corrección estacional | 112 |
| 3.6.1.2. Aplicación de la formula, para el conteo de 7 días | 112 |
| 3.6.1.3. Demanda actual | 114 |
| 3.6.1.4. Demanda proyectada | 114 |
| 3.6.1.5. Tasa de crecimiento por región en porcentaje | 114 |
| 3.6.2. CLASIFICACIÓN DE LA VÍA Y VELOCIDAD DE DISEÑO | 117 |
| 3.6.2.1. Proceso de cálculo | 117 |
| 3.6.3. PROCESAMIENTO DE DATOS EN AUTOCAD CIVIL 3D 2015 DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO | 118 |
| 3.6.3.1. Procedimiento | 118 |
| 3.6.3.2. Tablas | 119 |
| 3.6.4. VELOCIDADES DE OPERACIÓN DEL PERCENTIL 85 ESTIMADAS EN CURVAS Y TANGENTES. | 123 |
| 3.6.4.1. Proceso de cálculo | 123 |
| 3.6.4.2. Tablas | 128 |
| 3.6.5. ANÁLISIS DE LA CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO | 133 |
| 3.6.5.1. Proceso de cálculo | 133 |
| 3.6.5.2. Tablas | 136 |
| 3.6.6. MEDICIÓN DE VELOCIDADES DE OPERACIÓN EN CAMPO. | 145 |
| 3.6.6.1. Proceso de cálculo | 145 |
| 3.6.6.2. Tablas | 145 |
| 3.6.7. PERFIL DE VELOCIDADES DE OPERACIÓN. | 152 |
| 3.6.7.1. Proceso de cálculo | 152 |
| 3.6.7.2. Diagrama | 153 |
| 3.6.8. PUNTOS DE RIESGO DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO | 153 |
| 3.6.8.1. Proceso de cálculo | 153 |
| 3.6.9. CUMPLIMIENTO DE LOS REQUERIMIENTOS Y NORMAS DEL REGLAMENTO CON EL DG-2014 | 154 |
| 3.6.9.1. Evaluación del alineamiento horizontal | 154 |
| 3.6.9.2. Tablas y figuras | 156 |
| 3.6.9.3. Evaluación del alineamiento en perfil | 161 |
| 3.6.9.5. Evaluación de peraltes máximos | 165 |
| CAPÍTULO IV RESULTADOS | 166 |



| | |
|--|------------|
| 4.1. ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDA) DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO. | 166 |
| 4.2. CLASIFICACIÓN DE LA VÍA Y VELOCIDAD DE DISEÑO. | 167 |
| 4.3. VELOCIDADES DE OPERACIÓN DEL PERCENTIL 85 ESTIMADAS (CURVAS - TANGENTES) Y CONSISTENCIA DE DISEÑO..... | 169 |
| 4.4. VELOCIDADES MEDIDAS EN CAMPO | 180 |
| 4.5. PERFIL DE VELOCIDADES..... | 188 |
| 4.6. PUNTOS DE RIESGO Y SEGURIDAD VIAL - NOMINAL | 189 |
| | |
| CAPÍTULO V: DISCUSIONES | 198 |
| | |
| GLOSARIO | 203 |
| | |
| CONCLUSIONES | 205 |
| | |
| RECOMENDACIONES | 207 |
| | |
| REFERENCIAS | 209 |
| | |
| ANEXOS | 212 |



ÍNDICE DE TABLAS

TABLA: 1 COORDENADAS U.T.M5

TABLA: 2 CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES8

TABLA: 3 ECUACIONES PARA LA ESTIMACIÓN DE VELOCIDADES DE OPERACIÓN EN CURVAS
HORIZONTALES48

TABLA: 4 INDICADORES Y CRITERIOS DE LAMM.....52

TABLA: 5 CUANTIFICACIÓN DE LA MUESTRA A60

TABLA: 6 CUANTIFICACIÓN DE LA MUESTRA B60

TABLA: 7 NORMATIVIDAD PARA LA EVALUACIÓN62

TABLA: 8 FORMATO DE CONTEO VEHICULAR.....63

TABLA: 9 FORMATO DEL CÁLCULO DEL I.M.D.A.64

TABLA: 10 FORMATO DE ELEMENTOS DE ALINEAMIENTO HORIZONTAL.....65

TABLA: 11 FORMATO DE ELEMENTOS DE ALINEAMIENTO VERTICAL66

TABLA: 12 FORMATO DE VELOCIDADES DE OPERACIÓN EN CAMPO67

TABLA: 13 FORMATO DE ESTIMACIONES DE VELOCIDADES DE OPERACIÓN POR FITZPATRICK
Y LAMM.....68

TABLA: 14 FORMATO DE EVALUACIÓN DE CONSISTENCIA DE DISEÑO MEDIANTE LOS
CRITERIOS DE LAMM69

TABLA: 15 FORMATO DE EVALUACIÓN DE ELEMENTOS GEOMÉTRICOS EN PLANTA70

TABLA: 16 FORMATO DE EVALUACIÓN DE ELEMENTOS GEOMÉTRICOS EN PERFIL71

TABLA: 17 FORMATO DE PORCENTAJE DE DISTANCIA DE VISIBILIDAD72

TABLA: 18 FORMATO DE DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS VERTICALES73

TABLA: 19 FORMATO DE DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS HORIZONTALES74

TABLA: 20 FORMATO DE EVALUACIÓN DE PERALTES.....75

TABLA: 21 FORMATO DE RESUMEN DE VELOCIDADES76

TABLA: 22 FACTOR DE CORRECCIÓN PROMEDIO PARA VEHÍCULOS LIGEROS/PESADOS
(ESTACIÓN SAYLLA 2010)77

TABLA: 23 TASA ANUAL REGIONAL DEL PBI (PRODUCTO BRUTO INTERNO).....77

TABLA: 24 TASA DE CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN POR REGIÓN77

TABLA: 25 DATOS BÁSICOS DE VEHÍCULOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE CARRETERAS .78

TABLA: 26 DEFLEXIÓN MÁXIMA.....79

TABLA: 27 RANGOS DE VELOCIDADES EN FUNCIÓN A LA CLASIFICACIÓN DE LA CARRETERA
POR TIPO DE DEMANDA Y OROGRAFÍA.....79

TABLA: 28 LONGITUDES DE TRAMO EN TANGENTE80

TABLA: 29 VALORES DEL RADIO MÍNIMO PARA VELOCIDADES ESPECÍFICAS DE DISEÑO,
PERALTES MÁXIMO Y VALORES LÍMITE DE FRICCIÓN80



TABLA: 30 MÁXIMAS LONGITUDES DE PASO O ADELANTAMIENTO81

TABLA: 31 PORCENTAJE DEL TRAMO CON VISIBILIDAD PARA ADELANTAR81

TABLA: 32 MÍNIMA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO PARA CARRETERAS DE
DOS CARRILES81

TABLA: 33 PENDIENTE MÁXIMA.....82

TABLA: 34 CONSTANTES CORRESPONDIENTES AL NIVEL DE CONFIANZAS83

TABLA: 35 DESVIACIONES ESTÁNDAR DE VELOCIDADES INSTANTÁNEAS PARA DETERMINAR
EL TAMAÑO DE LA MUESTRA Y SENTIDO83

TABLA: 36 INSTRUMENTO DE INGENIERÍA84

TABLA: 37 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO
N° CU-1133.....87

TABLA: 38 CLASIFICACIÓN VEHICULAR PARA EL CONTEO88

TABLA: 39 CONTEOS DE TRÁFICO VEHICULAR VOLUMÉTRICO (6:00 AM A 18:00 PM)91

TABLA: 40 CONTEOS DE TRÁFICO VEHICULAR VOLUMÉTRICO, ESTACIÓN 2 - PUMAMARCA
(18:00 PM – 6:00 AM)92

TABLA: 41 RECOLECCIÓN DE DATOS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.95

TABLA: 42 TOMA DE DATOS DE LA MEDICIÓN DE VELOCIDADES EN CAMPO 102

TABLA: 43 DATOS MEDIDOS DE PERALTES MÁXIMOS EN CAMPO 107

TABLA: 44 ANCHOS MÍNIMOS DE DESPEJE NECESARIO EN CURVAS 108

TABLA: 45 DATOS SOBRE ANCHOS EN CURVAS HORIZONTALES 110

TABLA: 46 ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL..... 113

TABLA: 47 PROYECCIÓN DE TRÁFICO NORMAL (PARA VEHÍCULOS DE PASAJEROS)..... 114

TABLA: 48 PROYECCIÓN DE TRAFICO NORMAL (PARA VEHÍCULOS DE CARGA) 115

TABLA: 49 TRÁFICO GENERADO POR TIPO DE VEHÍCULO 115

TABLA: 50 PROYECCIÓN DE TRÁFICO GENERADO POR TIPO DE VEHÍCULO
(PARA VEHÍCULOS DE CARGA) 115

TABLA: 51 PROYECCIÓN DE TRÁFICO GENERADO (PARA VEHÍCULOS DE PASAJEROS) 115

TABLA: 52 PROYECCIÓN DE TRÁFICO NORMAL DEL EXPEDIENTE TÉCNICO (PARA VEHÍCULOS DE
PASAJEROS) 116

TABLA: 53 PROYECCIÓN DE TRAFICO NORMAL DEL EXPEDIENTE TÉCNICO
(PARA VEHÍCULOS DE CARGA) 116

TABLA: 54 PROYECCIÓN DE TRÁFICO GENERADO POR TIPO DE VEHÍCULO DEL EXPEDIENTE
TÉCNICO (PARA VEHÍCULOS DE PASAJEROS) 117

TABLA: 55 PROYECCIÓN DE TRÁFICO GENERADO POR TIPO DE VEHÍCULO DEL EXPEDIENTE
TÉCNICO (PARA VEHÍCULOS DE CARGA)..... 117

TABLA: 56 ELEMENTOS DE ALINEAMIENTO HORIZONTAL 119



TABLA: 57 CUADROS DE ESTIMACIONES DE VELOCIDADES DE CURVAS Y TANGENTES 128

TABLA: 58 CRITERIO I DE DISEÑO GEOMÉTRICO 134

TABLA: 59 CRITERIO II DE DISEÑO GEOMÉTRICO 135

TABLA: 60 DATOS NUMÉRICOS PARA EL PROCESO DE EVALUACIÓN DE LA CONSISTENCIA DE DISEÑO GEOMÉTRICO 136

TABLA: 61 VELOCIDADES DE OPERACIÓN MEDIDAS EN CAMPO 145

TABLA: 62 EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL – NOMINAL EN PORCENTAJE 153

TABLA: 63 ELEMENTOS DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL DE LA VÍA EVALUADA 156

TABLA: 64 EVALUACIÓN DE LA CARRETERA CON VISIBILIDAD ADECUADA PARA ADELANTAR.. 158

TABLA: 65 EVALUACIÓN DE DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS HORIZONTALES 159

TABLA: 66 ANÁLISIS DE PARÁMETROS DEL ALINEAMIENTO VERTICAL 163

TABLA: 67 EVALUACIÓN DE LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS VERTICALES 164

TABLA: 68 EVALUACIÓN DE PERALTES MÁXIMOS 165

TABLA: 69 RESULTADOS DEL ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL PROYECTADO AL AÑO 2016..... 166

TABLA: 70 RESULTADOS DE LA CLASIFICACIÓN DE LA VÍA Y DE LA SELECCIÓN DE LA VELOCIDAD DE DISEÑO 167

TABLA: 71 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA CONSISTENCIA DE DISEÑO, SEGÚN LOS CRITERIOS ESTABLECIDOS POR LAMM. 169

TABLA: 72 FLUCTUACIÓN EN EL RANGO DE VELOCIDADES ESTIMADAS (30-80KM/H) 178

TABLA: 73 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA CONSISTENCIA DE DISEÑO DE LA CARRETERA ENACO – ABRA CCORAO 179

TABLA: 74 RESULTADOS DE LAS VELOCIDADES OBTENIDAS 180

TABLA: 75 FLUCTUACIÓN DE VELOCIDADES MEDIDAS EN CAMPO..... 188

TABLA: 76 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL NOMINAL..... 189

TABLA: 77 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL 190

TABLA: 78 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS HORIZONTALES. 193

TABLA: 79 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LAS DISTANCIAS DE VISIBILIDAD DE PARADA Y DE ADELANTAMIENTO 194

TABLA: 80 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA EVALUACIÓN DE ALINEAMIENTO VERTICAL 195

TABLA: 81 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS VERTICALES 196

TABLA: 82 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE PERALTES MÁXIMOS..... 197

TABLA: 83 CRITERIOS DE CONSISTENCIA DE LAMM 1986 - 1991 202



ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA: 1 CURVAS CON RADIOS POR DEBAJO DEL MÍNIMO ESTABLECIDO PROGRESIVA 6+320.....2
FIGURA: 2 BARANDAS DE SEGURIDAD CON PRESENCIA DE ABOLLADURAS, SEÑALIZACIONES
INOPERANTES Y PENDIENTES MUY PRONUNCIADAS.....2
FIGURA: 3 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA INVESTIGACIÓN5
FIGURA: 4 SIMBOLOGÍA DE LA CURVA CIRCULAR26
FIGURA: 5 ILUSTRACIÓN DE LA CURVA COMPUESTA29
FIGURA: 6 DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS HORIZONTALES31
FIGURA: 7 SOBRE ANCHO32
FIGURA: 8 TIPOS DE CURVAS VERTICALES.....35
FIGURA: 9 CURVAS VERTICALES SIMÉTRICAS36
FIGURA: 10 CURVAS VERTICALES ASIMÉTRICAS37
FIGURA: 11 LONGITUD MÍNIMA DE CURVA VERTICAL CONVEXA CON DISTANCIA DE
VISIBILIDAD DE PARADA.....38
FIGURA: 12 LONGITUD MÍNIMA DE CURVAS VERTICAL CONVEXAS CON DISTANCIA
DE VISIBILIDAD DE PASO O ADELANTAMIENTO39
FIGURA: 13 MEDICIÓN DE VELOCIDADES DEL ESTUDIO REALIZADO EN GUATEMALA.....41
FIGURA: 14 VELOCIDAD DEL PERCENTIL 85 PARA UNA DISTRIBUCIÓN FORMAL.....45
FIGURA: 15 DISTRIBUCIÓN DE LA VELOCIDAD DEL PERCENTIL 85 EN TANGENTE DE UNA VÍA
URBANA Y SUBURBANA POR CLASE FUNCIONAL46
FIGURA: 16 ECUACIONES PARA LA ESTIMACIÓN DE VELOCIDADES DE OPERACIÓN PARA
TANGENTES49
FIGURA: 17 PERFIL DE VELOCIDADES DE LA VELOCIDAD DEL PERCENTIL 85 Y LAS
VELOCIDADES DE DISEÑO.....53
FIGURA: 18 PERALTES EN ZONAS RURALES (TIPO 3 O 4)83
FIGURA: 19 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ESTACIONES87
FIGURA: 20 CONTEO VEHICULAR ESTACIÓN E-1 ENACO.....89
FIGURA: 21 CONTEO VEHICULAR ESTACIÓN E-2 PUMAMARCA89
FIGURA: 22 CONTEO VEHICULAR ESTACIÓN E-3 CCORAO90
FIGURA: 23 ESTACIONAMIENTO EN EL PUNTO DE CAMBIO94
FIGURA: 24 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO TRAMO FINAL94
FIGURA: 25 MEDICIÓN DE VELOCIDADES DE OPERACIÓN EN CAMPO..... 101
FIGURA: 26 MEDICIÓN DE PERALTES MÁXIMOS EN CAMPO..... 106
FIGURA: 27 MEDICIÓN DE ANCHOS MÍNIMOS DE DESPEJE 108
FIGURA: 28 MEDICIÓN EN CAMPO DE SOBRE ANCHOS 109
FIGURA: 29 ANCHO DE DESPEJE MÉTODO GRÁFICO SITIO 140-141 160



FIGURA: 30 ANCHO DE DESPEJE MÉTODO GRÁFICO SITIO 122-123 160

FIGURA: 31 ANCHO DE DESPEJE MÉTODO GRÁFICO SITIO 85 160

FIGURA: 32 CONTEO VEHICULAR EN LA ESTACIÓN N°3 HORA 12:30 PM..... 213

FIGURA: 33 CONTEO VEHICULAR ESTACIÓN N° 2 HORA 6:30 AM 213

FIGURA: 34 ESTACIONAMIENTO DEL BM N°1..... 213

FIGURA: 35 UBICACIÓN DEL EJE DE LA VÍA TRAMO ENACO..... 213

FIGURA: 36 MEDIDAS DE SEGURIDAD CONOS, CHALECOS Y CARTELES..... 213

FIGURA: 37 UBICACIÓN DE LOS PRISMAS 213

FIGURA: 38 RADIACIÓN DE PUNTOS 213

FIGURA: 39 MARCACIÓN DE LAS PROGRESIVAS EN EL EJE DE LA VÍA 213

FIGURA: 40 INCONVENIENTES AL MOMENTO DE REALIZAR LA RADIACIÓN DE PUNTOS..... 213

FIGURA: 41 UBICACIÓN DE PRISMAS EN CURVAS 213

FIGURA: 42 EQUIPO TÉCNICO E INSTRUMENTOS DE TRABAJO 213

FIGURA: 43 MOVILIDAD DEL EQUIPO TÉCNICO 213

FIGURA: 44 RADIACIÓN DE PUNTOS C.C PUMAMARCA 213

FIGURA: 45 PREPARACIÓN DE BALIZAS PARA LA MEDICIÓN DE VELOCIDADES DE
OPERACIÓN EN CAMPO 213

FIGURA: 46 MEDICIÓN DE VELOCIDADES DE VEHÍCULOS LIGEROS (MOTO) 213

FIGURA: 47 MEDICIÓN DE VELOCIDADES DE VEHÍCULOS LIGEROS (MINIBÚS)..... 213

FIGURA: 48 RECOLECCIÓN DE DATOS DE VELOCIDADES DE OPERACIÓN EN CAMPO..... 213

FIGURA: 49 PISTOLA RADAR DE VELOCIDADES BUSHNELL SPEEDSTER III..... 213



ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|---|-----|
| ANEXO 1 PANEL FOTOGRÁFICO..... | 212 |
| ANEXO 2 PLANOS TOPOGRÁFICOS (PLANTA Y PERFIL) | 213 |
| ANEXO 3 MÉTODO GRÁFICO PARA LA EVALUACIÓN DEL ANCHO MÁXIMO DE DESPEJE | 213 |
| ANEXO 4 PERFIL DE VELOCIDADES..... | 213 |
| ANEXO 5 DISCO COMPACTO..... | 213 |
| ANEXO 6 CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA PISTOLA RADAR | |
| BUSHNELL SPEEDSTER III | 213 |
| ANEXO 7 MATRIZ DE CONSISTENCIA DE LA INVESTIGACIÓN | 213 |





CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Ámbito de Influencia de la tesis

1.1.1. Descripción del problema

La carretera Enaco - Abra Ccorao N° CU-1133, (según la Actualización del Clasificador de Rutas del Sistema Nacional de Carreteras – SINAC, del decreto supremo N° 011-2016-MTC), es una vía rural de tránsito vehicular que une una vía Nacional como es la carretera longitudinal de la Sierra Sur PE-3S (Av. De la Cultura en el sector de Enaco) con la carretera Cusco Písaq PE-28G (Abra Ccorao) de carácter regional o circuito turístico al Valle Sagrado de los Incas, a su vez permite el traslado de productos y pasajeros de los centros poblados aledaños del distrito como Quillahuata, Ayarmaca, Pumamarca, Ticapata, Ccorao todos estos confluyendo al distrito de San Sebastián a la altura de Enaco en la Avenida de la Cultura, a través de vehículos los cuales prestan servicios.

Así mismo esta carretera de acuerdo al Expediente Técnico con el nombre de “Mejoramiento carretera Santutis Chico, Cc. Pumamarca, Abra San Martín, distrito de San Sebastián - Cusco – Cusco”, donde el perfil del proyecto fue realizado el año 2008, e inaugurado en el año 2011 por el Gobierno Regional Cusco, tiene como características: una distancia de 9.5 km, según su condición orográfica la clasificación de la vía es de tipo 2 (terreno ondulado) el cual tiene como pendiente transversales al eje de la vía entre 11% y el 50% y pendientes longitudinales entre 3% y 6%, de acuerdo a la demanda la clasificación de la vía corresponde a una de tercera clase en relación al DG-2001, que según a su IMDA son menores a 400 veh/día; cuenta con un derecho de vía de 12.00 m, con un ancho de plataforma de 6.00 m, en toda su longitud la carretera cuenta con cunetas definidas, y obras de arte como muros de contención con gaviones, las pendientes oscilan entre los 0.5 % hasta 9 % excepcional, el bombeo es de 2 %, la velocidad de directriz máxima es de 30 km/h.

Como se dio a conocer la importancia y las características que tiene esta vía rural en la región del Cusco para el tránsito vehicular, la problemática que tiene la carretera estudiada de acuerdo al reconocimiento de ruta en

campo son las distintas deficiencias de seguridad en sus elementos geométricos, tales como son: curvas horizontales cerradas, pendientes pronunciadas, señalizaciones inoperantes, derecho de vía ajustada por la presencia de edificaciones y áreas de cultivos, tramos con distancias de visibilidad cortas, constante variación de velocidades al momento de ingresar y salir de un elemento a otro (tangente - curva - tangente), todo aquello conlleva a que los conductores se ajusten a las expectativas que se forman al recorrer la carretera y estén propensos a accidentes vehiculares y peatonales.



Fuente: Propia según datos preliminares. (2016)

Figura: 1 Curvas con radios por debajo del mínimo establecido progresiva 6+320.



Fuente: Propia según datos preliminares. (2016)

Figura: 2 Barandas de seguridad con presencia de abolladuras, señalizaciones inoperantes y pendientes muy pronunciadas

1.1.2. Formulación interrogativa del problema

1.1.2.1. Formulación interrogativa del problema general

¿Cuál es la seguridad vial – nominal, de la carretera Enaco - Abra Ccorao, de acuerdo a la evaluación de la consistencia de diseño geométrico, conforme a los criterios establecidos por Lamm y al perfil de velocidades?

1.1.2.2. Formulación interrogativa de los problemas específicos

- **Problema específico N° 1:** ¿Cuáles son las velocidades de operación del percentil 85 estimadas en curvas y tangentes, de la carretera Enaco - Abra Ccorao?
- **Problema específico N° 2:** ¿Cuáles son las velocidades de operación medidas de curvas y tangentes en campo, de la carretera Enaco - Abra Ccorao?
- **Problema específico N° 3:** ¿Qué porcentaje representa de la longitud total de la carretera Enaco - Abra Ccorao, los puntos de riesgo para la evaluación de su seguridad vial - nominal, conforme a la consistencia de diseño y al perfil de velocidades?

1.2. Justificación e importancia de la investigación

1.2.1. Justificación técnica

La prioridad de la presente investigación fue conocer la consistencia del diseño geométrico de la carretera Enaco - Abra Ccorao, utilizando los criterios de Lamm (1999) propuestos en base a estudios realizados en Estados Unidos y Alemania, quien relacionó los ángulos de curvaturas de curvas sucesivas con la tasa de accidentes. Mediante esta investigación concluye que a mayor ángulo de curvatura, menor es la tasa de accidentes, es decir; a mayor radio, menor tasa de accidentes. Esto indica que la velocidad de operación se ve condicionada por el radio, significando una inconsistencia del diseño geométrico. Por lo tanto, que un diseño sea inconsistente significa que es poco seguro para los conductores, de ahí la importancia de la aplicación de estos criterios en la presente investigación.

1.2.2. Justificación social

Con esta investigación los beneficiados fueron, los conductores, peatones y pobladores de las comunidades de: Ayarmaca - Pumamarca (Quillahuata,

Miskyuno, Ticapata), Corroa, los distritos, la provincia de Cusco, el Valle Sagrado y las nuevas urbanizaciones en expansión en el área de influencia quienes circulan por la carretera Enaco - Abra Ccorao.

1.2.3. Justificación por viabilidad

La presente investigación fue viable, porque se contó con todos los instrumentos en gabinete de topografía de la Universidad Andina del Cusco, para recolectar los datos en campo como son: estación total, trípode, prismas, porta prismas, eclímetro, GPS y cinta métrica, para procesar los datos se tuvo la facilidad de acceder a los software Civil 3D-2015 y Microsoft Excel.

Para facilitar la toma de datos de las velocidades de operación de los vehículos medidas en campo, fue viable acceder a la compra de la pistola radar medidor de velocidades, a pesar del costo relativamente considerable.

1.2.4. Justificación por relevancia

La importancia de esta investigación radica que en nuestro país no existen criterios de evaluación para la clasificación de una vía de acuerdo a su consistencia de diseño, por ello al utilizar estos métodos se aportará a la evaluación de nuevos proyectos en carreteras rurales de nuestra zona identificando tramos inseguros y mejorando la seguridad de los que lo transiten.

Asimismo la investigación aportó a los estudiantes de la escuela profesional de Ingeniería Civil con fines de investigaciones futuras y a los profesores para tomar en cuenta la información como tema en las aulas.

1.3. Limitaciones de la investigación

1.3.1. Limitaciones geográficas

Región : Cusco.
Provincia : Cusco.
Distrito : San Sebastián.



Fuente: Google Earth. (2016).

Figura: 3 Ubicación Geográfica de la Investigación

Tabla: 1 Coordenadas U.T.M

| COORDENADAS U.T.M | | |
|-------------------|----------------|--------------------|
| | INICIO (ENACO) | FINAL(ABRA CCORAO) |
| Y (NORTE) | 8502003 m. | 8506936 m. |
| X (ESTE) | 184825 m. | 182152 m. |
| Z (ALTURA) | 3255 msnm. | 3775 msnm. |

Fuente: Propia según datos preliminares. (2016)

1.3.2. Limitaciones internas

- Se delimitó la evaluación solamente a la vía Enaco – Pumamarca - Abra Ccorao (sentido de subida), en cuanto a la determinación del IMDA, el factor de corrección estacional que se utilizó fue del peaje de Saylla (cercano a la vía en estudio), correspondiente al mes de Julio.
- El trabajo se limitó a datos obtenidos con los instrumentos: estación total (TOPCON OS-105 con precisión de 5”), GPS MAP 64s (error +- 3 m), AutoCAD civil 3D 2015, eclímetro y pistola radar de velocidades BUSHNELL SPEEDSTER III (error de +- 2 km/h).
- En cuanto a la presentación de los planos para la investigación solo se tomó en cuenta los planos de planta y perfil longitudinal.
- Para predecir las velocidades en curvas horizontales se utilizó las ecuaciones clasificadas por la pendiente longitudinal la cual va desde -9 % a 9 %, y los distintos elementos que forman el alineamiento como: curva horizontal, curva vertical y tangente.

- Se evaluó solo a elementos inconsistentes del diseño geométrico para determinar su seguridad vial - nominal respecto a la norma DG-2014 como: (curvas horizontales, radios mínimos, longitud de curva mínima, tangentes, distancias de visibilidad, pendientes, curvas verticales convexas, sobre anchos, peraltes máximos). Más no con el Plan Nacional de Seguridad Vial 2015-2024.
- Respecto a la medición de velocidades de operación en campo, se tomó a vehículos ligeros y pesados que mantengan su carril y que circulen a flujo libre, sin dispositivos reductores de velocidad, buenas condiciones de pavimento, sin cruces ni puentes, condiciones climáticas favorables, y observaciones en la longitud media de cada sitio.

1.3.3. Limitaciones externas

- El tiempo para realizar la investigación fue parcial y limitado.

1.4. Objetivo de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Evaluar la seguridad vial – nominal, de la carretera Enaco - Abra Ccorao, de acuerdo a la consistencia de diseño geométrico, conforme a los criterios establecidos por Lamm y al perfil de velocidades.

1.4.2. Objetivos específicos

- **Objetivo específico N°1:** Determinar las velocidades de operación del percentil 85 estimadas en curvas y tangentes, de la carretera Enaco - Abra Ccorao.
- **Objetivo específico N°2:** Medir las velocidades de operación de curvas y tangentes en campo, de la carretera Enaco - Abra Ccorao.
- **Objetivo específico N°3:** Identificar los puntos de riesgo de la carretera Enaco - Abra Ccorao para la evaluación de su seguridad vial - nominal, conforme a la consistencia de diseño y al perfil de velocidades.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

La seguridad vial – nominal de la carretera Enaco - Abra Ccorao dependerá significativamente de la consistencia de diseño geométrico, conforme a los criterios establecidos por Lamm y al perfil de velocidades.

1.5.2. Hipótesis específicos

- **Sub hipótesis N° 1:** Las velocidades de operación del percentil 85 estimadas en curvas y tangentes, de la carretera Enaco - Abra Ccorao, fluctuaran en un rango de 30km/h a 80km/h.
- **Sub hipótesis N° 2:** Las velocidades de operación en curvas y tangentes medidas en campo, de la carretera Enaco - Abra Ccorao., fluctuaran en un rango de 30km/h a 80km/h.
- **Sub hipótesis N° 3:** Los puntos de riesgo para la evaluación de la seguridad vial - nominal representaran más del 50% de la longitud total de la carretera Enaco - Abra Ccorao, conforme a la consistencia de diseño geométrico y al perfil de velocidades.

1.6. Definición de variables

1.6.1. Variables independientes

VI 1. Diseño geométrico.

VI 2. Velocidades medidas en campo.

1.6.2. Indicadores de variables independientes

- Tramos en tangente. (m)
- Curvas horizontales. (m)
- Distancia de visibilidad. (m)
- Curvas verticales. (m)
- Sobre ancho. (m)
- Pendiente. (%)
- Peralte. (%)
- Velocidades medidas de curvas en campo. (Km/h)
- Velocidades medidas de tangentes en campo. (Km/h)

1.6.3. Variables dependientes

VD 1. Consistencia de diseño.

VD 2. Seguridad vial - nominal.

1.6.4. Indicadores de variables dependientes

- Velocidad de operación del percentil 85 estimada. (Km/h)
- Porcentaje de sitios seguros e inseguros. (%)

1.6.5. Cuadro de operacionalización de variables

Tabla: 2 Cuadro de operacionalización de variables

| TIPO DE VARIABLE | NOMBRE | DEFINICIÓN | INDICADOR | UNIDADES | INSTRUMENTO METODOLÓGICO | INSTRUMENTOS DE INGENIERÍA |
|----------------------------|------------------------------|--|---|--|---|---|
| VARIABLE INDEPENDIENTE (X) | DISEÑO GEOMÉTRICO | Es la parte importante dentro de un proyecto de construcción o mejoramiento de una vía, allí se determina su configuración tridimensional, es decir, ubicación y forma geométrica definida para los elementos de la carretera. | Tramos en tangentes. Curvas Horizontales. Distancia de visibilidad. Curvas verticales. Sobreechancho. Pendientes. Peraltes. | .(m) .(m) .(m) .(m) .(%) .(%) | Ficha de recolección y tablas de resultados | .Estación total .Prisma .Porta prisma .GPS .Tripode .Eclímetro .Cinta métrica |
| | VELOCIDADES MEDIDAS EN CAMPO | Hace referencia a las velocidades de operación de los vehículos ligeros y pesados medidas en campo, en el punto medio de la longitud del elemento geométrico, mediante la pistola radar | velocidades medidas en curvas horizontales velocidades medidas en tangentes | .(km/h) .(km/h) | Ficha de recolección y tablas de resultados | .Pistola radar medidor de velocidades |
| TIPO DE VARIABLE | NOMBRE | DEFINICIÓN | INDICADOR | UNIDADES | INSTRUMENTO METODOLÓGICO | INSTRUMENTOS DE INGENIERÍA |
| VARIABLE DEPENDIENTE (Y) | CONSISTENCIA DE DISEÑO | Grado de adecuación entre el comportamiento de la vía y las expectativas del conductor | Velocidad de operación (V85) estimada en curvas horizontales. Velocidades de operación (V85) estimada en tangentes. | .Km/h .Km/h | Ficha de recolección y tablas de resultados | - |
| | SEGURIDAD VIAL - NOMIAL | Es el grado de cumplimiento de los criterios y preceptos recogidos en las guías y normativas de diseño representado en porcentaje respecto de los puntos de riesgo o sitios inconsistentes. | Porcentaje de sitios seguros. Porcentaje de sitios inseguros. | .% | Ficha de recolección y tablas de resultados | - |

Fuente: Elaboración Propia (2016)

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO DE LA TESIS

2.1. Antecedentes de la tesis o investigación actual

2.1.1. Antecedentes a nivel nacional

Antecedente N°1

Por: Reinoso Rojas, Víctor Alejandro (2013).

Título: “Análisis de las características geométricas de la ruta PE-06 A en el departamento de Lambayeque con propuesta de solución al empalme PE-1 N en el área metropolitana de Chiclayo”.

Institución: Universidad San Martín de Porras-Lima.

Título profesional: Para optar el título de ingeniero civil.

Tipo de investigación: Pre - Grado.

Resumen: Este proyecto corresponde a una investigación descriptiva sobre el tránsito entre Lambayeque y la sierra de Cajamarca mediante la ruta PE-06 A, proponiendo un empalme en la zona de Moche con la ruta PE-1N, mejorando las condiciones de tráfico y de seguridad para los usuarios, realizando asimismo un análisis específico de las condiciones geométricas de la primera carretera mencionada, dentro del ámbito de la provincia de Chiclayo.

La problemática pone en manifiesto la importancia de conocer una realidad de diseño y de transporte, determinando la existencia de elementos geométricos y la correcta disposición de ellos. El objetivo general es, precisamente, conocer las condiciones geométricas de la vía. Las variables independientes son alineamiento horizontal, vertical y seccionamiento transversal. Los resultados están basados en la reglamentación actual del M.T.C (Jerarquización vial, Tránsito, Diseño de carreteras, Vehículos) y fueron obtenidos por comparación directa.

Conclusión: La conclusión relevante a la que llegó esta tesis es que a lo largo de toda la ruta PE-06 A no existían curvas espirales. También que ciertos tramos rectos no cumplían con las distancias mínimas y/o máximas,

que a ciertas curvas verticales se les podía corregir la velocidad directriz y colocar la señalización para una seguridad ideal. Asimismo, se considera una propuesta para un correcto empalme con la Panamericana norte y se justifica la nueva clasificación de la ruta LA-102 dado el intercambio comercial existente con la provincia de Ferreñafe y el nuevo acceso a las rutas nacionales que se tendría como consecuencia del replanteo de la variante entre Chiclayo y Lambayeque.

Aporte a la tesis: El presente antecedente colaboró a la investigación en la elaboración de los formatos de evaluación del cumplimiento del diseño geométrico en planta y perfil, con respecto a la normatividad peruana de la carretera Enaco Abra - Ccorao.

2.1.2. Antecedentes a nivel internacional

Antecedente N°1

Por: Raoul, Laura (2009).

Título: “Evaluación de la seguridad vial a partir de la consistencia del trazado de la carretera Santa Clara”.

Institución: Universidad Central “Marta Abreu de las Villas”.

Título profesional: Para optar al grado de Magister en ingeniería Civil.

Tipo de investigación: Post - Grado.

Resumen: La presente investigación tuvo como objetivo proponer y aplicar una metodología para la evaluación de la seguridad vial en las vías rurales de interés nacional de dos carriles, en la provincia central de Villa Clara - Cuba, a partir del estudio de los parámetros geométricos de la vía. Para lograr este objetivo se realizó una revisión bibliográfica donde se analizó el estado actual del conocimiento acerca de los parámetros del diseño geométrico que influyen en la seguridad vial, los métodos empleados para su evaluación en otros países y las regulaciones y normas existentes en Cuba sobre el tema. Se elaboró una propuesta de metodología la cual se aplicó a un tramo de una vía declarado como Tramo de Concentración de Accidentes de la provincia de Villa Clara, apoyándose en la documentación



existente de: planta, perfil, sección transversal y control de accesos. Finalmente se realizó un análisis de la seguridad vial a partir de los elementos geométricos que concuerdan con los resultados de la accidentalidad en los lugares estudiados, lo que valida la propuesta inicial.

Conclusión: La presente investigación llegó a las siguientes conclusiones:

Los puntos de posible ocurrencia de accidentes se encontraron a partir de la evaluación del trazado de la carretera y se encuentran entre las estaciones 0+890.344 hasta 1+091.700 y entre 4+601.507 hasta 4+780.220. Asimismo con la confección de la hoja de Excel programada para la aplicación del método cubano se facilita la evaluación de la consistencia del trazado en carreteras de 2 carriles en Cuba.

Aporte a la tesis: El presente antecedente cooperó a la investigación en los conocimientos acerca de los parámetros de diseño geométrico que influyen en la seguridad vial, asimismo apporto a entender sobre los conceptos para la evaluación de la consistencia.

Antecedente N°2

Por: García Depestre, Rene (2012).

: Delgado Martínez, Domingo (2012).

: Díaz García, Eduardo (2012).

Título: “Modelos de perfil de velocidad para evaluación de consistencia del trazado en carreteras de la provincia de Villa Clara, Cuba.”

Institución: Universidad Central de las Villas, Santa Clara, Villa Clara.

Resumen: Entre los aspectos relativos a la carretera que influyen en la accidentalidad, tiene un gran peso el diseño geométrico, internacionalmente el método más empleado para la evaluación del diseño es a partir de la consistencia del trazado con modelos de perfil de velocidades de operación. Cuba no cuenta con modelos que consideren las características de carreteras y conductores, por tanto desarrollar modelos de predicción de velocidades para la evaluación de la consistencia del



trazado. El desarrollo de modelos de predicción del perfil de velocidades de operación para diferentes condiciones de alineación en carreteras rurales de dos carriles en el contexto de Cuba, se efectúa a partir de características geométricas y velocidades puntuales, con análisis estadístico de las principales variables que relacionan la velocidad con el diseño. Una vez desarrollados los modelos, se aplican a un tramo de carretera declarado como tramo de concentración de accidentes (TCA) de la provincia de Villa Clara localizada en la región central de Cuba, los resultados obtenidos confirman la validez de los modelos desarrollados para determinar los perfiles de velocidad de operación y de esta forma, evaluar la consistencia del trazado, con el objetivo de detectar los lugares de mayores dificultades con relación al trazado.

Conclusiones: La presente investigación llegó a las siguientes conclusiones:

La aplicación de estos modelos permite localizar los puntos con dificultades en el trazado y determinar la evaluación de la consistencia del trazado de un tramo de carretera para ambos sentidos de circulación.

De igual manera demuestra que, en el tramo de carretera Santa Clara – Hatillo, un factor de riesgo para la seguridad vial lo constituye, la evaluación de la consistencia del trazado para ambos sentidos de circulación, siendo necesario proponer medidas que contribuyan a la disminución de la accidentalidad.

Aporte a la tesis: El presente antecedente contribuyó a la investigación, a entender sobre la construcción de un perfil de velocidades, identificando los tramos inseguros o puntos de riesgo de manera didáctica.

Antecedente N°3

Por: Posada Henao, John Jairo (2014).

: Cadavid Agudelo, Sara (2014).

: Castro Gómez, Laura (2014).



Título: “Consistencia en el diseño predicción de la velocidad de operación en carreteras”.

Institución: Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

Resumen: La consistencia es un concepto utilizado, entre otros, para evaluar parte de la seguridad en las carreteras, tanto en la fase de diseño como en la de operación; por ejemplo, identificando la variación de la velocidad de operación con respecto a la velocidad de diseño a lo largo de una carretera. En este artículo se presenta el concepto de consistencia en el diseño de carreteras y sus diferentes enfoques, mostrando los principales modelos que se han aplicado y que se aplican actualmente según el perfil de velocidad, el cual se basa en la velocidad de operación a la cual se observa que los conductores operan sus vehículos en condiciones de flujo libre a lo largo de la carretera. Con el fin de simplificar los modelos de predicción de velocidad de operación, pero sin perder la calidad de los resultados, se presenta una propuesta para unificar varios de los modelos existentes que posean características similares, obteniendo como resultado altos coeficientes de correlación que soportan su validez. Además, se hacen unas recomendaciones para desarrollar futuros modelos aplicados a las condiciones colombianas para carreteras con calzada sencilla bidireccional o unidireccional y para dobles calzadas.

Conclusiones: En esta investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

Se pudieron encontrar modelos para predecir la velocidad de operación de los vehículos, que unifican algunos existentes, con altos coeficientes de correlación indicando su validez; sin embargo, algunos presentan variaciones superiores a 10 km/h con respecto al modelo original. Se determina que el modelo unificado que mejor se ajusta a los modelos originales es el que relaciona curvas horizontales con pendientes entre 0% y 4%, que muestra variación no mayor a 5 km/h.

Aporte a la tesis: El presente antecedente contribuyó a la investigación, en entender sobre la aplicación de las fórmulas de predicción de



velocidades en curvas y tangentes, asimismo sobre la sección de la vía y el perfil de velocidades.

Antecedente N°4

Por: Felipe Chiquitó, Erlin Aroldo (2014).

Título: “Análisis de consistencia de trazado en caminos de montaña, en la república de Guatemala”.

Institución: Universidad de San Carlos de Guatemala.

Resumen: La consistencia del trazado se refiere a la situación en la cual la geometría de la carretera concuerda con las expectativas del conductor. La mayoría de métodos que evalúan la consistencia del trazado están basados en el análisis del perfil de la velocidad operación.

En la presente tesis, se desarrolla un modelo propio para la predicción de velocidades en curvas y se valida el modelo propuesto por Lamm et al. (1999), para la predicción de velocidades en tangentes, esto con el objetivo de construir el perfil de velocidades en los caminos de montaña.

Guatemala por su topografía, muchos de sus caminos son de dos carriles y están ubicados en zonas montañosas, por lo que es de suma importancia contar con una herramienta que permita evaluar la seguridad de los diseños geométricos.

El modelo que se desarrolla se validó en un departamento distinto de donde fue obtenido, con el objetivo de demostrar que es transferible y así poder utilizarlo para evaluar el nivel de seguridad en caminos de montaña a nivel nacional.

En el último capítulo se realiza un ejemplo práctico, de cómo se emplean los modelos de predicción de velocidades para evaluar la consistencia del trazado, utilizando para ello los umbrales de seguridad propuestos por Lamm et al. (1999).

Conclusiones: En esta investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

La comprobación del modelo desarrollado proporcionó resultados satisfactorios, después de comparar las velocidades medidas con las velocidades estimadas.

Se demostró que los parámetros usados para el diseño de caminos no varían, según la zona del país, sino más bien, varían por la topografía del terreno.

Por los resultados estadísticos obtenidos, se concluye que el modelo para caminos de montaña desarrollado en Baja Verapaz es transferible a otros departamentos del país.

Aporte a la tesis: El presente antecedente apporto en la investigación:

- A determinar las características y parámetros de datos obtenidos de velocidades de operación en campo.
- A entender más el concepto del percentil 85.
- A la elaboración de formatos de recolección y análisis de datos de consistencia de diseño y predicción de velocidades.
- A determinar la muestra respecto a la cantidad de mediciones de velocidades en campo de cada elemento geométrico.
- A determinar las características y parámetros de consistencia de diseño de acuerdo a los criterios establecidos por Lamm.

2.2. Aspectos teóricos pertinentes

En este capítulo se presentan los conceptos básicos asociados a esta investigación. Esencialmente se analizaron los conceptos de diseño geométrico, consistencia de diseño y sus criterios de aplicación, así como también modelos de estimación de velocidad para curvas y tangentes.

2.3. Diseño geométrico

De acuerdo a Cárdenas J., (2002 p.1) el diseño geométrico es la parte más importante dentro de un proyecto de construcción o mejoramiento de una vía, pues allí se determina su configuración tridimensional, es decir, la ubicación y la forma geométrica definida para los elementos de la carretera; de manera

que ésta sea funcional, segura, cómoda, estética, económica y compatible con el medio ambiente.

Por otra parte Céspedes, J. (2001 p.27) define el diseño geométrico como el trazado del eje definitivo, a la determinación de los volúmenes de tierra a mover, a la estimación de las cantidades de obra a ejecutarse el replanteo de la vía en el terreno. Este proceso se divide en dos etapas: anteproyecto y proyecto, cada una de enlaces diferentes.

2.3.1. Etapas para realizar estudios de una carretera

Céspedes, J. (2001 p.25) describe en su libro “Carreteras Diseño Moderno” que desde el momento en que se ha decidió el enlace de varios puntos de una región mediante una vía hasta su puesta en servicio, es necesario y completar cada una de las siguientes etapas:

1. Estudios económicos: justificación económica del proyecto pre factibilidad y factibilidad.
2. Estudios de planeación de caminos.
3. Estudios de reconocimiento de ruta y selección de ruta.
4. Diseño de caminos y estudios preliminares definitivo.

2.3.2. Construcción de la carretera

Según Céspedes, J. (2001 p.27), la construcción de las vías es la materialización de una concepción que se encuentra detalladamente plasmada en los planos de diseño y que por lo tanto su ejecución se tendrá que realizar siguiendo fielmente con las especificaciones indicadas en estos. Es la etapa que en definitiva pondrá a prueba el arte, el ingenio y la técnica que el ingeniero haya desarrollado durante el estudio y el diseño.

2.3.3. La seguridad en las normas de diseño geométrico

Hauer E. (2000 p.6-16), conceptualiza que “los proyectistas viales tienen demasiada confianza en los comités que formulan y mejoran las normas de diseño geométrico, sin saber que muchas de las hipótesis sobre las que se basan no están bien fundamentadas” a continuación se presentan tres casos que él analizó.



- **Primer caso:** La elección del ancho de calzada, inicialmente, se basó en la conjetura de que los conductores viraban a la derecha cuando veían venir un vehículo en sentido contrario lo que generó el paradigma de que a mayor separación entre vehículos opuestos, significaba una mayor seguridad, es decir, las primeras especificaciones para el diseño geométrico de la AASHTO se basaron en un comportamiento de conducción y no sobre la seguridad vial.
- **Segundo caso:** El procedimiento desarrollado para el diseño de curvas horizontales no se basó sobre información de ocurrencia de accidentes, sino sobre las ciencias físico-matemáticas, el problema fundamental de esta concepción es que no incluye al conductor en ningún momento, lo que hace que el escenario previsto no concuerde con la realidad. La fricción lateral y el peralte, son parte de este paradigma, pero lo que han observado varios investigadores es que no todos los vehículos que se accidentan en una curva salen por la parte externa de la curva, sino que muchos de ellos salen por la parte interna, es decir, no es un problema de fricción sino que se debe a que el conductor no tiene la suficiente visibilidad para advertir que viene en el alineamiento.

La seguridad en las curvas horizontales no debería ser muy diferente que las secciones rectas del camino, pero investigadores alrededor del mundo demostraron que los choques en estos elemento son más frecuentes que en las rectas.

En el Perú este efecto se agudiza debido a que para el trazado de las carreteras en zonas accidentados y escarpadas, generalmente, se utilizan los radios mínimos seguros, según lo recomendado por las normas peruanas.

- **Tercer caso:** El elemento fundamental en el trazo de las curvas verticales es la distancia de visibilidad de detención, la cual depende del tiempo de reacción, la fricción, altura de los ojos del conductor y la altura del objeto, al igual que las curvas horizontales y el ancho

del carril, en este procedimiento no se relacionó la frecuencia y la gravedad de accidentes con la elección de parábolas de diseño.

Con estos tres casos, Hauer, E. (2000), hace una dura crítica a los comités que formulan las normas de diseño, de lo que al final de su artículo se disculpa, pero el punto que él busca es hacer entender a los proyectistas viales que ninguna norma puede superar el buen criterio de un diseñador con experiencia, inclusive, recomienda que no se debe permitir diseñar a ingenieros viales que no entiendan el concepto de la seguridad vial.

Es así que el conductor para la elección de los distintos elementos de un alineamiento, debe basarse en su seguridad, objetivo buscado desde un principio pero que por una u otra razón se perdió en el camino.

2.3.4. Origen del concepto de la velocidad de diseño

Felipe E. (2014 p.3) menciona en su investigación que el concepto de la velocidad de diseño ha evolucionado durante el transcurso de los años, Barnett (1936) definió la velocidad de diseño como "la máxima velocidad, razonablemente, uniforme que adoptaría el grupo más rápido de conductores, una vez alejados de zonas urbanas", concepto que adoptaría la AASTHO en 1938 realizándole una pequeña corrección "la velocidad de diseño es la velocidad máxima, aproximadamente, uniforme que, probablemente, será adoptada por el grupo más rápido de conductores, pero no, necesariamente, por el pequeño porcentaje de imprudentes". Pero no fue sino hasta la década de los 60 cuando se inició darle importancia a la verdadera velocidad de conducción con el objetivo de poder evaluar los parámetros de diseño.

2.3.5. Uso actual de la velocidad de diseño

La velocidad de diseño, según el Manual DG-2014 es un dato importante en el proceso del diseño geométrico de carreteras, su selección es todo un reto para los proyectistas. Con el paso del tiempo el diseño geométrico de caminos se ha vuelto a enfocar en la seguridad vial, objetivo buscado desde un principio, un claro ejemplo de esto es la evolución del concepto de la velocidad de diseño a lo largo del tiempo:

El Manual (DG – 2001 p. 229-230). Definió el concepto de la velocidad de diseño como:

La velocidad de diseño es la velocidad seleccionada para fines del diseño vial y que condiciona las principales características de la carretera, tales como: curvatura, peralte y distancia de visibilidad, de las cuales depende la operación segura y cómoda de los vehículos.

Este concepto del DG-2001, simplemente, es una traducción del concepto que se extrae del Green Book de la AASHTO 1994, concepto que fue modificado a medida que transcurrían los años.

A continuación se muestra el concepto que contiene la última versión del Manual DG – 2014 que entro en vigencia el 28 de Junio del 2015.

El Manual (DG – 2014 p.100) definió la velocidad de diseño de la siguiente manera:

Es la velocidad escogida para el diseño, entendiéndose que será la máxima que se podrá mantener con seguridad y comodidad, sobre una sección determinada de la carretera, cuando las circunstancias sean favorables para que prevalezcan las condiciones de diseño.

En el proceso de asignación de la Velocidad de Diseño, se debe otorgar la máxima prioridad a la seguridad vial de los usuarios.

Como se pudo ver, este es un concepto mucho más coherente y fácil de entender, además, menciona que la velocidad de diseño debe estar en concordancia con la velocidad de operación, concepto que a continuación se amplia.

2.3.6. Crítica al proceso de selección de la velocidad de diseño

(Felipe E. 2014 p.12) La crítica a la selección de la velocidad de diseño, es que en ninguna etapa del proceso se incluye al conductor, es decir que nos olvidamos de enlazar nuestras ecuaciones con la realidad, esto no es raro como indica Hauer E.(2000), debido a que la cuna de los ingenieros viales es la ingeniería civil, ingeniería que no tiene el hábito de diseñar algo con el que interactúen las personas, ahora bien los ingenieros viales tienen que

saber que un camino interactúa con el conductor y viceversa, es decir que, el conductor reaccionará conforme al diseño.

A continuación se describe el proceso de la selección de la velocidad de diseño propuesto por el Manual DG-2014 con el objetivo demostrar que en ninguna etapa se incluye al conductor.

2.3.7. Proceso de selección de la velocidad de diseño

El proceso propuesto por el Manual DG-2014 para diseñar un camino inicia por la selección de la velocidad de diseño y, los factores usados para seleccionarla son: La clasificación de la vía y clasificación según condiciones orográficas, conceptos que se amplían a continuación:

2.3.7.1. Clasificación de la vía

El Manual de Diseño Geométrico de carreteras. (2014) clasifica la vía en función a la demanda de la siguiente manera:

2.3.7.1.1. Autopista de primera clase.

Son aquellas carreteras con el IMDA (Índice Medio Diario Anual) mayor a 6.000 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central mínimo de 6,00 m; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3,60 m de ancho como mínimo, con control total de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos, sin cruces o pasos a nivel y con puentes peatonales en zonas urbanas.

2.3.7.1.2. Autopista de segunda clase

Son aquellas carreteras con un IMDA entre 6.000 y 4.001 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central que puede variar de 6,00 m hasta 1,00 m, en cuyo caso se instalará un sistema de contención vehicular; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3,60 m de ancho como mínimo, con control parcial de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos; pueden tener cruces o pasos vehiculares a nivel y puentes peatonales en zonas urbanas.

2.3.7.1.3. Carreteras de primera clase

Son aquellas carreteras con un IMDA entre 4.000 y 2.001 veh/día, de con una calzada de dos carriles de 3,60 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad.

2.3.7.1.4. Carretera de segunda clase

Son aquellas carreteras con IMDA entre 2.000 y 400 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3,30 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad.

2.3.7.1.5. Carretera de tercera clase

Son aquellas carreteras con IMDA menores a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3,00 m de ancho como mínimo. De manera excepcional estas vías podrán tener carriles hasta de 2,50 m, contando con el sustento técnico correspondiente.

Estas carreteras pueden funcionar con soluciones denominadas básicas o económicas, consistentes en la aplicación de estabilizadores de suelos, emulsiones asfálticas y/o micro pavimentos; o en afirmado, en la superficie de rodadura. En caso de ser pavimentadas deberán cumplirse con las condiciones geométricas estipuladas para las carreteras de segunda clase.

2.3.7.1.6. Trocha carrozable

Son aquellas vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un IMDA menor a 200 veh/día. Sus calzadas deben tener un ancho mínimo de 4,00 m, en cuyo caso se construirá ensanches denominados plazoletas de cruce, por lo menos cada 500 m. La superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar.

2.3.7.2. Índice medio diario anual (IMDA)

El (DG – 2014) define al Índice Medio Diario Anual (IMDA) como el valor numérico estimado del tráfico vehicular en un determinado tramo de la red vial en un año. El IMDA es el resultado de los conteos volumétricos y clasificación vehicular en campo en una semana, y un factor de corrección que estime el comportamiento anualizado del tráfico de pasajeros y mercancías.

El IMDA se obtiene de la multiplicación del Índice Medio Diario Semanal (IMDS) y el Factor de Corrección Estacional (FC) como se muestra en la siguiente expresión:

$$\text{IMDA} = \text{IMDS} \times \text{FC}$$

Dónde:

IMDS: representa el Índice Medio Diario Semanal o Promedio de Tráfico Diario Semanal.

FC: representa el Factor de Corrección Estacional.

El Índice Medio Diario Semanal (IMDS) se obtiene a partir del volumen de tráfico diario registrado por tipo de vehículo en un tramo de la red vial durante 7 días como se muestra en la siguiente expresión:

$$\text{IMDS} = \sum V_i / 7$$

Dónde:

$\sum V_i$: Sumatoria del volumen de tráfico diario durante 7 días.

2.3.7.2.1. Vehículo de diseño

Conforme al Reglamento Nacional de Vehículos, descrito por el (DG – 2014 p.27) se consideran como vehículos ligeros aquellos correspondientes a las categorías L (vehículos automotores con menos de cuatro ruedas) y M1 (vehículos automotores de cuatro ruedas diseñados para el transporte de pasajeros con ocho asientos o menos, sin contar el asiento del conductor).

De igual manera serán considerados como vehículos pesados, los pertenecientes a las categorías M (vehículos automotores de cuatro ruedas diseñados para el transporte de pasajeros, excepto la M1), N (vehículos automotores de cuatro ruedas o más, diseñados y construidos para el transporte de mercancías), O (remolques y semirremolques) y S (combinaciones especiales de los M, N y O).

2.3.7.2.2. Ubicación de la estación de conteo vehicular

Rosales E.,(2011 p.15) recomienda para la ubicación de las estaciones de conteo vehicular con fines de estudio de tráfico 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.

2.3.7.3. Clasificación según condiciones orográficas

El manual de diseño geométrico de carreteras. (DG – 2014 p.14) clasifica la vía en función a la orografía de la siguiente manera:

2.3.7.3.1. Terreno plano (tipo 1)

Son aquellas vías que tienen pendientes transversales al eje de la vía menor o iguales al 10% y sus pendientes longitudinales son por lo general menores de tres por ciento (3%), demandando un mínimo de movimiento de tierras, por lo que no presenta mayores dificultades en su trazado.

2.3.7.3.2. Terreno ondulado (tipo 2)

Son aquellas vías que tienen pendientes transversales al eje de la vía entre 11% y 50% y sus pendientes longitudinales se encuentran entre 3% y 6 %, demandando un moderado movimiento de tierras, lo que

permite alineamientos más o menos rectos, sin mayores dificultades en el trazado.

2.3.7.3.3. Terreno accidentado (tipo 3).

Son aquellas vías que tienen pendientes transversales al eje de la vía entre 51% y el 100% y sus pendientes longitudinales predominantes se encuentran entre 6% y 8%, por lo que requiere importantes movimientos de tierras, razón por la cual presenta dificultades en el trazado.

2.3.7.3.4. Terreno escarpado (tipo 4).

Son aquellas vías que tienen pendientes transversales al eje de la vía superiores al 100% y sus pendientes longitudinales excepcionales son superiores al 8%, exigiendo el máximo de movimiento de tierras, razón por la cual presenta grandes dificultades en su trazado.

Como se puede observar, la selección de la velocidad de diseño obvia por completo las expectativas del conductor, varios investigadores han detectado este error y su búsqueda de la solución dio origen a varios enfoques para evaluar la consistencia del diseño geométrico, que se demostrara posteriormente en el ítem 2.5.4.

2.3.8. Diseño geométrico en planta

Según el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, (DG - 2014 p.134) el diseño geométrico en planta o alineamiento horizontal, está constituido por alineamientos rectos, curvas circulares y de grado de curvatura variable, que permiten una transición suave al pasar de alineamientos rectos a curvas circulares o viceversa o también entre dos curvas circulares de curvatura diferente.

Asimismo Cárdenas J., (2002 p.34) define el diseño geométrico en planta de una carretera, o alineamiento horizontal, como la proyección sobre un plano horizontal de su eje real o espacial. Dicho eje horizontal está constituido por una serie de tramos rectos denominados tangentes, enlazados entre sí por curvas.

(Laurina. R. 2009 p.22) Para realizar cualquier estudio sobre seguridad se deben analizar todos los elementos que se dividen el diseño (planta, perfil y sección transversal) para concebir una carretera completa y funcional que cumpla los objetivos de seguridad vial y comodidad para los usuarios y compatibilidad con el medio ambiente, es decir que su construcción sea sostenible y los beneficios esperados sean muchos mayores que los costos.

2.3.8.1. Consideraciones de diseño

(DG – 2014 p.135) Algunos aspectos a considerar en el diseño en planta:

- Deben evitarse tramos con alineamientos rectos demasiado largos. Tales tramos son monótonos durante el día, y en la noche aumenta el peligro de deslumbramiento de las luces del vehículo que avanza en sentido opuesto. Es preferible reemplazar grandes alineamientos, por curvas de grandes radios.
- Para las autopistas de primer y segundo nivel, el trazado deberá ser más bien una combinación de curvas de radios amplios y tangentes no extensas.
- En el caso de ángulos de deflexión Δ pequeños, iguales o inferiores a 5° , los radios deberán ser suficientemente grandes para proporcionar longitud de curva mínima L obtenida con la fórmula siguiente:

$$L > 30 (10 - \Delta), \Delta < 5^\circ$$

(L en metros; Δ en grados)

- En carreteras de tercera clase no será necesario disponer curva horizontal cuando la deflexión máxima no supere los valores del siguiente cuadro (Tabla 26).

2.3.8.2. Tramos en tangente

Las longitudes mínimas admisibles y máximas deseables de los tramos en tangente, está en función a la velocidad de diseño, el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, (DG – 2014 p.137) aplica las siguientes fórmulas para el cálculo de estas:

$L_{\text{mín.s}} : 1,39 V$ $L_{\text{mín.o}} : 2,78 V$ $L_{\text{máx}} : 16,70 V$

Dónde:

$L_{\text{mín.s}}$: Longitud mínima (m) para trazados en "S" (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura de sentido contrario).

$L_{\text{mín.o}}$: Longitud mínima (m) para el resto de casos (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura del mismo sentido).

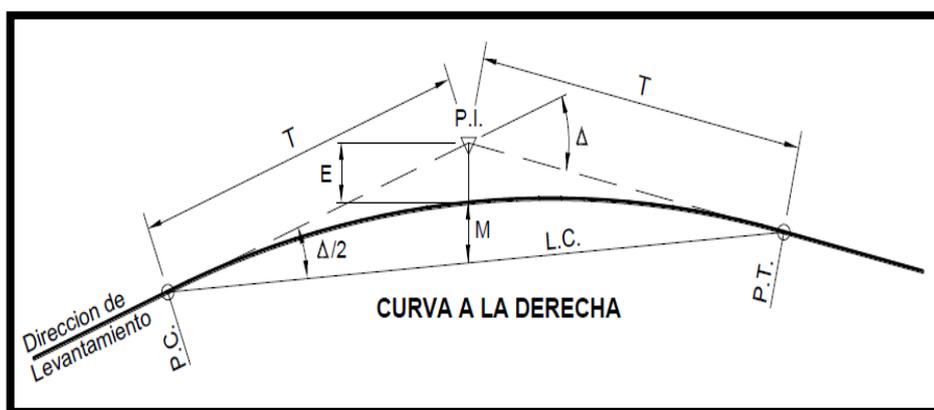
$L_{\text{máx}}$: Longitud máxima deseable (m).

V : Velocidad de diseño (km/h).

2.3.8.3. Curvas circulares

Céspedes J., (2011 p.217) define a las curvas circulares como "arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas se expresan ya sea por su radio o por el ángulo subtendido por su arco o cuerda".

De acuerdo al Manual de Diseño de Carreteras, (DG - 2014 p.237) las curvas circulares simples son arcos de circunferencia de un solo radio que unen dos tangentes consecutivas, conformando la proyección horizontal de las curvas reales o espaciales.



Fuente: Manual de Diseño (DG-2014).

Figura: 4 Simbología de la Curva Circular



Dónde:

P.C. = Punto de Inicio de la Curva.

P.I. = Punto de Intersección.

P.T. = Punto de Tangencia.

E = Distancia a Externa (m.)

M = Distancia de la Ordenada Media (m.)

R = Longitud del Radio de la Curva (m.)

T = Longitud de la Subtangente.

L = Longitud de la Curva (m.)

L.C. = Longitud de la Cuerda (m.)

Δ = Angulo de Deflexión. (°)

Formulas:

$$T = R \tan \Delta / 2$$

$$L.C. = 2 R \sin \Delta / 2$$

$$L = 2 \pi R (\Delta / 360)$$

$$M = R [1 - \cos (\Delta / 2)]$$

$$E = R [\sec (\Delta / 2) - 1]$$

2.3.8.4. Radios mínimos

Los radios mínimos de curvatura horizontal son los menores radios que pueden recorrerse con la velocidad de diseño y la tasa máxima de peralte, en condiciones aceptables de seguridad y comodidad, para cuyo cálculo puede utilizarse la siguiente fórmula:

$$R_{\text{mín}} = \frac{V^2}{127(P_{\text{máx}} + f_{\text{máx}})}$$

Dónde:

$R_{\text{mín}}$: Radio Mínimo. (m)

V : Velocidad de diseño. (Km/h)

$P_{\text{máx}}$: Peralte máximo asociado a la V . (%)

$f_{\text{máx}}$: Coeficiente de fricción transversal máximo asociado a la V .

Para el caso de carreteras de Tercera Clase, aplicando la fórmula que a continuación se indica, se obtienen los valores precisados en la tabla 29:

$$R_{\text{mín}} = \frac{V^2}{127(0,01e_{\text{máx}} + f_{\text{máx}})}$$

Dónde:

$R_{\text{mín}}$: mínimo radio de curvatura. (m)

$e_{\text{máx}}$: valor máximo del peralte. (%)

$f_{\text{máx}}$: factor máximo de fricción.

V : velocidad específica de diseño. (Km/h)

2.3.8.5. Clasificación de curvas circulares

Las curvas circulares se clasifican en simples, compuestas e inversas o reversas de acuerdo a Céspedes J., (2011 p.217) como se muestran a continuación:

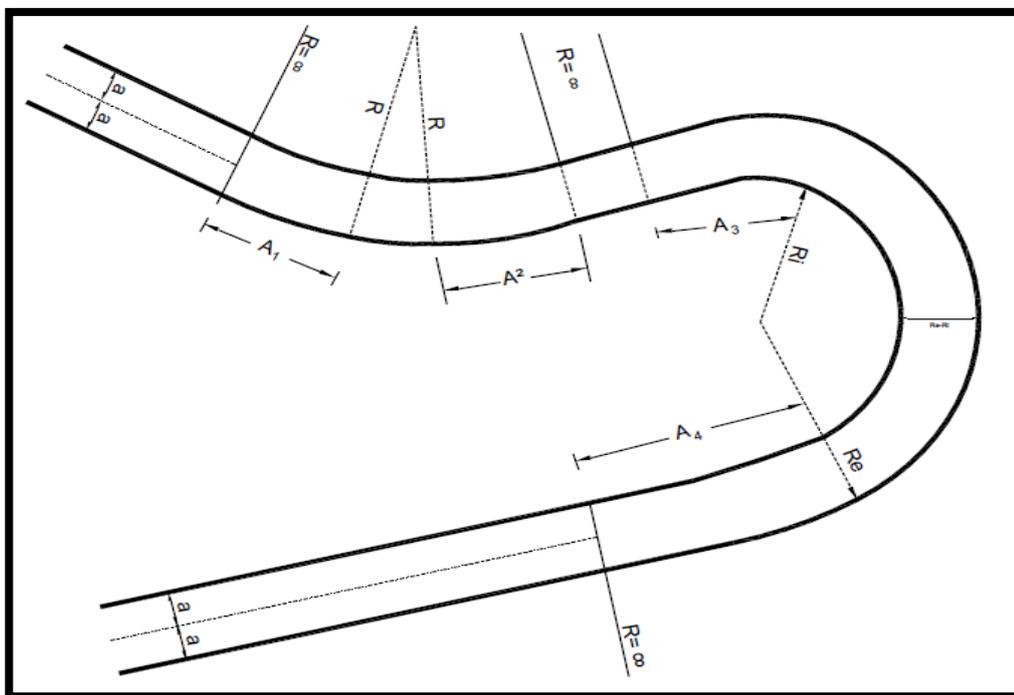
- Curvas simples: es un arco circular que une dos tangentes.
- Curvas compuestas: es una curva formada por dos o más curvas circulares contiguas y de diferente radio que cruzan hacia el mismo lado. A los puntos de tangentes se les llama PCC, que significa punto de curvatura compuesta.
- Curvas inversas o reversas: Es una curva formada por dos curvas que tienen su centro a lado opuesto de la tangente en común, siendo sus radios iguales o diferentes. El punto de contacto se llama PCR, que significa punto de curvatura revertida.

- Curvas de transición: son curvas espirales que tienen por objetivo evitar la discontinuidad en la curva de trazado a fin de pasar de la sección transversal con bombeo.

2.3.8.6. Curvas de vuelta

El Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, (DG - 2014 p.165) define a las curvas de vuelta como aquellas curvas que se proyectan sobre una ladera, en terrenos accidentados, con el propósito de obtener o alcanzar una cota mayor, sin sobrepasar las pendientes máximas, y que no es posible lograr mediante trazados alternativos (p.165).

Por lo general, las ramas pueden ser alineamientos rectos con sólo una curva de enlace intermedia, y según el desarrollo de la curva de vuelta, dichos alineamientos pueden ser paralelas entre sí, divergentes, etc. En tal sentido, la curva de vuelta quedará definida por dos arcos circulares de radio interior " R_i " y radio exterior " R_e ".



Fuente: Manual de Diseño (DG-2014).

Figura: 5 Ilustración de la Curva Compuesta

2.3.8.7. Distancia de visibilidad

Es la longitud continua hacia adelante de la carretera, que es visible al conductor del vehículo para poder ejecutar con seguridad las diversas maniobras a que se vea obligado o que decida efectuar. En los proyectos se consideran dos distancias de visibilidad de acuerdo al Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG - 2014 pág.108):

- Visibilidad de parada.
- Visibilidad de paso o adelantamiento.

2.3.8.8. Distancia de visibilidad de parada

Es la mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad de diseño, antes de que alcance un objetivo inmóvil que se encuentra en su trayectoria.

La distancia de parada sobre una alineación recta de pendiente uniforme, se calcula mediante la siguiente fórmula expresada:

$$D_p = \frac{V * t_p}{3.6} + \frac{V^2}{254(f \pm i)}$$

Dónde:

D_p: Distancia de parada (m).

V : Velocidad de diseño. (Km/h)

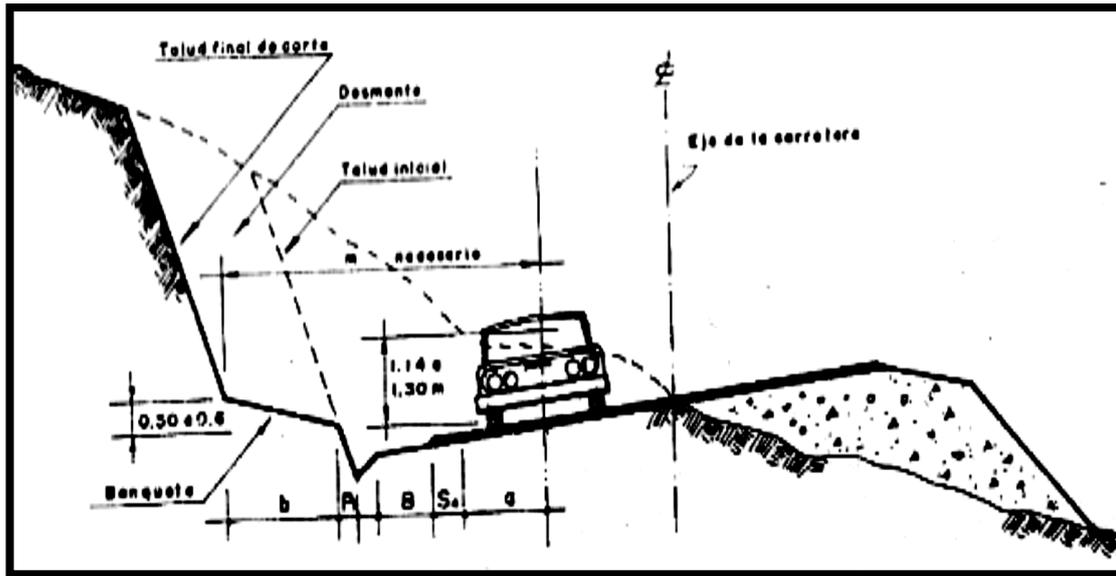
t_p : Tiempo de percepción + reacción (s)

f : Coeficiente de fricción.

i : Pendiente longitudinal (tanto por uno).

+i : Subidas respecto al sentido de circulación.

-i : Bajadas respecto al sentido de circulación.



Fuente: Resumen Manual de Diseño Merino R. (2016).

Figura: 6 Distancia de visibilidad en curvas horizontales

2.3.8.9. Sobre ancho en curvas

De acuerdo a Cárdenas J., (2002 p.227) cuando un vehículo circula por una curva horizontal ocupa un ancho de calzada mayor que en recta. Esto es debido a que por la rigidez y dimensiones del vehículo sus ruedas traseras siguen una trayectoria distinta a las de las ruedas delanteras, ocasionando dificultad a los conductores para mantener su vehículo en el eje del carril de circulación correspondiente. En estas circunstancias y con el propósito de que las condiciones de operación de los vehículos en las curvas sean muy similares a las de en recta, la calzada en las curvas debe ensancharse. Este aumento del ancho se llama sobre ancho.

El sobre ancho variará en función del tipo de vehículo, del radio de la curva y de la velocidad de diseño y se calculará con la siguiente fórmula descrita en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, (DG - 2014 p.174).

$$Sa = n \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

Dónde:

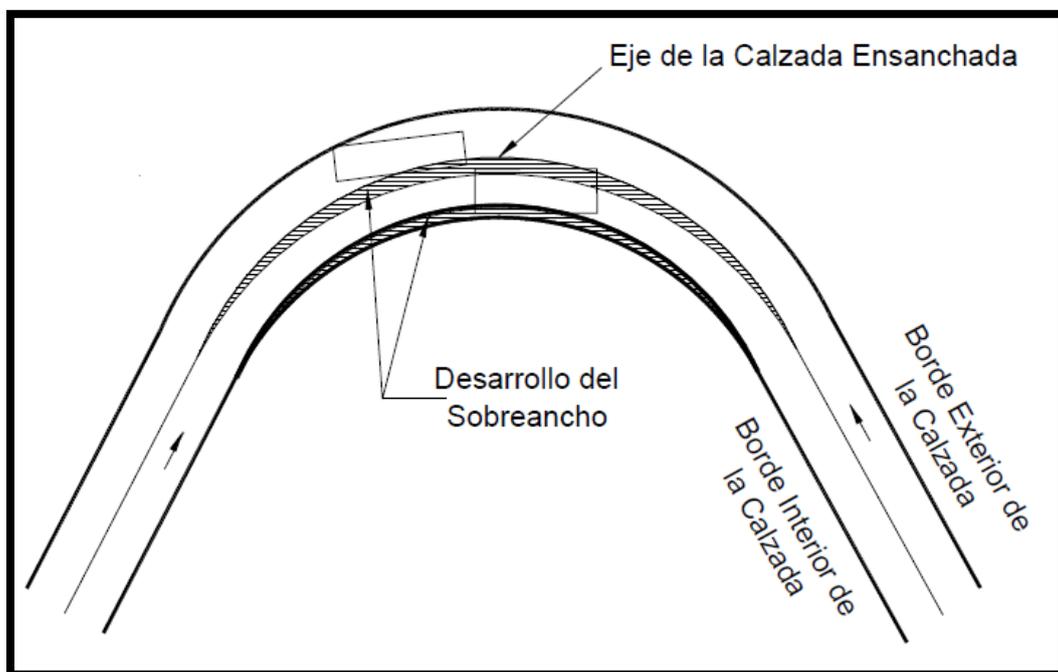
Sa: Sobre ancho (m).

n : Número de carriles.

R : Radio (m).

L : Distancia entre eje posterior y parte frontal (m).

V : Velocidad de diseño (km/h).



Fuente: Manual de Diseño (DG-2014).

Figura: 7 Sobre ancho

2.3.9. Diseño geométrico en perfil

Cárdenas J., (2002 p.265) define el diseño geométrico en perfil como la proyección del eje real o espacial de la vía sobre una superficie vertical paralela al mismo. Debido a este paralelismo dicha proyección mostrará la longitud real del eje de la vía, a este eje se le denomina rasante o sub rasante.

2.3.9.1. Pendiente

Céspedes J., (2001 p.245) define la pendiente de una carretera como la tangente trigonométrica del ángulo de inclinación cuando el radio es igual a la unidad.

Pendientes mínimas: Es conveniente proveer una pendiente mínima del orden de 0,5%, a fin de asegurar en todo punto de la calzada un drenaje de las aguas superficiales. Se pueden presentar los siguientes casos particulares Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG - 2014 p.189):

- Si la calzada posee un bombeo de 2% y no existen bermas y/o cunetas, se podrá adoptar excepcionalmente sectores con pendientes de hasta 0,2%.
- Si el bombeo es de 2,5% excepcionalmente podrá adoptarse pendientes iguales a cero.
- Si existen bermas, la pendiente mínima deseable será de 0,5% y la mínima excepcional de 0,35%.
- En zonas de transición de peralte, en que la pendiente transversal se anula, la pendiente mínima deberá ser de 0,5%.

Pendiente máxima: El Manual (DG-2014 p.190) también menciona que es conveniente considerar las pendientes máximas que están indicadas en la Tabla 33, no obstante, se pueden presentar los siguientes casos particulares:

- En zonas de altitud superior a los 3.000 msnm, los valores máximos, se reducirán en 1% para terrenos accidentados o escarpados.
- En autopistas las pendientes de bajada podrán superar hasta en un 2% los máximos.

Pendientes máximas excepcionales

Así mismo el Manual menciona que para pendientes excepcionales, el valor de la pendiente máxima podrá incrementarse hasta en 1%, para

todos los casos. Deberá justificarse técnica y económicamente la necesidad de dicho incremento.

Para carreteras de Tercera Clase deberán tenerse en cuenta además las siguientes consideraciones:

- En el caso de ascenso continuo y cuando la pendiente sea mayor del 5%, se proyectará, más o menos cada tres kilómetros, un tramo de descanso de una longitud no menor de 500 m con pendiente no mayor de 2%. La frecuencia y la ubicación de dichos tramos de descanso, contara con la correspondiente evaluación técnica y económica.
- En general, cuando se empleen pendientes mayores a 10%, los tramos con tales pendientes no excederán de 180 m.
- La máxima pendiente promedio en tramos de longitud mayor a 2.000 m, no debe superar el 6%.
- En curvas con radios menores a 50 m de longitud debe evitarse pendientes mayores a 8%, para evitar que las pendientes del lado interior de la curva se incrementen significativamente.

2.3.9.2. Curvas verticales

Las curvas verticales definida por Céspedes J., (2001 p.262) son aquellas que unen las rasantes que se cortan en las carreteras, tienen por objetivo suavizar los cambios en el movimiento vertical de los vehículos. Contribuyen a la seguridad, comodidad y aspecto de un modo tan importante como las curvas horizontales.

Los tramos consecutivos de rasante, serán enlazados con curvas verticales parabólicas, cuando la diferencia algebraica de sus pendientes sea mayor del 1%, para carreteras pavimentadas y del 2% para las demás.

Dichas curvas verticales parabólicas, son definidas por su parámetro de curvatura K, que equivale a la longitud de la curva en el plano horizontal, en metros, para cada 1% de variación en la pendiente, así:

$$K=L/A$$

Dónde:

K: Parámetro de curvatura.

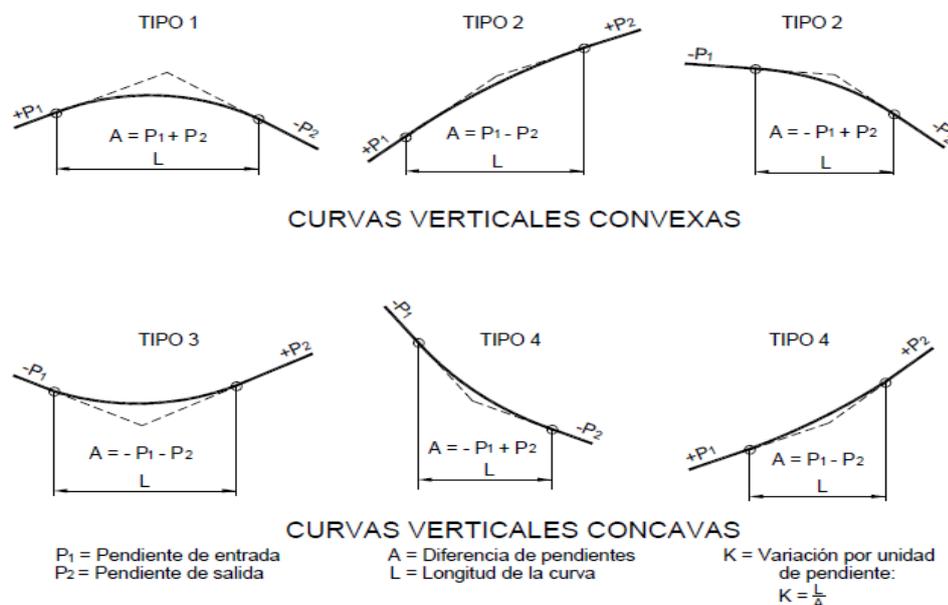
L: Longitud de la curva vertical.

A: Valor Absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes.

2.3.9.3. Clasificación de las curvas verticales

Según el Manual de Diseño de Carreteras, (2014 p.194) las curvas verticales usadas en carreteras como curvas de enlace de los alineamientos rectos longitudinales, pueden ser arcos de círculo, arcos de parábola, de parábola cubica, etc.

Asimismo las curvas verticales pueden ser: Convexas en divisorias, sobre cimas, o sobre crestas. O Cóncavas en vaguada o en columpio.



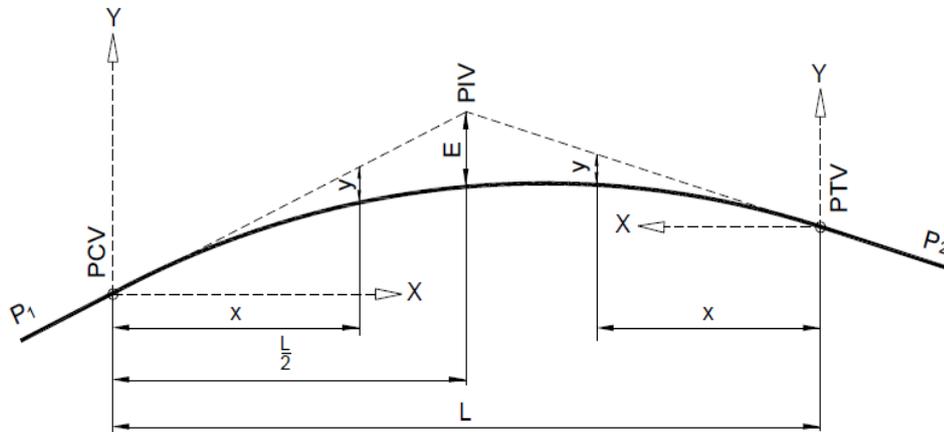
Fuente: Manual de Diseño (DG-2014).

Figura: 8 Tipos de curvas verticales

2.3.9.3.1. Curva vertical simétrica

Conforme lo establece en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, (DG - 2014 p.195) las curvas verticales simétricas está conformada por dos parábolas de igual longitud, que se unen en la proyección vertical del PIV. La curva vertical recomendada es la

parábola cuadrática, cuyos elementos principales y expresiones matemáticas se incluyen a continuación.



Fuente: Manual de Diseño (DG-2014).

Figura: 9 Curvas Verticales Simétricas

Dónde:

PCV : Principio de la curva vertical.

PIV : Punto de intersección de las tangentes verticales.

PTV : Término de la curva vertical.

L : Longitud de la curva vertical, medida por su proyección horizontal, en metros (m).

S1 : Pendiente de la tangente de entrada, en porcentaje (%).

S2 : Pendiente de la tangente de salida, en porcentaje (%).

A : Diferencia algebraica de pendientes, en porcentaje (%).

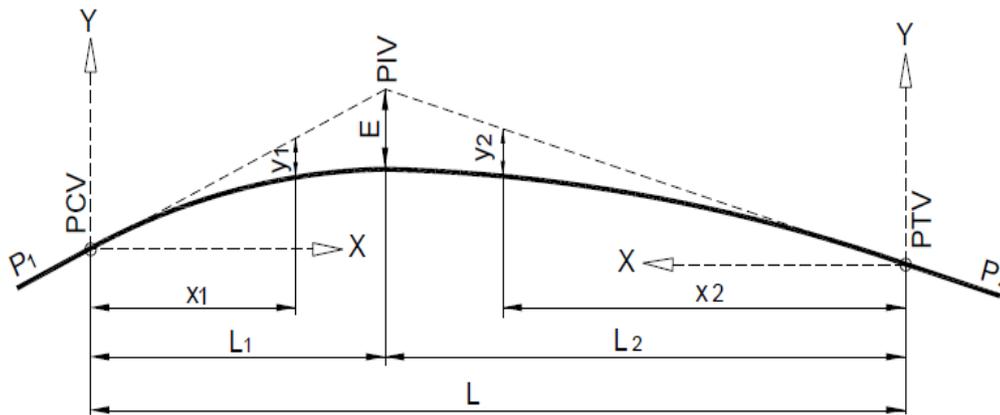
E : Externa. Ordenada vertical desde el PIV a la curva, en metros (m).

X : Distancia horizontal a cualquier punto de la curva desde el PCV o desde el PTV.

Y : Ordenada vertical en cualquier punto, también llamada corrección de la curva vertical.

2.3.9.3.2. Curva vertical asimétrica

Las curvas asimétricas están conformadas por dos parábolas de diferente longitud (L_1 , L_2) que se unen en la proyección vertical del PIV. El Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (2014 p.195) lo presenta en el libro de la siguiente manera.



Fuente: Manual de Diseño (DG-2014).

Figura: 10 Curvas verticales asimétricas

Dónde:

PCV : Principio de la curva vertical.

PIV : Punto de intersección de las tangentes verticales.

PTV : Término de la curva vertical.

L : Longitud de la curva vertical, medida por su proyección horizontal, en metros (m), se cumple: $L = L_1 + L_2$ y $L_1 \neq L_2$.

S1 : Pendiente de la tangente de entrada, en porcentaje (%).

S2 : Pendiente de la tangente de salida, en porcentaje (%).

L1 : Longitud de la primera rama, medida por su proyección horizontal en metros (m).

L2 : Longitud de la segunda rama, medida por su proyección horizontal, en metros (m).

A : Diferencia algebraica de pendientes, en porcentaje (%).

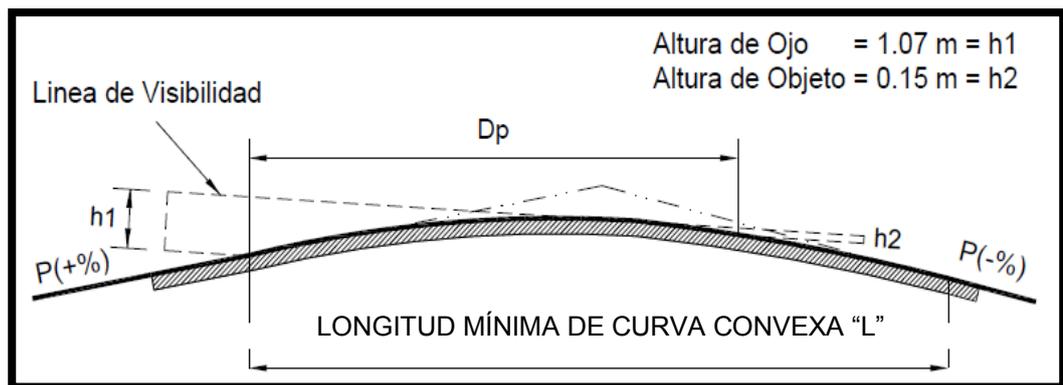
E : Externa. Ordenada vertical desde el PIV a la curva, en metros (m).

- X1 : Distancia horizontal a cualquier punto de la primera rama de la curva medida desde el PCV.
- X2 : Distancia horizontal a cualquier punto de la segunda rama de la curva medida desde el PTV.
- Y1 : Ordenada vertical en cualquier punto de la primera rama medida desde el PCV.
- Y2 : Ordenada vertical en cualquier punto de la primera rama medida desde el PTV.

2.3.9.4. Longitud de las curvas convexas

En el manual (DG-2014), la longitud de las curvas verticales convexas, se determina con las siguientes fórmulas:

a) **Para contar con la visibilidad de parada (Dp).**

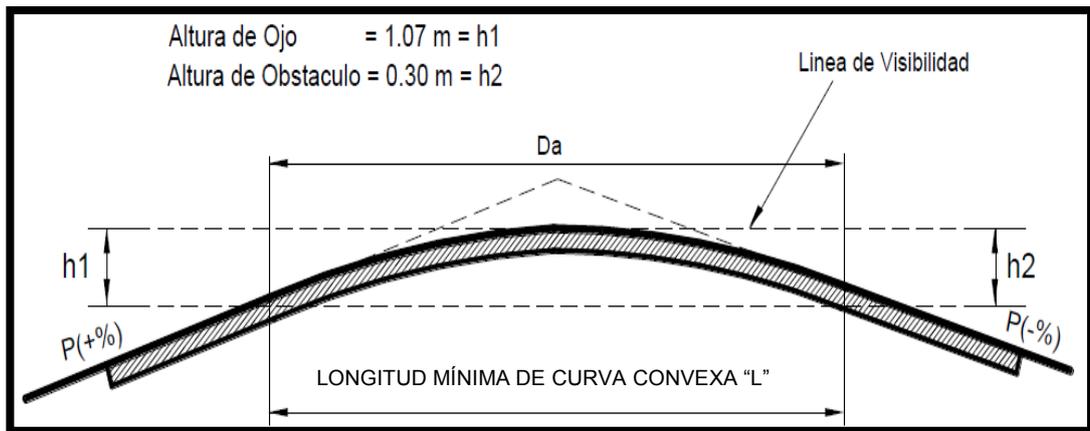


Fuente: Manual de Diseño (DG-2014).

Figura: 11 Longitud Mínima de Curva Vertical Convexa con Distancia de Visibilidad de Parada

- L = Longitud de la curva vertical (m).
- D_p = Distancia de Visibilidad de Parada (m).
- V = Velocidad de Diseño (Km/h).
- A = Diferencia Algebraica de Pendientes (%).
- Para $D_p > L$
- $L = 2D_p - 404/A$
- Para $D_p < L$
- $L = AD_p^2 / 404$

b) Para contar con la visibilidad de adelantamiento o paso (D_a).



Fuente: Manual de Diseño (DG-2014).

Figura: 12 Longitud Mínima de Curvas Vertical Convexas con Distancia de Visibilidad de Paso o Adelantamiento

L = Longitud de la curva vertical (m).

D = Distancia de Visibilidad de Paso (m).

V = Velocidad de Diseño (Km/h).

A = Diferencia Algebraica de Pendientes (%).

Para $D_a > L$

$$L = 2D_a - 946/A$$

Para $D_a < L$

$$L = AD_a^2 / 946$$

2.3.10. Peralte

De acuerdo a lo establecido en el Manual (DG-2014 p.215), el peralte es la inclinación transversal de la carretera en los tramos de curva, destinada a contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo.

Para calcular el peralte bajo el criterio de seguridad ante el deslizamiento, se utilizará la siguiente fórmula:

$$p = \frac{v^2}{127 * R} - f$$

Donde:

p:Peralte máximo asociado a la V.

v:Velocidad de diseño (km/h).

R:radio mínimo (m).

f:Coeficiente de fricción lateral máxima asociado a la V.

2.4. Velocidades medidas en campo.

2.4.1. Velocidades de operación en curvas y tangentes medidas en campo

De acuerdo a la investigación realizada por Felipe E.,(2014 p.42) menciona que una de las ventajas de trabajar con datos tomados de las velocidades de operación de curvas y tangentes en campo, recientemente, es que refleja la velocidad del parque automotor que circula por el área, actualmente, inclusive los entes rectores de transportes en otros países recomiendan que después de algunos años es necesario volver a calcular la velocidad de operación del parque automotor para determinar si el percentil 85 ha cambiado, paralelamente, con el aumento de las prestaciones de los vehículos.

En su investigación para realizar las mediciones puntuales de velocidades los observadores se ubicaron en el centro de las curvas horizontales, lugar en donde existe un aumento de la velocidad de operación, según estudios realizados por Fitzpatrick. (2000).

Las pautas necesarias que tomó en su investigación el autor en mención para efectuar las observaciones son:

- Medir automóviles ligeros.
- A vehículos que circulen a flujo libre.
- Condiciones de iluminación adecuada.
- Condiciones climáticas favorables.

El equipo con el que contó el investigador en mención para realizar las mediciones instantáneas en su investigación fue una pistola radar como se muestra en la siguiente imagen.



Fuente: Felipe E., (2014).

Figura: 13 Medición de Velocidades del Estudio Realizado en Guatemala.

2.5. Consistencia de diseño

Según Gallegos G (2013 p.6) la consistencia del diseño geométrico de una vía se entiende como la homogeneidad geométrica de los elementos que la componen. Cuando un conductor recorre un tramo de vía, espera que sus elementos sean de lo más uniformes, ya que cambios repentinos de los mismos pueden producir situaciones inseguras que se traducen en accidentes. Gran parte de las normativas de diseño entregan procedimientos para la elección de los elementos geométricos mínimos que componen una vía. Para el alineamiento horizontal se proporcionan recomendaciones según la velocidad de diseño: selección de radio, factor de fricción y peralte. Sin embargo, diversos estudios han demostrado debilidades de los métodos basados en la velocidad de diseño (McLean, 1980), ya que no incorporan el concepto de consistencia explícitamente. No obstante, durante el proceso de diseño, es necesario anticipar la interacción de los elementos de la carretera, con la operación vehicular y el entorno, con la finalidad de lograr un diseño



consistente que cumpla con las expectativas del conductor en la ruta. En las últimas décadas se han documentado estudios en Australia (McLean, 1981), Estados Unidos (Krames, 1995), Chile (Echaveguren y Sáez, 2001) y otros, que demuestran que los conductores superan las velocidades de diseño cuando éstas están bajo los 90 Km/h. Un estudio realizado en los Estados Unidos demostró que en curvas que obligan a decelerar más de 20 Km/h, la posibilidad de sufrir accidentes aumenta seis veces si se la compara con la situación de velocidad uniforme. Por lo tanto el nivel de consistencia de una vía influye en el comportamiento de los conductores que la recorren y en la frecuencia de accidente en el camino. Esta idea fue postulada por Glennon y Horwod (1980) los cuales, determinaron que un diseño consistente tiene directa relación con la expectativa del conductor. Por lo tanto un diseño es considerado consistente si su geometría se encuentra acorde a las expectativas del conductor, de esta manera estos evitan maniobras críticas que pueden resultar en accidentes (Irizarry y Krames, 1998).

Por lo anterior este trabajo se aboca en analizar la consistencia del considerando los criterios de consistencia propuestos por Lamm que posteriormente se describirá, a continuación se muestra diversos conceptos descritos por varios autores:

Del grupo de investigadores en ingeniería de carreteras de la universidad de Valencia (Pérez. A, Camacho. F, García. A, 2011), mencionaron en la Plataforma Tecnológica Española de la Carretera PTC (foro de encuentro apoyado por el ministerio de economía y competitividad para todos los agentes de ciencia y tecnología – empresa con un papel relevante en el fomento del empleo, la competitividad y el crecimiento en el sector de la infraestructuras viales en Europa), que la consistencia del diseño geométrico de una carretera puede definirse como el grado de adecuación entre el comportamiento de la vía y las expectativas del conductor. Estas expectativas pueden dividirse en dos categorías distintas:

- Expectativas a priori. El conductor basa su criterio de decisión en la experiencia acumulada tras conducir por otras carreteras anteriormente. Para cumplir con estas expectativas, en la carretera debe cumplirse una relación



directa entre el tipo de vía y la geometría y las dotaciones que presenta. De esta forma, por ejemplo, un conductor espera que una carretera convencional se comporte de forma diferente a una autopista o autovía.

- Experiencia ad hoc. El conductor adquiere experiencia a partir de la percepción de las características del itinerario a medida que es recorrido. A medida que un conductor recorre un tramo de carretera, espera que en los siguientes kilómetros, la carretera se comporte de forma similar. De este modo, un diseño será consistente cuando los elementos geométricos que lo componen y su coordinación impliquen una conducción cómoda y libre de sorpresas. El cumplimiento de las diferentes normativas no asegura que la carretera diseñada sea consistente.

2.5.1. Disparidad entre la velocidad de diseño y la velocidad de operación.

(Felipe E. 2014 p.10) En el proceso de diseño geométrico de la normativa Peruana, en ningún momento se incluye al conductor, por lo tanto, es obvio que la velocidad de diseño no coincida con la velocidad de operación, el indicarle al conductor por medio de señales verticales y horizontales la velocidad seleccionada por el proyectista no tiene ningún efecto, considerando que nadie la respeta.

Cuando se tienen modelos calibrados para predecir la velocidad operación, generalmente, se utiliza el perfil de velocidad como herramienta para detectar las incoherencias entre la velocidad de diseño y la velocidad de operación a lo largo del alineamiento de un tramo carretero, el concepto se presenta más adelante.

Para la evaluación de la consistencia de diseño es importante tener en cuenta los conceptos de la velocidad de operación del percentil 85 en curvas y tangentes como se muestra a continuación:

2.5.2. Influencia de la velocidad de operación del percentil 85.

La velocidad de operación como lo describe el Green Book de la (AASHTO 2011 p. 2-54), tiene una gran influencia en la elección de la velocidad de diseño al punto de decir que debe ser coherente a ella, en otras palabras la elección de la velocidad de diseño depende de la velocidad de operación del percentil 85.



La velocidad de operación es la velocidad a la que se observan los conductores que operan sus vehículos en condiciones de flujo libre. El percentil 85 de la distribución de las velocidades observadas es la medida utilizada con mayor frecuencia para determinar la velocidad de operación asociado a un lugar en particular o característica geométrica.

A continuación se presenta el concepto dado por la normativa peruana.

El manual (DG – 2014 p.105) definió la velocidad de operación de la siguiente manera:

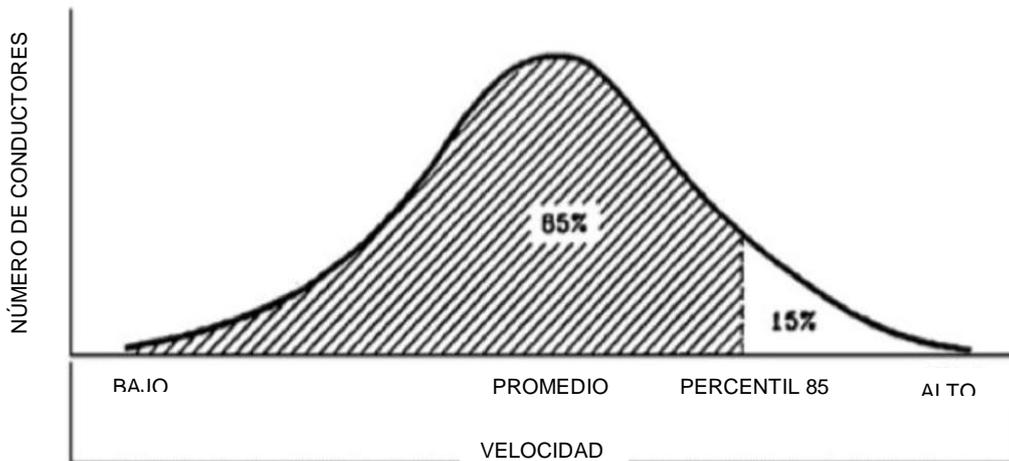
Es la velocidad máxima a la que pueden circular los vehículos en un determinado tramo de una carretera, en función a la velocidad de diseño, bajo las condiciones prevalecientes del tránsito, estado del pavimento, meteorológicas y grado de relación de ésta con otras vías y con la propiedad adyacente.

El concepto que presenta el Manual, es muy claro y fácil de comprender, donde el denominado percentil 85 de la velocidad, que consiste en determinar la velocidad bajo la cual circula el 85% de los vehículos. Considerando la velocidad de operación en cada punto del camino, es posible construir un diagrama de velocidad de operación: velocidad de operación – distancia, donde se podrán apreciar aquellos lugares que puedan comprometer la seguridad en el trazado.

Fitzpatrick, K. publicó en agosto del año 2000 en la (FHWA) Federal Highway Administration – Alternative Design Consistency Rating Methods for Two-Lane Rural Highways (Administración de Carreteras Federales – Clasificación de consistencia de diseño alternativo métodos para carreteras rurales de dos vías) definió la velocidad del percentil 85 como “la velocidad por debajo del cual viaja el 85% de los conductores y, se utiliza con frecuencia para establecer los límites de velocidad”.

(Felipe, E. 2014 p.6) El concepto de la velocidad del percentil 85 se basa en la hipótesis de que la gran mayoría de los conductores son razonables y prudentes al manejar y que no quieren tener un accidente, además que desean llegar a su destino en el menor tiempo posible. La estadística ha demostrado que al realizar una muestra aleatoria del tránsito en un punto,

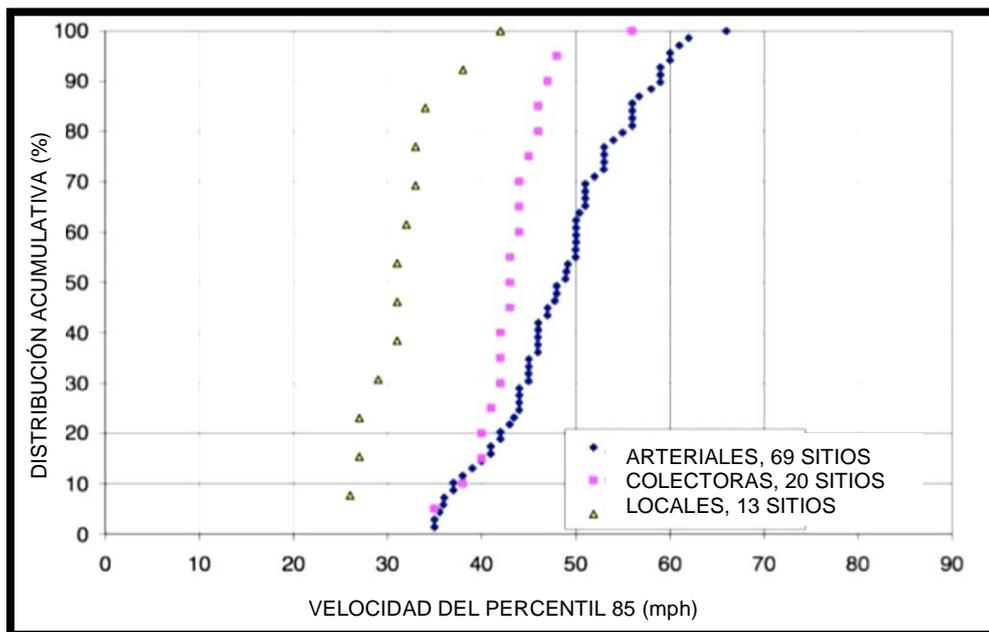
se producirá una distribución de probabilidad normal (distribución de Gauss).



Fuente: Felipe E., (2014).

Figura: 14 Velocidad del Percentil 85 para una Distribución Formal

(Felipe, E. 2014 p.7) en su investigación menciona que Fitzpatrick (2000), realizó un estudio de velocidades en áreas urbanas y suburbanas, diferenciadas por su funcionalidad (arterial, colector, local), donde observo que existe un fuerte cambio de la pendiente de la frecuencia arriba del 85% y debajo del 15%, la explicación a esto es que los conductores que están por debajo del 15% de las observaciones realizadas, viajan demasiado lento y los que están arriba del 85% viajan demasiado rápido superando la velocidad, razonablemente, segura, es por esto que en muchos países se utiliza la velocidad del percentil 85 para determinar la velocidad máxima y los conductores que la superen son multados.



Fuente: Felipe E., (2014).

Figura: 15 Distribución de la velocidad del percentil 85 en tangente de una vía urbana y suburbana por clase funcional

Al leer los conceptos se tiene una mejor idea de la importancia que tiene predecir la velocidad de operación, este tema fue abordado por Fitzpatrick y publicando para la Federal Highway Administration (FHWA) en el mismo año, en este artículo postularon que los conductores cometen menos errores cuando la geometría del alineamiento se ajustaba a sus expectativas y, para demostrarlo presentaron un conjunto de ecuaciones para predecir la velocidad en función de la geometría del camino, estas ecuaciones están clasificadas por la pendiente longitudinal la cual va desde -9% a 9% y por los distintos elementos que forman el alineamiento como: curva horizontal, curva vertical y tangente, los cuales se muestran en la tabla 03, con estos modelos se puede construir un perfil de velocidades a lo largo del alineamiento, el cual nos ayuda a comparar la velocidad de diseño con la velocidad de operación.

2.5.3. Velocidades de operación del percentil 85 en curvas y tangentes

2.5.3.1. Velocidades de operación para curvas horizontales.

(Sánchez, J. – 2011 p.16-33) Siendo la velocidad uno de los factores más relevantes y fácil de apreciar, los primeros estudios se centraron en la



realización del perfil de velocidades de operación del percentil 85 a lo largo de la vía, teniendo en cuenta únicamente el trazado en planta.

La representación gráfica del perfil permite localizar los puntos donde se incumple la regla establecida, con el fin de aplicar los correctivos pertinentes. Este procedimiento no fue muy difundido entonces, y se basó en las normas del Green Book de la AASHTO de 1965 y 1973, que se actualizaron posteriormente.

Si bien algunos autores hicieron estudios en los que se tiene en cuenta el trazado en alzado, sólo en el año 1999 se presentó una metodología que considera explícitamente parámetros del trazado en planta y en alzado; tomando en cuenta la normatividad del Green Book de la AASHTO, Fitzpatrick (2000) calibro los datos de esta normatividad correspondientes a la estimación de velocidades de operación del percentil 85 donde realizó estudios en 176 lugares localizados en carreteras de seis regiones de los Estados Unidos con diferentes combinaciones de alineaciones horizontal y vertical. Tomando al menos 100 mediciones de velocidad en cada emplazamiento, con radar y con sensores piezoeléctricos localizados en recta y en curva, bajo diferentes condiciones de circulación.

Estas ecuaciones mostradas en la tabla 3 son las más utilizadas por diversos investigadores a nivel mundial, para evaluar la consistencia de una carretera basándose exclusivamente en el perfil de velocidades y como se muestra en la presente investigación tiene buenos resultados.

Tabla: 3 Ecuaciones para la estimación de velocidades de operación en curvas horizontales

| | Condiciones de alineamiento | Ecuación |
|---|--|---------------------------------------|
| 1 | Curva horizontal sobre pendiente (-9% < i < -4%) | $V_{85} = 102,10 - \frac{3077,13}{R}$ |
| 2 | Curva horizontal sobre pendiente (-4% < i < 0%) | $V_{85} = 105,98 - \frac{3709,90}{R}$ |
| 3 | Curva horizontal sobre pendiente (0% < i < 4%) | $V_{85} = 104,82 - \frac{3574,51}{R}$ |
| 4 | Curva horizontal sobre pendiente (4% < i < 9%) | $V_{85} = 96,61 - \frac{2752,19}{R}$ |
| 5 | Curva horizontal combinada con curvas cóncavas (sag) | $V_{85} = 105,32 - \frac{3438,19}{R}$ |
| 6 | Curva horizontal combinada con curvas convexas sin limitación de visibilidad | (Nota 2) |

Fuente: Manual de Diseño (DG-2014).

Notas:

- a) Usa la menor velocidad estimada con las ecuaciones 1 ó 2 (para pendientes descendentes) y 3 ó 4 (para pendientes ascendentes).
- b) Además, comparar con la velocidad estimada con las ecuaciones 1 ó 2 (para pendientes descendentes) y 3 ó 4 (para pendientes ascendentes) y usar la menor. Esto asegurará que la velocidad estimada a lo largo de curvas combinadas no será mejor que si solo la curva horizontal está presente. (Es decir, la inclusión de una curva convexa con visibilidad limitada resulte en una mayor velocidad).
- c) V₈₅: Percentil 85 de velocidad de automóviles (km/h).
- d) R: Radio de curva (m).

2.5.3.2. Velocidades de operación para tramos en tangente.

Según Felipe E., (2014 p. 55) para el cálculo de la velocidad de operación en tangentes se utilizó el modelo propuesto por Lamm, en el cual la tangente está condicionada por las curvas que la preceden y suceden, por lo tanto, es necesario determinar si la tangente es o no independiente, para ello es necesario establecer LT_{mín} y LT_{máx} con el objetivo de diferenciar entre los tres casos siguientes:

- caso 1: $LT \leq LT_{\min}$ la tangente no es independiente, no se alcanza a acelerar hasta $V_{85,n+1}$.
- caso 2: $LT \geq LT_{\max}$ la tangente es independiente, se alcanza a acelerar hasta V_{des} .
- caso 3: $LT_{\min} < LT < LT_{\max}$ la tangente es independiente, se alcanza a acelerar hasta $V_{85,+1}$.

| | | | | |
|---|--|---|-----|-----|
| Lamm et al. | Tangente caso 1: $LT \leq LT_{\min}$ | $V_{85,T} = \frac{(V_{85,n-1} + V_{85,n+1})}{2}$ | 3.1 | GER |
| | Tangente caso 2: $LT \geq LT_{\max}$ | $V_{85,T} = V_{des}$ | 3.2 | |
| | Tangente caso 3: $LT_{\min} < LT < LT_{\max}$ | $V_{85,T} = \sqrt{12.04a(TL - TL_{\min}) + V_{85,n-1}^2}$ | 3.3 | |
| Dónde: | | | | |
| EC. 3.4 | | | | |
| $L_{T\min} = \frac{ V_{85,n-1}^2 - V_{85,n+1}^2 }{25.92a}$ | | | | |
| EC. 3.5 | | | | |
| $L_{T\max} = \frac{ 2 \cdot V_{des}^2 - V_{85,n-1}^2 - V_{85,n+1}^2 }{25.92 \cdot a}$ | | | | |
| R | = Radio de curva | | | |
| Ls | = Longitud de curva de transición | | | |
| a = d | = 0.85 m/s ² | | | |
| LT | = Longitud de la tangente | | | |
| LTmin | = Longitud de tangente mínima para acelerar o desacelerar de $V_{85,n-1}$ a $V_{85,n+1}$. | | | |
| LTmax | = Longitud de tangente máxima | | | |

Fuente: Felipe E., (2014).

Figura: 16 Ecuaciones para la estimación de velocidades de operación para tangentes

De acuerdo a la investigación de (Felipe, E. 2014 p.15-26) donde muestra los diferentes enfoques relacionados a la evaluación de la consistencia de diseño y a su vez utiliza el enfoque de Lamm, para la presente investigación se utilizó el enfoque en mención:

- Enfoque de homogeneidad geométrica.
- Enfoque de Lamm.
- Enfoque de Polus
- Enfoque de la carga mental.

2.5.4. Enfoque de Lamm

El enfoque de Lamm (1986, 1987, 1991 y 1999), el cual propuso un enfoque basado en el estudio del comportamiento de dos elementos geométricos: Curvas aisladas simples y curvas compuestas. Postuló que existía una correlación positiva entre la tasa de cambio de curvatura y la ocurrencia de accidentes. Sobre esa hipótesis, determinó que los conductores seleccionaban una velocidad de operación, en función de la percepción de curvatura, la cual no necesariamente correspondía a la de diseño. (Echaveguren T., 2001 p.7)

Asimismo, planteó que bajo la perspectiva de la estabilidad dinámica, la diferencia entre la fricción lateral provista por el diseño y la requerida, también era una fuente de inconsistencia. Esto se debe a que si el conductor excede la velocidad de diseño, esto se traduce en una mayor demanda de fricción, la cual puede superar la fricción de diseño hasta llegar al deslizamiento en la curva.

2.5.5. Indicadores basados en velocidad, propuestos por Lamm

(Echaveguren T, 2001 p.14) Para desarrollar estos criterios Lamm (1999) realizó estudios en Nueva York y Alemania. A partir de bases de datos de accidentes realizó un análisis de conglomerados para agrupar las distintas clases de tasa de cambio de curvatura (CCR) que otorgaran valores estadísticamente diferentes de tasa media de accidentes. Para ello, primero determinó diversas clases de CCR. Luego para cada clase de CCR calculó la tasa media de accidentes. Posteriormente aplicó sucesivamente un test t de diferencia de medias, modificando los rangos de CCR hasta llegar a valor vecinos de tasa media de accidentes estadísticamente diferentes.

Los indicadores de consistencia pueden agruparse, según sus variables, las cuales varían, según la línea de investigación, entre ellos tenemos a los indicadores de fricción, visibilidad, entre otras cosas.

(Felipe E. 2014 p.24) Los indicadores que propuso Lamm (1999), se basan en la velocidad, para el caso específico de caminos de dos carriles, se mide la velocidad por medio de sensores y se determina el percentil 85. En

el caso de caminos en proceso de diseño se estima, según la geometría del camino, por medio de modelos que el desarrollo.

A continuación se muestra los indicadores basados en la velocidad, que se utilizó en la presente tesis.

- **Criterio I:** Consistencia en elementos simples, se basa en la diferencia de la velocidad de operación del percentil 85 y la velocidad de diseño para curvas y tangentes.
- **Criterio II:** Consistencia entre elementos sucesivos, se determina por la diferencia de velocidades del percentil 85 entre elementos continuos.

2.5.6. Criterios para la evaluación de consistencia de diseño propuestos por Lamm.

Lamm (1999) propuso tres umbrales para cada uno de sus dos criterios para calificar la seguridad del diseño geométrico de un camino, correlacionó el número de accidentes con la geometría de los caminos (Felipe E. 2014 p.25).

- **Calificación bueno:** significa que no necesita cambios y que está acorde con las expectativas del conductor, en nuestro caso para hacerla más visual se le asignó el color verde para identificarlo.
- **Calificación tolerable:** significa que el sitio necesita cambios o está, relativamente, bien, depende a que margen se acerque, si se acerca a la calificación bueno se acepta, a diferencia, si se acerca a la calificación pobre éste necesita cambios, este umbral depende del grado de inconsistencia que el diseñador está dispuesto a aceptar, para identificarlo en la presente tesis se le asignó el color anaranjado.
- **Calificación pobre:** significa que dicho sitio atenta contra los conductores y es necesario rediseñarlo, se le asignó el color rojo para identificarlo.

A pesar de que estos criterios fueron propuestos hace varios años estos, aun son ampliamente utilizados por investigadores de todo el mundo y, en la presente investigación se emplearán estos criterios para calificar la inconsistencia de la carretera Enaco - Abra Ccorao.

Tabla: 4 Indicadores y criterios de Lamm

| DISEÑO | COLOR | CS I (Km/h) | CS II (Km/h) |
|-----------|----------|--------------------------------|--------------------------------------|
| BUENO | Verde | $ V_{85n} - V_d \leq 10$ | $ V_{85n} - V_{85n+1} \leq 10$ |
| TOLERABLE | Amarillo | $10 < V_{85n} - V_d \leq 20$ | $10 < V_{85n} - V_{85n+1} \leq 20$ |
| POBRE | Rojo | $ V_{85n} - V_d > 20$ | $ V_{85n} - V_{85n+1} > 20$ |

Fuente: Elaboración propia 2016.

Dónde:

CSI: Criterio de evaluación I.

CSII: Criterio de evaluación II.

V85n: Velocidad del percentil 85 del sitio (km/h).

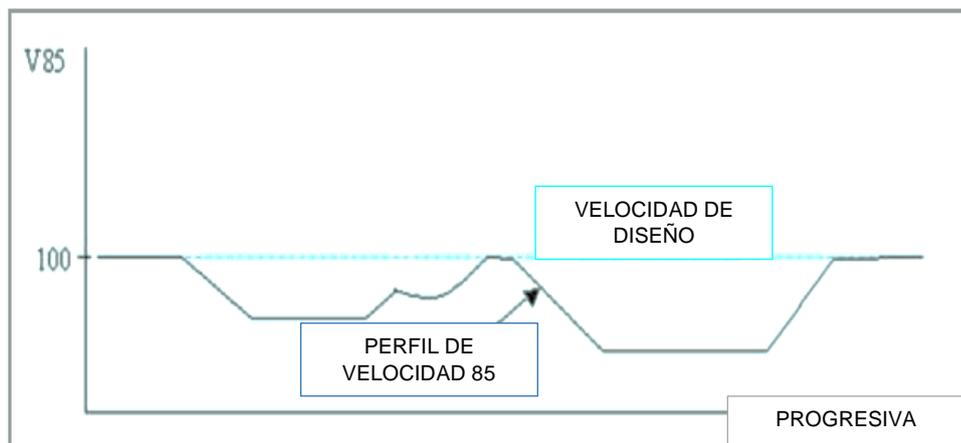
V85n+1: Velocidad del percentil 85 del sitio que le sucede (km/h).

Vd: Velocidad de diseño (km/h).

2.5.7. Construcción del perfil de velocidad de operación

En su investigación Felipe. E. (2014 p.11), toma el concepto del IHSDM (2003), Interactive Highway Safety Design Model (Modelo Interactivo de Diseño de Seguridad de la Carretera), el cual define al perfil de velocidad como sigue: "Un perfil de velocidades es un gráfico de las velocidades de operación en el eje vertical frente a la distancia a lo largo de la carretera en el eje horizontal.

Según los estudios realizados por Posada J., Cadavid S. Castro L. (2014 p.41) definen al perfil de velocidad como un gráfico básicamente de velocidades de operación en el eje vertical frente a la distancia a lo largo de la calzada en el eje horizontal. Este perfil se obtiene midiendo las velocidades de operación de los elementos geométricos sucesivos, de los alineamientos horizontal y vertical.



Fuente: Felipe E., (2014).

Figura: 17 Perfil de velocidades de la velocidad del percentil 85 y las velocidades de diseño

Por su parte, en la Plataforma Tecnológica Española de la Carretera (PTC), describe que para cada tramo de carretera existirá un perfil de velocidades de operación estos se desarrollan a partir de los modelos presentados por García A., Camacho F., Pérez A., Moreno A., & Llorca C., (2013 p.39) aplicando las siguientes reglas de construcción:

Cálculo de la velocidad de operación en todas las rectas y curvas circulares que componen el trazado. Las velocidades calculadas deberán extenderse hasta los límites de dichos elementos geométricos. Las curvas de transición, permanecerán sin velocidad asignada.

Para la construcción del perfil de velocidades se debe tomar en cuenta las velocidades que se detallaron anteriormente como son: velocidad de operación del percentil 85 en curvas y tangentes, velocidad de diseño y la velocidad de operación medida en campo. También las velocidades que detallaremos a continuación:

Según Felipe, E. (2014 p.11) la velocidad deseada se obtiene de medir la velocidad en secciones en tangentes muy largas o curvas de gran desarrollo en donde los conductores no se vean limitados por gradientes verticales o curvas verticales.

Por otra parte según García, Y. (2014 p.186) la velocidad deseada ha sido relacionada a la velocidad en rectas del conductor, esta velocidad es aquella que los conductores elijen para viajar en condiciones de flujo libre cuando no están restringidas por características del alineamiento.

Según Gallegos, G. (2013 p.13) la velocidad deseada corresponde a una velocidad en el cual el conductor se siente cómodo y seguro, bajo una condición en que la densidad de transito tiende a cero y sin restricciones en el trazado. También se establece como la velocidad de flujo libre según el Highway Capacity Manual (Manual de Capacidad de Carreteras) HCM-2000.

Para fines de este estudio, en la estimación de velocidades en tangentes del percentil 85, de acuerdo a los conceptos prescritos se consideró a la velocidad deseada a la velocidad máxima desarrollada por un vehículo ligero (pick up), sin ninguna restricción de las características del alineamiento, siendo igual a $V_{deseada}=73$ km/h.

2.6. Seguridad vial

Lauma. R. (2009 p.18), en su investigación tomo en cuenta el concepto de Radelat (2002). Definiendo que la seguridad vial no es más que la reducción del riesgo de accidentes, fallecidos y lesiones en la carretera, lograda a través de enfoques multidisciplinarios que abarcan ingeniería vial y gestión de tráfico, educación y formación de los usuarios de la carretera y diseño de los vehículos.

2.6.1. Dimensiones de la seguridad vial

Este nuevo proceso de diseño de carreteras gira en torno a la seguridad vial. Por ello el primer paso deberá consistir en definir dicho objetivo y cómo puede medirse. La seguridad vial es uno de los objetivos del diseño más importantes. Gran parte del contenido de normas y recomendaciones se centran en este aspecto, por lo que también debe recibir una atención especial en el proceso de diseño. A las diferentes formas de medir el grado de cumplimiento de la seguridad vial se les denomina dimensiones de la seguridad vial, existiendo cuatro dimensiones. (García, 2011)

2.6.1.1. Seguridad legal.

Es una parte constituyente de la seguridad nominal. Deja en el ámbito exclusivo del conductor la responsabilidad de la siniestralidad debida a una infraestructura con limitaciones. El cumplimiento de determinados preceptos legales no tiene por qué garantizar ningún nivel concreto de seguridad vial, ya que muchos de ellos están establecidos para limitar las repercusiones económicas.

2.6.1.2. Seguridad sustantiva.

Al contrario que las anteriores, está relacionada con la siniestralidad y no con la adaptación a la normativa de la solución proporcionada.

Así pues, está asociada a la cantidad de accidentes y a su gravedad. Mediante la consideración de esta dimensión de la seguridad, es posible llevar a cabo una estimación del impacto que un determinado diseño viario o actuación de mejora puede tener sobre la siniestralidad, empleando diversos métodos previamente calibrados. Esta dimensión presenta un carácter continuo, en el que se podrá estimar el impacto que la alteración de un factor del diseño tiene sobre la siniestralidad. Esto se corresponde con una interpretación de la seguridad más próxima a la realidad que las dimensiones nominal y legal, que tienen un carácter discreto (el diseño es o no es seguro).

2.6.1.3. Seguridad real.

Viene determinada por la siniestralidad que se produce en una red viaria en explotación. Su análisis debe alimentar la búsqueda de soluciones locales efectivas; pero su investigación conjunta y rigurosa mejora el conocimiento de seguridad, para propiciar una seguridad sustantiva más eficiente.

2.6.1.4. Seguridad nominal.

En la investigación de Justo, F., Graciela, M., Debora, A. (2013 p.9) tomaron como referencia los conceptos descritos por Hauer (2000) donde la seguridad nominal: Condición de seguridad de un proyecto o camino existente según el grado de cumplimiento de normas, términos de referencia, órdenes, guías y procedimientos de diseño generales del organismo vial.



La medida de la seguridad nominal es simplemente una comparación de las dimensiones de los elementos de diseño (ancho de carril, ancho de banquetas, la distancia visual, etc.) con los criterios de diseño adoptados. Es un "Sí - No"; una característica de diseño Sí cumple, o No cumple, con los criterios o rangos mínimos. Así, los caminos proyectados y construidos para satisfacer al menos los criterios mínimos de diseño pueden denominarse "nominalmente seguros". Una Excepción de Diseño es aceptar una condición que no cumple con la seguridad nominal.

Para la presente investigación se utilizó la evaluación de la seguridad vial – nominal conforme a los parámetros establecidos por la normatividad peruana, que se mostraron en el ítem 2.3 y herramientas de ingeniería en el capítulo 3.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Metodología de la investigación

3.1.1. Tipo de investigación

Según el tipo de investigación es cuantitativa, porque buscó comprobar la hipótesis a base de recolección de datos de las mediciones numéricas realizadas, generalmente con ayuda de herramientas del campo de estadística.

3.1.2. Nivel de investigación

De acuerdo al nivel de investigación es descriptivo y exploratorio porque tuvo como fin evaluar las características geométricas de la carretera Enaco - Abra Ccorao y a partir de ello su consistencia de diseño, considerando que en la región del Cusco no se tienen investigaciones en este tema.

3.1.3. Método de investigación

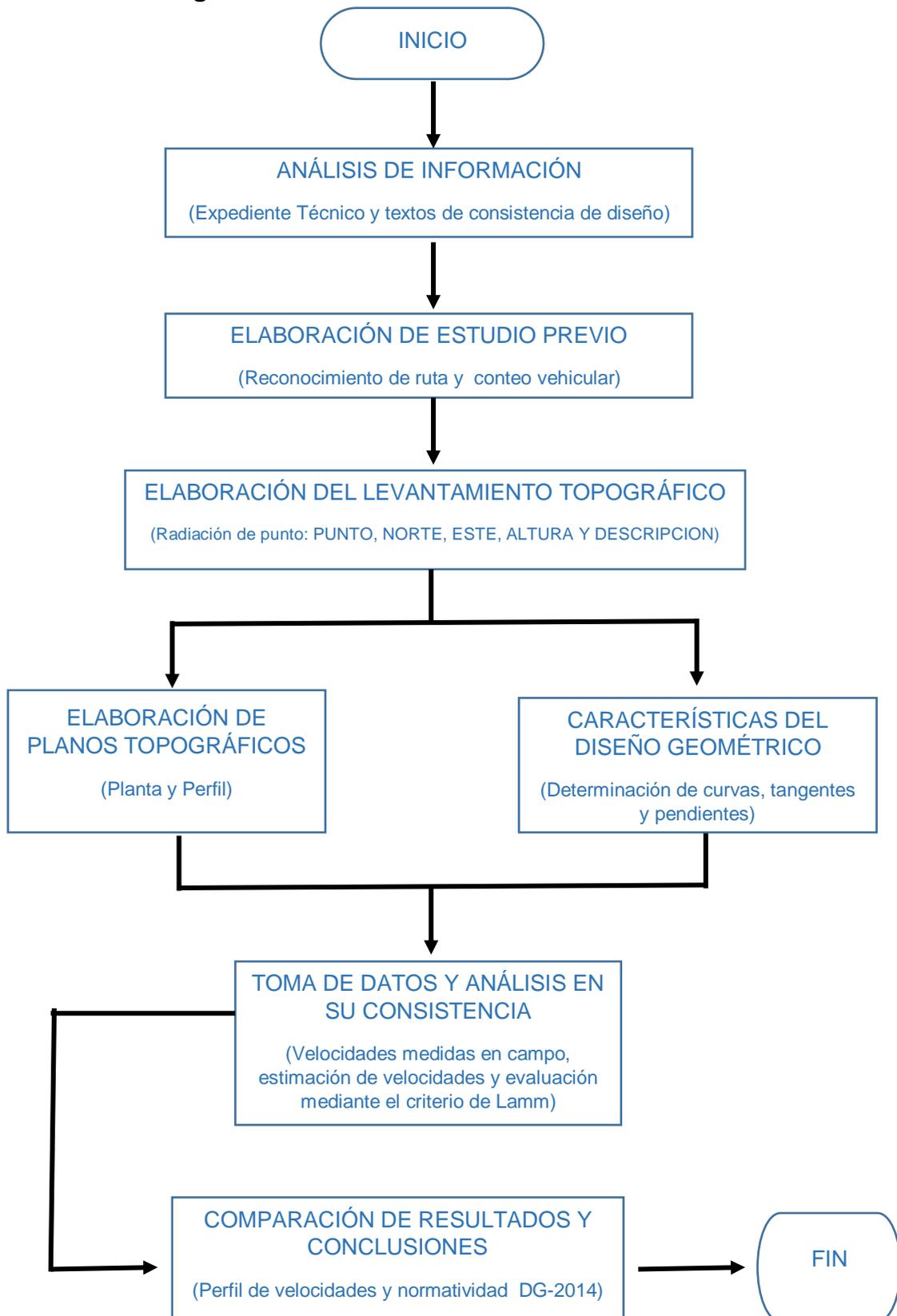
La presente investigación se realizó mediante el método Hipotético-Deductivo. El método consiste en un procedimiento que parte de unas aseveraciones en calidad de hipótesis y busca refutar tales hipótesis, deduciendo de ellas conclusiones que deben confrontarse con los hechos. (Bernal, 2006)

3.2. Diseño de la investigación

De acuerdo a su diseño, la investigación es no experimental, porque se estudió y mostró las variables tal como están sin alterar el terreno, sobre estas se evaluó la consistencia de diseño y se realizó verificaciones respecto al grado de cumplimiento con la norma, así mismo se correlacionó las variables de estudio para determinar la seguridad vial - nominal del diseño geométrico.

También fue de tipo transversal, porque las variables se midieron en una sola oportunidad y en un tiempo corto.

3.2.2. Diseño de ingeniería



3.3. Universo y muestra

3.3.1. Universo

3.3.1.1. Descripción del universo

Para lograr los objetivos trazados, la presente investigación incluyo el estudio de dos universos:

- ❖ Primero, denominado en adelante como universo A, constituido por las características geométricas del trazado de la carretera Enaco - Abra Ccorao el cual posee la orografía y la ruta adecuada para la recolección de datos de campo.
- ❖ Segundo, universo B, es la medición de velocidades de operación en campo, de los vehículos que transitan en la carretera Enaco - Abra Ccorao.

3.3.1.2. Cuantificación del universo

A continuación se describe la cuantificación de elementos evaluados:

- ❖ **Universo A:** Constituido por los 227 elementos de diseño geométrico (tangentes, curvas horizontales y verticales), que comprende a los 9+263.68 kilómetros de la carretera Enaco – Abra Ccorao.
- ❖ **Universo B:** Constituido por las 21,924 mediciones de las velocidades de operación en campo de cada curva y tangente, tanto en sentido de subida como de bajada de la carretera Enaco - Abra Ccorao.

3.3.2. Muestra

3.3.2.1. Descripción de la muestra

Para la presente investigación se cuentan con dos muestras correspondientes a los dos universos descritos en el ítem 3.3.1.1.

- ❖ **Muestra A:** constituyen 209 elementos de diseño geométrico de la carretera Enaco - Abra Ccorao, que comprende desde el Km 0+252.08 hasta el final que es el Km 9+263,68.
- ❖ **Muestra B:** constituida por las 21,924 mediciones de las velocidades de operación de los vehículos en campo, de cada tangente y curva, que comprende desde el kilómetro 0+252.08 hasta el final Abra Ccorao en ambos sentidos (subida - bajada).

3.3.2.2. Cuantificación de la muestra

Muestra A: Consta de los 209 elementos de diseño geométrico de la carretera en estudio.

Tabla: 5 Cuantificación de la Muestra A

| Curvas horizontales | tangentes | Curvas verticales |
|---------------------|-----------|-------------------|
| 87 und. | 87 und. | 35 und. |

Fuente: Elaboración propia 2016.

Muestra B: La cuantificación de la muestra está constituida por 21,924 mediciones de las velocidades de operación de los vehículos en campo de las curvas horizontales y tangentes que comprenden desde el kilómetro 0+252.08 hasta el final (Abra Ccorao) en ambos sentidos (subida - bajada).

Tabla: 6 Cuantificación de la Muestra B

| Sentido | Cantidad de curvas horizontales | Cantidad de tangentes | Cantidad de mediciones | Total |
|--------------|---------------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|
| Subida | 87 | 87 | 63 | 10,962 obs |
| Bajada | 87 | 87 | 63 | 10,962 obs |
| TOTAL | | | | 21,924 obs |

Fuente: Elaboración propia 2016.

3.3.2.3. Método de muestreo

No es posible determinar un solo muestreo debido a que cada una de las dos muestras fueron resultados de procedimientos distintos.

Muestreo A: Del levantamiento topográfico, que permite tener la misma cuantificación de universo y muestra, por ende es de tipo censal.

Muestreo B: Antes de iniciar las mediciones de velocidades puntuales en las curvas horizontales y tangentes fue necesario definir una muestra que satisfaga requerimientos estadísticos mínimos, por lo que se utilizó la expresión 1.0, donde un estudio de velocidades instantáneas requiere un tamaño de muestra adecuada para satisfacer consideraciones estadísticas. La siguiente ecuación es usada para calcular el número de

velocidades a ser medidas en el ámbito del transporte, cuando no se conoce el tamaño de la población descrito por el manual normativo “Programa de Asistencia Técnica en Transporte Urbano para la ciudades medias Mexicanas” (p. 15-16, tomo XII), de tipo probabilístico.

$$N = \frac{S^2 K^2 (2+U^2)}{2E^2} \dots\dots\dots (1.0)$$

Dónde:

- ❖ N = tamaño de muestra.
- ❖ S = desviación estándar.
- ❖ K = constante para nivel de confiabilidad.
- ❖ U = depende del percentil buscado (constante correspondiente a la estadística de velocidad deseada; para velocidad media, use 0,00; para el 15 ú 85 percentil, use 1,04; para el 5 ó 95 percentil, use 1,64.)
- ❖ E = error permitido (kph).

Los valores asumidos para la presente investigación son:

- ❖ $S = 8.0$ este valor corresponde a un valor medio observado en estudios de velocidad. (ver tabla 35)
- ❖ $k = 2.0$ este valor corresponde a una probabilidad de 95.5% de que la velocidad estimada sea real. (ver tabla 34)
- ❖ $U = 1.04$ este valor corresponde para 15 y 85 percentil.
- ❖ $E = 2.5 \text{ km/h}$ este valor corresponde a la precisión requerida para el valor medio de la velocidad, en este caso se tomó de la investigación realizada por Felipe. E (2014) “Análisis de Consistencia del Trazado en Caminos de Montaña en la República de Guatemala”

$$N = \frac{8^2 2^2 (2+1.04^2)}{2 * 2.5^2}$$

$N = 63$ mediciones.

El resultado obtenido para el tamaño de la muestra es de 63 mediciones, se acepta ya que supera a la muestra mínima recomendada para estudios de velocidad (30 observaciones).

3.3.2.4. Criterios de evaluación de muestra

Para considerar los criterios de evaluación de la muestra se hizo uso de las siguientes normas:

Tabla: 7 Normatividad para la Evaluación

| EVALUACIONES | NORMA E INVESTIGACIONES |
|---|---|
| CONTEO VEHICULAR. | - DG-2014 DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS PAG.102. |
| ESTIMACIÓN DE VELOCIDADES EN CURVAS Y TANGENTES. | - DG-2014 DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS TABLA 204.03 FÓRMULAS CALIBRADAS POR FITZPATRICK. -MÉTODOS DE LAMM (2000). |
| CANTIDAD DE OBSERVACIONES DE VELOCIDADES EN CAMPO. | -PROGRAMA DE ASISTENCIA TÉCNICA EN TRANSPORTE URBANO PARA LAS CIUDADES MEDIAS MEXICANAS. |
| EVALUACIÓN DEL DISEÑO GEOMÉTRICO (PLANTA Y PERFIL). | -MANUAL DE DISEÑO DE CARRETERAS PAVIMENTADAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO 2008. |
| EVALUACIÓN DEL DISEÑO GEOMÉTRICO (PLANTA Y PERFIL) | -DG-2014 DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS. |

Fuente: Elaboración propia 2016.

3.4. Instrumentos

3.4.1. Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos utilizados fueron los formatos de campo y gabinete, donde se anotaron de manera organizada los datos recabados en el proceso del estudio del tráfico, procesamiento de datos del levantamiento topográfico, observación de velocidades de operación medidas en campo y evaluación de los sitios inconsistentes, que sirvieron para llegar a los resultados que se muestran en la presente investigación, dichos formatos mejoraron la posibilidad de análisis de datos y resultados.

Como instrumentos metodológicos se emplearon textos especializados en teoría de la metodología de la investigación de diversos autores así como otros especializados en la rama de transportes como el manual DG-2014.

Es así que los instrumentos para la recolección de datos en la investigación fueron:

3.4.1.1. Formato N° 1 ficha de conteo vehicular

Tabla: 8 Formato de conteo vehicular

| UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL | | | | | | | | | | | | |
|---|-------|---|---------------|---------|----------|-------|--------|-------|------|-------|-------|---------|
| TESIS: | | "EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL NOMINAL DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO, DE ACUERDO A LA CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO" | | | | | | | | | | |
| TIPO DE ESTUDIO: | | | | | | | | | | | | |
| ESTACIÓN: | | | | | | | | | | | | |
| SENTIDO: | | | | | | | | | | | | |
| FECHA | | | | | | | | | | | | |
| FORMATO N°1 | | | | | | | | | | | | |
| TIPO DE VEHÍCULO | | M | M | M | M | M | M | N | N | L | OTROS | PARCIAL |
| | | AUTO | STATION WAGON | PICK UP | MINI BUS | MICRO | BUS 2E | C 2 E | C 3E | MOTOS | | |
| HORA | | | | | | | | | | | | |
| 6.00 | 7.00 | | | | | | | | | | | |
| 7.00 | 8.00 | | | | | | | | | | | |
| 8.00 | 9.00 | | | | | | | | | | | |
| 9.00 | 10.00 | | | | | | | | | | | |
| 10.00 | 11.00 | | | | | | | | | | | |
| 11.00 | 12.00 | | | | | | | | | | | |
| 12.00 | 13.00 | | | | | | | | | | | |
| 13.00 | 14.00 | | | | | | | | | | | |
| 14.00 | 15.00 | | | | | | | | | | | |
| 15.00 | 16.00 | | | | | | | | | | | |
| 16.00 | 17.00 | | | | | | | | | | | |
| 17.00 | 18.00 | | | | | | | | | | | |

ENCUESTADOR

RESPONSABLE

Fuente: Elaboración propia 2016.

3.4.1.2. Formato N° 02 ficha de cálculo del IMDA

Tabla: 9 Formato del cálculo del I.M.D.A.

| CÁLCULO EL IMDA | |
|-----------------|--|
| IMDA LIGERO | |
| IMDA PESADO | |
| IMDA TOTAL | |

| FACTOR DE CORRECCIÓN | |
|----------------------|--|
| Fc LIGEROS | |
| Fc PESADOS | |
| IMDA* Fc TOTAL | |

| | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|------------|--|---------------|---------|----------|-------|---------|----|----|-------|-------|-------|
| | | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO | | | | | | | | | | |
| | | ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL | | | | | | | | | | |
| ESTUDIO DE TRÁFICO | | | | | | | | | | | | |
| CARRETERA: | | | | | | | | | | | | |
| TIPO DE ESTUDIO: | | | | | | | | | | | | |
| ESTACIÓN: | | | | | | | | | | | | |
| SENTIDO: | | | | | | | | | | | | |
| FECHA: | | | | | | | | | | | | |
| FORMATO N°2 | | | | | | | | | | | | |
| TIPO DE VEHÍCULO | | M | M | M | M | M | M | N | N | L | | TOTAL |
| | | AUTO | STATION VAGON | PICK UP | MINI BUS | MICRO | BUS 2 E | 2E | 3E | MOTOS | OTROS | |
| | | | | | | | | | | | | |
| DIA | FECHA | | | | | | | | | | | |
| MIÉRCOLES | 20/07/2016 | | | | | | | | | | | |
| JUEVES | 21/07/2016 | | | | | | | | | | | |
| VIERNES | 22/07/2016 | | | | | | | | | | | |
| SÁBADO | 23/07/2016 | | | | | | | | | | | |
| DOMINGO | 24/07/2016 | | | | | | | | | | | |
| LUNES | 25/07/2016 | | | | | | | | | | | |
| MARTES | 26/07/2016 | | | | | | | | | | | |
| TOTAL DE VEHÍCULOS SEMANAL | | | | | | | | | | | | |
| TOTAL DE VEHÍCULOS LIGEROS | | | | | | | | | | | | |
| TOTAL DE VEHÍCULOS PESADOS | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia 2016.

3.4.1.3. Formato N°03 ficha de elementos de alineamiento horizontal

Tabla: 10 Formato de elementos de alineamiento horizontal

|  <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p>  | | | | | | | | | | | |
|---|-------|---|-------|--------|-------|----------|------|------|------|---------|----------|
| TESIS: | | "EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL NOMINAL DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO, DE ACUERDO A LA CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO" | | | | | | | | | |
| TIPO DE ESTUDIO: | | | | | | | | | | | |
| FECHA: | | | | | | | | | | | |
| FORMATO N°3 | | | | | | | | | | | |
| ELEMENTOS DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO | | | | | | | | | | | |
| PI | DELTA | R (m) | T (m) | LC (m) | C (m) | EXT. (m) | P.I. | P.C. | P.T. | ESTE(X) | NORTE(Y) |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia 2016.

- ❖ PI: Punto de intersección.
- ❖ DELTA: Ángulo de deflexión.
- ❖ R: Radio.
- ❖ T: Tangente.
- ❖ LC: Longitud de curva.
- ❖ C: Curva.
- ❖ EXT: External.
- ❖ P.C: Principio de curva.
- ❖ P.T: Principio de tangente.

3.4.1.6. Formato N°06 ficha de estimación de velocidades de operación por Fitzpatrick y Lamm

Tabla: 13 Formato de estimaciones de velocidades de operación por fitzpatrick y Lamm

| | | | | | | | | | | | | |
|---|----------|----------|---|-----|--------------------------|---------------|-------------------------------|--------------------|------------------|-----------|----------------|--|
| <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p> | | | | | | | | | | | | |
| TESIS: | | | "EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL NOMINAL DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO, DE ACUERDO A LA CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO" | | | | | | | | | |
| TIPO DE ESTUDIO: | | | | | | | | | | | | |
| FECHA: | | | | | | | | | | | | |
| ESTIMACIÓN DE VELOCIDADES POR LAS FÓRMULAS DE FITZPATRICK Y LAMM | | | | | | | | | | | | |
| FORMATO N°6 | | | | | | | | | | | | |
| CONDICIONES DE ALINEAMIENTO | | | | | ECUACIÓN | DATOS | DATOS | TIPOS DE PENDIENTE | DATOS DE ENTRADA | | | |
| CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (-9% < i > -4%) | | | | | V85=102.10 - (3077.13/R) | 102.1 | 3077.13 | P1 | a | | m/s2 | |
| CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (-4% < i > 0%) | | | | | V85=105.98 - (3709.90/R) | 105.98 | 3709.9 | P2 | V. deseada | | km/h | |
| CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (0% < i > 4%) | | | | | V85=104.82 - (3574.51/R) | 104.82 | 3574.51 | P3 | V Diseño | | km/h | |
| CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (4% < i > 9%) | | | | | V85=96.61 - (2752.19/R) | 96.61 | 2752.19 | P4 | | | | |
| CURVA HORIZONTAL COMBINADA CON CURVA CÓNCAVA | | | | | V85=105.32 - (3438.19/R) | 105.32 | 3438.19 | P5 | | | | |
| CURVA HORIZONTAL COMBINADA CON CURVA CONVEXA | | | | | CONSIDERAR CASO 2 | | | P6 | | | | |
| N° PI | ELEMENTO | LONG (m) | RADIO (m) | P.C | P.T | PENDIENTE (%) | TIPO DE PENDIENTE FITZPATRICK | V(85) C. Km/h | LTMÍN (m) | LTMÁX (m) | V85 T.G (Km/h) | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia 2016.

- ❖ N° PI: Número de punto de intersección.
- ❖ P.C: Principio de curva.
- ❖ P.T: Principio de tangente.
- ❖ V85 C.: Velocidad estimada de curvas
- ❖ V85 T.G.: Velocidad estimada de tangentes.
- ❖ LTMÍN: Longitud de tangente mínima.
- ❖ LTMÁX: Longitud de tangente máxima.
- ❖ a: Aceleración

3.4.1.7. Formato N°07 ficha de evaluación de consistencia de diseño por los criterios de Lamm

Tabla: 14 Formato de evaluación de consistencia de diseño mediante los criterios de Lamm

| UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|---|-------|----|-------|-------|-----------|-----------|----------------------|-------|------------------|-------|----------|---------|
| TESIS: | | "EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL NOMINAL DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO, DE ACUERDO A LA CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO" | | | | | | | | | | | | |
| TIPO DE ESTUDIO: | | | | | | | | | | | | | | |
| FECHA: | | | | | | | | | | | | | | |
| EVALUACIÓN DE LA CONSISTENCIA DEL DISEÑO | | | | | | | | | | | | | | |
| FORMATO N° 7 | | | | | | | | | | | | | | |
| N° | PI | VALORES EN CURVAS HORIZONTALES | | | | | | | VALORES EN TANGENTES | | | | C - I | C - II |
| | | LONG. TANGENTE | RADIO | LC | DELTA | V85,C | V.DISEÑO. | V.DESEADA | LTMÍN | LTMÁX | a | V85,T | V85-Vdis | V85-V85 |
| | | m | m | m | ° | km/h | km/h | km/h | m | m | m/s ² | km/h | km/h | km/h |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia 2016.

- ❖ PI: Punto de intersección.
- ❖ L.C: Longitud de curva.
- ❖ DELTA: Ángulo de deflexión.
- ❖ V85 C.: Velocidad estimada de curvas.
- ❖ V85 T.: Velocidad estimada de tangentes.
- ❖ LTMÍN: Longitud de tangente mínima.
- ❖ LTMÁX: Longitud de tangente máxima.
- ❖ a: Aceleración.
- ❖ C-I: Criterio de consistencia I.
- ❖ C-II: Criterio de consistencia II.
- ❖ Vdis: Velocidad de diseño.

3.4.1.8. Formato N°08 ficha de evaluación de elementos geométricos en planta

Tabla: 15 Formato de evaluación de elementos geométricos en planta

|  UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------|---|-------|-----------|-----------|------------------------------------|----------------------------|-----------------------|------------------------------------|----------|---------------|--------------|-----------------|
| TESIS: | | "EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL NOMINAL DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO, DE ACUERDO A LA CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO" | | | | | | | | | | | |
| TIPO DE ESTUDIO: | | | | | | | | | | | | | |
| FECHA: | | | | | | | | | | | | | |
| DATOS DE ENTRADA | | L MÍN S (m) | | | | RADIO MÍNIMO (m) | | | | | | | |
| | | L MÍN O (m) | | | | NECESIDAD DE CURVA HORIZONTAL (m). | | | | | | | |
| | | L MÁX (m) | | | | VELOCIDAD DE DISEÑO | | | | | | | |
| FORMATO N° 8 | | | | | | | | | | | | | |
| DATOS DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL | | | | | | | EVALUACIÓN DE PARÁMETROS | | | | | | |
| PI | Km PI | ELEMENTO | L (m) | RADIO (m) | DEFLEXIÓN | | TIPO DE TANGENTE EN CURVA. | SOBRE ANCHO CAMPO (m) | NECESIDAD DE CURVA HORIZONTAL (m). | L.C MÍN. | VERIF. R MÍN. | VERIF. L TG. | SOBRE ANCHO (m) |
| | | | | | Δ | SENTIDO | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |

- ❖ PI: Punto de intersección.
- ❖ L.C: Longitud de curva.
- ❖ (Δ) DELTA: Ángulo de deflexión.
- ❖ L TG: Longitud de tangente.
- ❖ LMÁX: Longitud de tangente máxima.
- ❖ Vdis: Velocidad de diseño.
- ❖ R: Radio
- ❖ L MÍN S: Longitud mínima de tangente en tipo de curvas en S.
- ❖ L MÍN O: Longitud mínima de tangente en tipo de curvas en O.

Fuente: Elaboración propia 2016.

3.4.1.10. Formato N°10 ficha de porcentaje de distancia de visibilidad

Tabla: 17 Formato de porcentaje de distancia de visibilidad

| UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO | | ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL | |
|---|---|--|---|
| TESIS: | "EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL NOMINAL DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO, DE ACUERDO A LA CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO" | | |
| RESPONSABLES: | | | |
| FECHA: | | | |
| EVALUACIÓN DE LA CARRETERA CON VISIBILIDAD ADECUADA PARA ADELANTAR | | | |
| FORMATO 10 | | | |
| TRAMO I ENACO (0+530) - PUMAMARCA(05+100) | | TRAMO II PUMAMARCA (05+100)- ABRA CCORAO (FINAL) | |
| CONDICIÓN OROGRÁFICA | | CONDICIÓN OROGRÁFICA | |
| ESCARPADO TIPO 4 | | ACCIDENTADO TIPO3 | |
| LONGITUD TOTAL | | LONGITUD TOTAL | |
| Dp (m) | % | Dp (m) | % |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Fuente: Elaboración propia 2016.

- ❖ Dp: Distancia de parada.
- ❖ Da: Distancia de adelantamiento.

3.4.1.12. Formato N°12 ficha de distancia de visibilidad en curvas horizontales

Tabla: 19 Formato de distancia de visibilidad en curvas horizontales

|  | | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO | | | | | | | | | |  | |
|---|----|--|----------|-----------|--------|------------------|--------|-------|-------------|------------------|---|---|--------------|
| | | ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL | | | | | | | | | | | |
| | | TESIS: "EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL NOMINAL DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO, DE ACUERDO A LA CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO" | | | | | | | | | | | |
| RESPONSABLES: | | | | | | | | | | | | | |
| FORMATO N° 12 | | | | | | | | | | | | | |
| DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS HORIZONTALES | | | | | | | | | | | | | |
| SITIO | PI | PROGRESIVA (km) | ELEMENTO | RADIO (m) | LC (m) | VELOCIDAD (km/h) | Tp (s) | f MÁX | $\pm i$ (%) | Dp CALCULADO (m) | "a" DE DESPEJE REQUERIDO METODO GRÁFICO (m) | "a" DE DESPEJE EN CAMPO (m) | CUMPLIMIENTO |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia 2016.

- ❖ PI: Punto de intersección
- ❖ LC: Longitud de curva.
- ❖ Tp: Tiempo de parada.
- ❖ Dp: Distancia de parada.
- ❖ f MÁX: Coeficiente de fricción.
- ❖ a: ancho de despeje requerido.

3.4.1.13. Formato N°13 ficha de evaluación de peraltes

Tabla: 20 Formato de evaluación de peraltes

| | | UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL | | | | | | |
|-----------------------------------|---------|---|-----------|------------------------|-------------|------------------------------|--|--------------|
| TESIS: | | "EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL NOMINAL DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO, DE ACUERDO A LA CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO" | | | | | | |
| RESPONSABLES: | | | | | | | | |
| FECHA: | | | | | | | | |
| FORMATO N°13 | | | | | | | | |
| EVALUACIÓN DE PERALTES MÁXIMOS | | | | | | | | |
| DATOS DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL | | | | ANÁLISIS DE PARÁMETROS | | | | |
| SITIOS | PI (km) | ELEMENTO | RADIO (m) | VELOCIDAD (km/h) | PERALTE (%) | MEDICIÓN CON EL ECLÍMETRO(°) | CONVERSIÓN DE PENDIENTE EN (°) A PENDIENTE (%) | VERIFICACIÓN |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia 2016.

❖ PI: Punto de intersección

3.4.1.15. Herramientas de evaluación de normas y manuales.

Tabla: 22 Factor de corrección promedio para vehículos ligeros/pesados (estación Saylla 2010)

| COD. | PEAJE | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|------|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|----------|-----------|-----------|
| P061 | Saylla Ligeros | 1.012254 | 0.962672 | 1.064325 | 1.292215 | 1.179586 | 1.17181 | 1.045055 | 0.979378 | 0.93148 | 1.056679 | 1.06744 | 0.987959 |
| P061 | Saylla Pesados | 1.033154 | 1.002258 | 1.048227 | 1.197009 | 1.087123 | 1.085906 | 1.02681 | 0.967106 | 0.969674 | 0.99655 | 0.959322 | 0.913599 |

Fuente: Resumen Manual de Diseño Merino R. (2016).

Tabla: 23 Tasa anual regional del PBI (Producto Bruto Interno)

| Región | Año 2015 |
|--------|----------|
| Cusco | 4.30 |

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática

Tabla: 24 Tasa de crecimiento de la población por región

| Región | AÑOS | | | |
|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1995-2000 | 2000-2005 | 2005-2010 | 2010-2015 |
| Perú | 1.70 | 1.6 | 1.50 | 1.30 |
| Cusco | 1.20 | 1.20 | 1.10 | 1.00 |

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática



Tabla: 25 Datos básicos de vehículos para el dimensionamiento de carreteras

| Tipo de vehículo | Alto total | Ancho Total | Vuelo lateral | Ancho ejes | Largo total | Vuelo delantero | Separación ejes | Vuelo trasero | Radio mín. rueda exterior |
|-----------------------------------|------------|-------------|---------------|------------|-------------|-----------------|----------------------------------|---------------|---------------------------|
| Vehículo ligero (VL) | 1,30 | 2,10 | 0,15 | 1,80 | 5,80 | 0,90 | 3,40 | 1,50 | 7,30 |
| Ómnibus de dos ejes (B2) | 4,10 | 2,60 | 0,00 | 2,60 | 13,20 | 2,30 | 8,25 | 2,65 | 12,80 |
| Ómnibus de tres ejes (B3-1) | 4,10 | 2,60 | 0,00 | 2,60 | 14,00 | 2,40 | 7,55 | 4,05 | 13,70 |
| Ómnibus de cuatro ejes (B4-1) | 4,10 | 2,60 | 0,00 | 2,60 | 15,00 | 3,20 | 7,75 | 4,05 | 13,70 |
| Ómnibus articulado (BA-1) | 4,10 | 2,60 | 0,00 | 2,60 | 18,30 | 2,60 | 6,70 / 1,90 / 4,00 | 3,10 | 12,80 |
| Semirremolque simple (T2S1) | 4,10 | 2,60 | 0,00 | 2,60 | 20,50 | 1,20 | 6,00 / 12,50 | 0,80 | 13,70 |
| Remolque simple (C2R1) | 4,10 | 2,60 | 0,00 | 2,60 | 23,00 | 1,20 | 10,30 / 0,80 / 2,15 / 7,75 | 0,80 | 12,80 |
| Semirremolque doble (T3S2S2) | 4,10 | 2,60 | 0,00 | 2,60 | 23,00 | 1,20 | 5,40 / 6,80 / 1,40 / 6,80 | 1,40 | 13,70 |
| Semirremolque remolque (T3S2S1S2) | 4,10 | 2,60 | 0,00 | 2,60 | 23,00 | 1,20 | 5,45 / 5,70 / 1,40 / 2,15 / 5,70 | 1,40 | 13,70 |
| Semirremolque simple (T3S3) | 4,10 | 2,60 | 0,00 | 2,60 | 20,50 | 1,20 | 5,40 / 11,90 | 2,00 | 1 |

Fuente: Manual de Diseño (DG-2014).

Tabla: 26 Deflexión máxima

| Velocidad de diseño Km/h | Deflexión máxima aceptable sin curva circular |
|--------------------------|---|
| 30 | 2° 30´ |
| 40 | 2° 15´ |
| 50 | 1° 50´ |
| 60 | 1° 30´ |
| 70 | 1° 20´ |
| 80 | 1° 10´ |

Fuente: Manual de Diseño (DG-2014).

Tabla: 27 Rangos de velocidades en función a la clasificación de la carretera por tipo de demanda y orografía

| CLASIFICACION | OROGRAFIA | VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO VTR (km/h) | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|-------------|--|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|--|--|
| | | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | | |
| Autopista de primera clase | Plano | | | | | | | | | | | | | |
| | Ondulado | | | | | | | | | | | | | |
| | Accidentado | | | | | | | | | | | | | |
| | Escarpado | | | | | | | | | | | | | |
| Autopista de segunda clase | Plano | | | | | | | | | | | | | |
| | Ondulado | | | | | | | | | | | | | |
| | Accidentado | | | | | | | | | | | | | |
| | Escarpado | | | | | | | | | | | | | |
| Carretera de primera clase | Plano | | | | | | | | | | | | | |
| | Ondulado | | | | | | | | | | | | | |
| | Accidentado | | | | | | | | | | | | | |
| | Escarpado | | | | | | | | | | | | | |
| Carretera de segunda clase | Plano | | | | | | | | | | | | | |
| | Ondulado | | | | | | | | | | | | | |
| | Accidentado | | | | | | | | | | | | | |
| | Escarpado | | | | | | | | | | | | | |
| Carretera de tercera clase | Plano | | | | | | | | | | | | | |
| | Ondulado | | | | | | | | | | | | | |
| | Accidentado | | | | | | | | | | | | | |
| | Escarpado | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Manual de Diseño (DG-2014).

Tabla: 28 Longitudes de tramo en tangente

| V (km/h) | L min.s (m) | L min.o (m) | L máx (m) |
|----------|-------------|-------------|-----------|
| 30 | 42 | 84 | 500 |
| 40 | 56 | 111 | 668 |
| 50 | 69 | 139 | 835 |
| 60 | 83 | 167 | 1002 |
| 70 | 97 | 194 | 1169 |
| 80 | 111 | 222 | 1336 |
| 90 | 125 | 250 | 1503 |
| 100 | 139 | 278 | 1670 |
| 110 | 153 | 306 | 1837 |
| 120 | 167 | 333 | 2004 |
| 130 | 180 | 362 | 2171 |

Fuente: Manual de Diseño (DG-2014).

Tabla: 29 Valores del radio mínimo para velocidades específicas de diseño, peralte máximo y valores límite de fricción

| Velocidad específica Km/h | Peralte máximo e (%) | Valor límite de fricción $f_{máx}$ | Calculado radio mínimo (m) | Redondeo radio mínimo (m) |
|---------------------------|----------------------|------------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| 20 | 4,0 | 0,18 | 14,3 | 15 |
| 30 | 4,0 | 0,17 | 33,7 | 35 |
| 40 | 4,0 | 0,17 | 60,0 | 60 |
| 50 | 4,0 | 0,16 | 98,4 | 100 |
| 60 | 4,0 | 0,15 | 149,1 | 150 |
| 20 | 6,0 | 0,18 | 13,1 | 15 |
| 30 | 6,0 | 0,17 | 30,8 | 30 |
| 40 | 6,0 | 0,17 | 54,7 | 55 |
| 50 | 6,0 | 0,16 | 89,4 | 90 |
| 60 | 6,0 | 0,15 | 134,9 | 135 |
| 20 | 8,0 | 0,18 | 12,1, | 10 |
| 30 | 8,0 | 0,17 | 28,3 | 30 |
| 40 | 8,0 | 0,17 | 50,4 | 50 |
| 50 | 8,0 | 0,16 | 82,0 | 80 |
| 60 | 8,0 | 0,15 | 123,2 | 125 |
| 20 | 10,0 | 0,18 | 11,2 | 10 |
| 30 | 10,0 | 0,17 | 26,2 | 25 |
| 40 | 10,0 | 0,17 | 46,6 | 45 |
| 50 | 10,0 | 0,16 | 75,7 | 75 |
| 60 | 10,0 | 0,15 | 113,3 | 115 |
| 20 | 12,0 | 0,18 | 10,5 | 10 |
| 30 | 12,0 | 0,17 | 24,4 | 25 |
| 40 | 12,0 | 0,17 | 43,4 | 45 |
| 50 | 12,0 | 0,16 | 70,3 | 70 |
| 60 | 12,0 | 0,15 | 104,9 | 105 |

Fuente: Manual de Diseño (DG-2014).

Tabla: 30 Máximas longitudes de paso o adelantamiento

| Categoría de vía | Longitud |
|---------------------------------|----------|
| Autopistas de primera y segunda | 1.500 m |
| Carretera de Primera clase | 2.000 m |
| Carretera de Segunda clase | 2.500 m |

Fuente: Manual de Diseño (DG-2014).

Tabla: 31 Porcentaje del tramo con visibilidad para adelantar

| Condiciones orográficas | % mínimo | % deseable |
|----------------------------|----------|------------|
| Terreno plano Tipo 1 | 50 | > 70 |
| Terreno ondulado Tipo 2 | 33 | > 50 |
| Terreno accidentado Tipo 3 | 25 | > 35 |
| Terreno escarpado Tipo 4 | 15 | > 25 |

Fuente: Manual de Diseño (DG-2014).

Tabla: 32 Mínima Distancia de visibilidad de adelantamiento para carreteras de dos carriles

| V (kph) | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Da (m) | 110 | 170 | 230 | 290 | 350 | 410 | 470 | 530 | 580 | 650 | 700 | 760 | 820 |

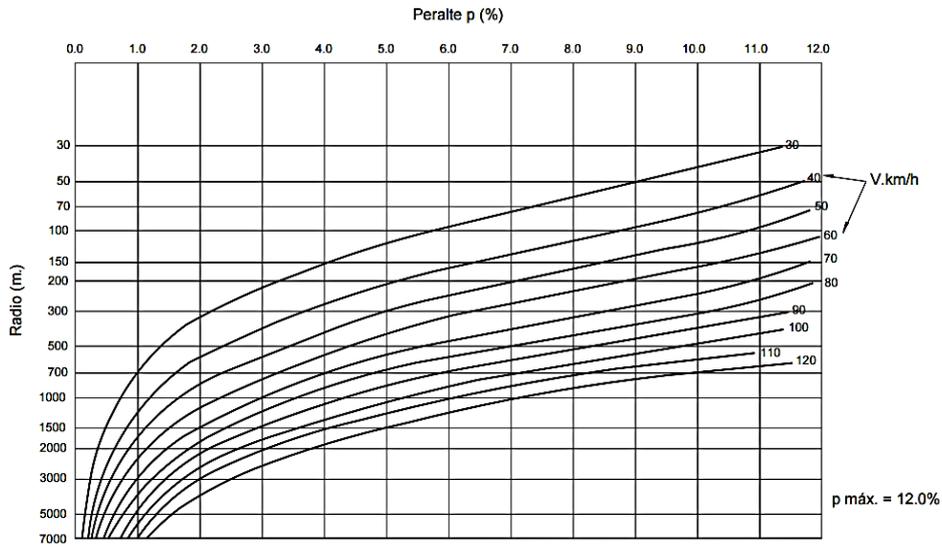
Fuente: Manual de Diseño (DG-2014).



Tabla: 33 Pendiente máxima

| Demanda | Autopistas | | | | | | | | Carretera | | | | Carretera | | | | Carretera | | | |
|------------------------------|---------------|------|------|------|---------------|------|------|------|---------------|------|------|------|---------------|------|------|------|---------------|------|-------|-------|
| | > 6.000 | | | | 6.000 - 4001 | | | | 4.000-2.001 | | | | 2.000-400 | | | | < 400 | | | |
| Características | Primera clase | | | | Segunda clase | | | | Primera clase | | | | Segunda clase | | | | Tercera clase | | | |
| Tipo de orografía | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Velocidad de diseño: 20 km/h | | | | | | | | | | | | | | | | | 8,00 | 9,00 | 10,00 | 12,00 |
| 30 km/h | | | | | | | | | | | | | | | | | 8,00 | 9,00 | 10,00 | 12,00 |
| 40 km/h | | | | | | | | | | | | | | | | 9,00 | 8,00 | 9,00 | 10,00 | 10,00 |
| 50 km/h | | | | | | | | | | | 7,00 | 7,00 | | | 8,00 | 9,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 |
| 60 km/h | | | | | 6,00 | 6,00 | 7,00 | 7,00 | 6,00 | 6,00 | 7,00 | 7,00 | 6,00 | 7,00 | 8,00 | 9,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 |
| 70 km/h | | | 5,00 | 5,00 | 6,00 | 6,00 | 6,00 | 7,00 | 6,00 | 6,00 | 7,00 | 7,00 | 6,00 | 7,00 | 7,00 | | 7,00 | 7,00 | 7,00 | 7,00 |
| 80 km/h | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 6,00 | 6,00 | 6,00 | 6,00 | 6,00 | | 6,00 | 6,00 | | | 7,00 | 7,00 | 7,00 | 7,00 |
| 90km/h | 4,50 | 5,00 | 5,00 | | 5,00 | 5,00 | 6,00 | | 5,00 | 5,00 | | | 6,00 | | | | 6,00 | 6,00 | 6,00 | 6,00 |
| 100km/h | 4,50 | 4,50 | 4,50 | | 5,00 | 5,00 | 6,00 | | 5,00 | | | | 6,00 | | | | | | | |
| 110 km/h | 4,00 | 4,00 | | | 4,00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 120 km/h | 4,00 | 4,00 | | | 4,00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 130 km/h | 3,50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Manual de Diseño (DG-2014).



Fuente: Manual de Diseño (DG-2014).

Figura: 18 Peraltes en zonas rurales (tipo 3 o 4)

Tabla: 34 Constantes correspondientes al nivel de confianzas

| Constante, K | Nivel de Confianza (%) |
|--------------|------------------------|
| 1,00 | 68,3 |
| 1,50 | 86,6 |
| 1,64 | 90,0 |
| 1,96 | 95,0 |
| 2,00 | 95,5 |
| 2,50 | 98,8 |
| 2,58 | 99,0 |
| 3,00 | 99,7 |

Fuente: Programa de Asistencia Técnica en Transporte

Tabla: 35 Desviaciones estándar de velocidades instantáneas para determinar el tamaño de la muestra y sentido

| Área de Tránsito | Tipo de Carretera | Desviación Estándar Media (kph) |
|------------------|-------------------|---------------------------------|
| Rural | 2 carriles | 8,5 |
| Rural | 4 carriles | 6,8 |
| Intermedio | 2 carriles | 8,5 |
| Intermedio | 4 carriles | 8,5 |
| Urbana | 2 carriles | 7,7 |
| Urbana | 4 carriles | 7,9 |
| Valor Redondeado | | 8,0 |

Fuente: Programa de Asistencia Técnica en Transporte

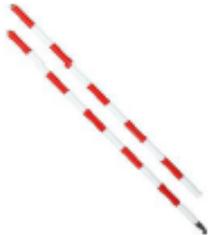
3.4.2. Instrumentos de ingeniería

Para la recolección de datos del levantamiento topográfico y medición de velocidades de operación en campo, se hicieron uso de los siguientes equipos:

Tabla: 36 Instrumento de Ingeniería

| INSTRUMENTO | DEFINICIÓN ESPECIFICACIONES | IMAGEN REFERENCIAL |
|--------------------------------------|--|---|
| CINTA MÉTRICA - STANLEY (50 M) | Cinta reforzada con fibra de vidrio para mediciones precisas. |  |
| GPSMAP 64s | Posee un receptor GPS y GLONASS de alta sensibilidad con una antena Cuadrifilar Hélix para una identificación rápida y una capacidad de recepción de calidad superior. |  |
| ESTACIÓN TOTAL (TOPCON OS-105) | Con precisión de 5". |  |
| PRISMA | Objeto circular formado por una serie de cristales que tienen la función de regresar la señal emitida por una estación total. |  |
| PORTA PRISMA | Estructura de aluminio. Extensible hasta 4.6mts y con un nivel esférico (ojo de pollo) calibrado. |  |

Continúa...

| INSTRUMENTO | DEFINICION O ESPECIFICACIONES | IMAGEN REFERENCIAL |
|---|---|---|
| TRÍPODE | Base que sirve de apoyo a la estación total. |  |
| ECLÍMETRO | Es un goniómetro cenital, que mide ángulos de inclinación de un plano. |  |
| PISTOLA RADAR DE VELOCIDADES BUSHNELL SPEEDSTER III | La pistola radar de velocidad de Bushnell es una tecnología digital para ofrecer mediciones instantáneas de velocidad con una precisión de hasta +/- una milla por Hora (MPH) / +/- 2 kilómetro por Hora (KPH). |  |
| JALÓN | Jalón o baliza es un accesorio para realizar mediciones con instrumentos topográficos. |  |

Fuente: Elaboración propia 2016.

3.5. Procedimiento de recolección de datos

3.5.1. Conteo vehicular

3.5.1.1. Equipos y materiales

- Ficha del conteo vehicular.
- Reloj de mano.
- Materiales de escritorio (bolígrafos, lápiz, etc.)

3.5.1.2. Procedimiento

Conteo vehicular (transito)

Conocer el tráfico que ha soportado una carretera es dato fundamental para proyectar y valorar su seguridad. Es necesario conocer el número total de vehículos, su tipo, distribución en el tiempo y su factor de crecimiento anual, no solo para determinar la sección transversal sino también las pendientes longitudinales máximas admisibles, entre otras.

Toma de muestra 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 se planificó previamente al estudio de tráfico redes con nodos, donde se ubicó las estaciones de conteo, desde la cual permitió obtener una información lo más real posible, registrándose todos los vehículos que crucen la estación de conteo en ambos sentidos.

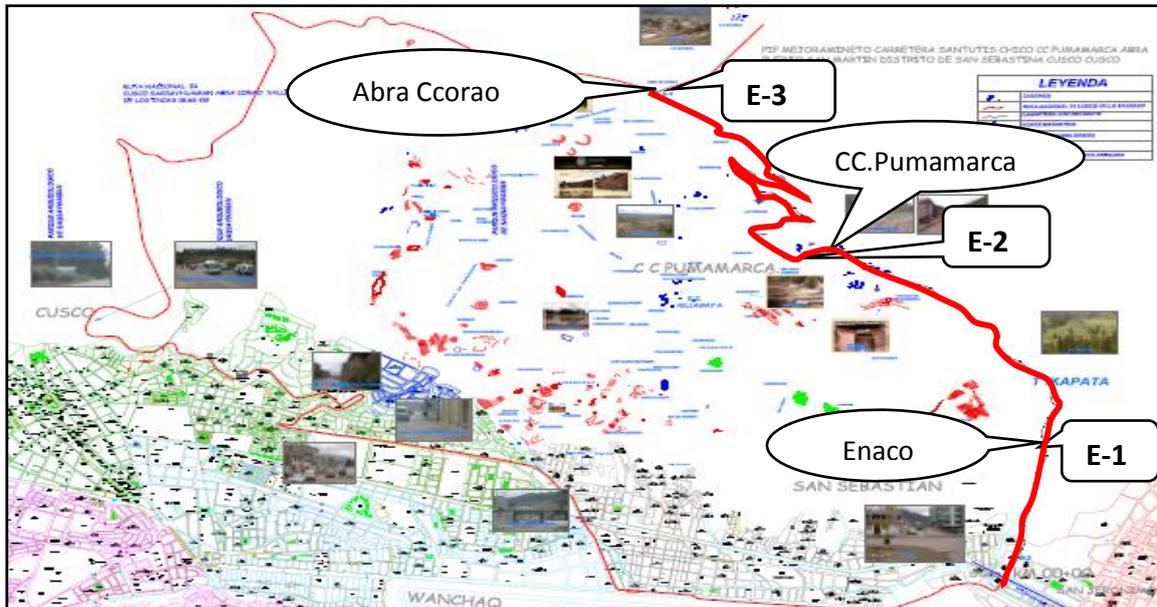
Para efectos del presente estudio se fijó como punto inicial la progresiva 00+430 ubicado en la estación Enaco, punto intermedio en la progresiva 4+240 ubicado en C.C Pumamarca y como punto final en la progresiva 09+225 ubicado en Abra Ccorao. El estudio de campo se realizó desde el miércoles 20 de julio hasta el martes 26 de julio del 2016 durante los 7 días consecutivos.

Tabla: 37 Características generales de la carretera Enaco - Abra Ccorao N° CU-1133

| ESTACIONES | LUGARES | DISTANCIA |
|------------|---|-----------|
| E-1 | Enaco (Inicio de la carretera) | Km. 0+430 |
| E-2 | Cc. Pumamarca (Punto intermedio de la carretera) | Km. 4+240 |
| E-3 | Abra Ccorao (Punto de intersección con la carretera Cusco-Pisac-Calca, final de carretera) | Km. 9+225 |

Fuente: Elaboración propia 2016.

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



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 19 Ubicación geográfica de las estaciones

Características generales del conteo

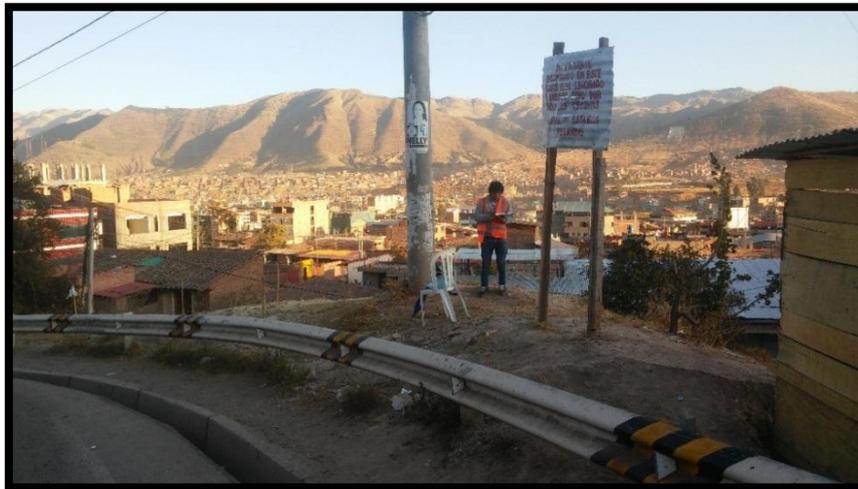
Las características básicas del conteo vehicular fueron los siguientes:

- a) Los conteos fueron realizados durante 7 días por estación siendo estos: miércoles, jueves, viernes, sábado, domingo, lunes y martes.
- b) Los conteos se realizaron durante 24 horas, con el objetivo de identificar 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:

Tabla: 38 Clasificación vehicular para el conteo

| LIGEROS | PESADOS |
|---------------|--------------|
| Auto | Micro |
| Station Wagon | Bus 2 E |
| Mini Bus | Camión 2 E |
| Motos | Camiones 3 E |
| Pick up | |

Fuente: Elaboración propia 2016.



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 20 *Conteo vehicular estación E-1 Enaco*



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 21 *Conteo vehicular estación E-2 Pumamarca*



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 22 Conteo vehicular estación E-3 Ccorao

3.5.1.3. Toma de datos del tránsito actual

Tabla: 39 Conteos de tráfico vehicular volumétrico (6:00 am a 18:00 pm)

| ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL EXISTENTE (USANDO FACTOR DE CORRECIÓN ESTACIONAL) | | | | | | | | | | | |
|---|------------|---------------------------------|----------|----------|---------|---------|-------|-----------------|---------|---------|----------|
| ESTUDIO DE TRÁFICO | | | | | | | | | | | |
| CARRETERA: | | ENACO - ABRA CCORAO | | | | | | | | | |
| TIPO DE ESTUDIO: | | CONTEO VEHICULAR | | | | | | | | | |
| ESTACIÓN: | | ENACO - PUMAMARCA - ABRA CCORAO | | | | | | | | | |
| SENTIDO: | | SUBIDA - BAJADA | | | | | | | | | |
| FECHA: | | 20 AL 26 DE JULIO DEL 2016 | | | | | | | | | |
| TIPO DE VEHÍCULO | M | M | M | M | M | M | N | N | L | TOTAL | |
| | AUTO | STATION VAGON | PICK UP | MINI BUS | MICRO | BUS 2 E | 2E | 3E | MOTOS | | |
| | | | | | | | | | | | |
| DIA | FECHA | | | | | | | | | | |
| MIÉRCOLES | 20/07/2016 | 320 v/d | 160 v/d | 226 v/d | 63 v/d | 5 v/d | 2 v/d | 130 v/d | 25 v/d | 40 v/d | 969 v/d |
| JUEVES | 21/07/2016 | 274 v/d | 192 v/d | 211 v/d | 65 v/d | 5 v/d | 0 v/d | 121 v/d | 37 v/d | 50 v/d | 955 v/d |
| VIERNES | 22/07/2016 | 278 v/d | 117 v/d | 223 v/d | 46 v/d | 4 v/d | 1 v/d | 118 v/d | 35 v/d | 29 v/d | 851 v/d |
| SÁBADO | 23/07/2016 | 334 v/d | 139 v/d | 230 v/d | 64 v/d | 4 v/d | 2 v/d | 116 v/d | 24 v/d | 36 v/d | 949 v/d |
| DOMINGO | 24/07/2016 | 485 v/d | 187 v/d | 339 v/d | 70 v/d | 1 v/d | 1 v/d | 52 v/d | 7 v/d | 47 v/d | 1189 v/d |
| LUNES | 25/07/2016 | 243 v/d | 156 v/d | 231 v/d | 57 v/d | 4 v/d | 1 v/d | 116 v/d | 22 v/d | 32 v/d | 862 v/d |
| MARTES | 26/07/2016 | 318 v/d | 158 v/d | 243 v/d | 55 v/d | 4 v/d | 1 v/d | 112 v/d | 29 v/d | 39 v/d | 959 v/d |
| TOTAL DE VEHÍCULOS SEMANAL | | 2252 v/d | 1109 v/d | 1703 v/d | 420 v/d | 26 v/d | 8 v/d | 764 v/d | 178 v/d | 273 v/d | 6734 v/d |
| TOTAL DE VEHÍCULOS LIGEROS + conteo de noche | | 6100 v/d | | | | | | | | | |
| TOTAL DE VEHÍCULOS PESADOS + conteo de noche | | | | | | | | 1140 v/d | | | |

Fuente: Elaboración propia 2016.

Para el caso del conteo vehicular volumétrico de las 18:00 pm a las 6:00 am se tomó solo el conteo de la estación 2 Pumamarca, debida a la peligrosidad de las altas horas en las demás estaciones, de acuerdo a las recomendaciones del asesor.

Tabla: 40 Conteos de tráfico vehicular volumétrico, estación 2 - Pumamarca (18:00 pm – 6:00 am)

| UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL | | | |
|---|------------|---------------------------------------|---------|
| CARRETERA: | | CARRETERA ENACO ABRA CCORAO | |
| TIPO DE ESTUDIO: | | CONTEO VEHICULAR | |
| ESTACIÓN: | | PUMAMARCA E-2 | |
| SENTIDO: | | SUBIDA - BAJADA | |
| FECHA: | | DEL 20 DE JULIO AL 26 DE JULIO (2016) | |
| HORA: | | 18:00 PM - 6:00 AM | |
| DIAS | | LIGEROS | PESADOS |
| MARTES | 20/07/2016 | 48 | 24 |
| MIÉRCOLES | 21/07/2016 | 47 | 25 |
| JUEVES | 22/07/2016 | 54 | 25 |
| VIERNES | 23/07/2016 | 49 | 27 |
| SÁBADO | 24/07/2016 | 41 | 22 |
| DOMINGO | 25/07/2016 | 62 | 15 |
| LUNES | 26/07/2016 | 41 | 25 |
| TOTAL | | 342 | 163 |

Fuente: Elaboración propia 2016.

3.5.2. Levantamiento topográfico

3.5.2.1. Equipos utilizados

Para la recolección de los datos del relieve terrestre se necesitaron los instrumentos que se muestran a continuación:

- Estación total (TOPCON OS-105).
- Prismas con bastones.
- Trípode que soporte el equipo de medición.
- GPS MAP 64s.
- Wincha de 3m.

3.5.2.2. Muestra

La muestra estuvo conformada por todos los datos necesarios para la representación gráfica del área en estudio, a todo ello los datos fueron tomados secuencialmente como: eje, borde, cuneta y terreno, con el fin

de obtener y determinar la configuración de la vía a detalle y que permita apreciar las características geométricas.

3.5.2.3. Procedimiento

- Primero que todo, se observó antes del levantamiento el terreno a representar con la finalidad de adelantarse a cualquier problema que se pudiera presentar en la toma de datos.
- Obtuvimos las coordenadas y la cota de nuestra estación, con GPS y las introducimos en la estación total. Las coordenadas obtenidas fueron:

| PUNTOS | NORTE | ESTE | ALTURA | DESCRIPCIÓN | PUNTOS |
|--------|---------|--------|--------|-------------|--------|
| 1 | 8502065 | 184886 | 3277 | BM 1 | 101 |

- Introducimos coordenadas norte, este y la cota del punto de referencia en la estación total en la parte de orientación. Atendiendo a estas consideraciones, se radió con la estación total el punto de referencia. Los datos del punto de referencia son :

| PUNTOS | NORTE | ESTE | ALTURA | DESCRIPCIÓN | PUNTOS |
|--------|------------|------------|----------|-------------|--------|
| 2 | 8502036.61 | 184865.476 | 3275.126 | RF 1 | 102 |

- Por otra parte se tomó los datos de la radiación de los puntos arbitrarios, recordando que la altura del instrumento usada fue: 1.60 m y la altura del prisma fue: 2.50m.
- A todo ello la información se organizó por días en diferentes archivos, los cuales contienen puntos con sus coordenadas y otros datos.
- En la investigación se obtuvieron 2852 puntos, de los cuales se realizaron 35 cambios de punto que fueron ubicados estratégicamente.
- Es importante mencionar que para la recolección de los puntos del levantamiento topográfico, el equipo de trabajo estuvo conformado por 5 personas, con la debida implementación de medidas de seguridad tales como chalecos, conos, señalizaciones etc.



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 23 Estacionamiento en el punto de cambio



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 24 Levantamiento topográfico tramo final

3.5.2.4. Toma de datos

- Debido a que la información de los datos obtenidos del levantamiento topográfico son de 2852 puntos, en las siguientes tablas solo se presentarán del 1 al 500, y las demás en el disco compacto del anexo 5.

3.5.2.5. Tabla de recolección del levantamiento topográfico

Tabla: 41 Recolección de datos del levantamiento topográfico.

| CARRETERA: | | ENACO - ABRA CCORAO | | | | | | | |
|---|------------|--------------------------------------|----------|-------------|--------|------------|------------|----------|-------------|
| TIPO DE ESTUDIO: | | PUNTOS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO | | | | | | | |
| INSTRUMENTO: | | TOPCON- PRISMAS - GPS | | | | | | | |
| FECHA: | | OCTUBRE del 2016 | | | | | | | |
| PUNTOS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO | | | | | | | | | |
| PUNTOS | NORTE | ESTE | ALTURA | DESCRIPCIÓN | PUNTOS | NORTE | ESTE | ALTURA | DESCRIPCIÓN |
| 1 | 8502065 | 184886 | 3277 | BM 1 | 51 | 8502118.11 | 184904.007 | 3280.192 | BORDE |
| 2 | 8502036.61 | 184865.476 | 3275.126 | RF 1 | 52 | 8502125.13 | 184911.784 | 3280.819 | EJE |
| 3 | 8502008.47 | 184820.399 | 3271.251 | ESQ | 53 | 8502126.95 | 184908.705 | 3280.74 | BORDE |
| 4 | 8502004.29 | 184830.361 | 3271.016 | ESQ | 54 | 8502123.95 | 184914.183 | 3280.761 | BORDE |
| 5 | 8502016.02 | 184828.715 | 3271.776 | BORDE | 55 | 8502134 | 184916.417 | 3281.438 | EJE |
| 6 | 8502010.62 | 184835.071 | 3271.808 | BORDE | 56 | 8502135.56 | 184913.412 | 3281.36 | BORDE |
| 7 | 8502013.05 | 184832.159 | 3271.847 | EJE | 57 | 8502133.14 | 184918.635 | 3281.379 | BORDE |
| 8 | 8502020.29 | 184839.015 | 3272.981 | EJE | 58 | 8502142.72 | 184921.272 | 3282.051 | EJE |
| 9 | 8502017.19 | 184841.871 | 3272.906 | BORDE | 59 | 8502144.49 | 184918.211 | 3282.018 | BORDE |
| 10 | 8502023.44 | 184836.289 | 3272.853 | BORDE | 60 | 8502141.79 | 184923.028 | 3282.013 | BORDE |
| 11 | 8502026.68 | 184846.565 | 3273.825 | EJE | 61 | 8502336.33 | 184998.977 | 3300.362 | BM |
| 12 | 8502023.5 | 184849.247 | 3273.755 | BORDE | 62 | 8502314.22 | 184989.461 | 3297.626 | BM |
| 13 | 8502029.87 | 184844.023 | 3273.802 | BORDE | 63 | 8502126.44 | 184918.853 | 3280.951 | ESQ |
| 14 | 8502032.77 | 184854.534 | 3274.541 | EJE | 64 | 8502130.37 | 184921.061 | 3281.001 | ESQ |
| 15 | 8502035.9 | 184851.859 | 3274.482 | BORDE | 65 | 8502128.35 | 184913.581 | 3281.019 | EJE |
| 16 | 8502029.71 | 184857.065 | 3274.437 | BORDE | 66 | 8502126.69 | 184916.294 | 3280.903 | EJE |
| 17 | 8502038.84 | 184862.5 | 3275.17 | EJE | 67 | 8502134.11 | 184916.218 | 3281.416 | EJE |
| 18 | 8502041.96 | 184859.797 | 3275.117 | BORDE | 68 | 8502132.39 | 184919.377 | 3281.245 | BORDE |
| 19 | 8502036.16 | 184864.668 | 3275.12 | BORDE | 69 | 8502135.75 | 184913.092 | 3281.272 | BORDE |
| 20 | 8502045.95 | 184869.533 | 3275.684 | EJE | 70 | 8502142.76 | 184921.061 | 3282.021 | EJE |
| 21 | 8502045.66 | 184866.794 | 3275.54 | BUSO | 71 | 8502141.31 | 184924.159 | 3281.908 | BORDE |
| 22 | 8502042.6 | 184873.229 | 3275.66 | BORDE | 72 | 8502144.34 | 184917.665 | 3281.856 | BORDE |
| 23 | 8502048.36 | 184866.188 | 3275.618 | BORDE | 73 | 8502151.74 | 184925.482 | 3282.712 | EJE |
| 24 | 8502054.52 | 184874.529 | 3276.241 | EJE | 74 | 8502150.44 | 184928.555 | 3282.623 | BORDE |
| 25 | 8502051.53 | 184878.988 | 3276.129 | BORDE | 75 | 8502152.92 | 184921.976 | 3282.581 | BORDE |
| 26 | 8502056.7 | 184871.056 | 3276.149 | BORDE | 76 | 8502160.99 | 184929.045 | 3283.348 | EJE |
| 27 | 8502063.18 | 184879.415 | 3276.848 | EJE | 77 | 8502159.69 | 184932.258 | 3283.319 | BORDE |
| 28 | 8502061.01 | 184883.615 | 3276.768 | BORDE | 78 | 8502162 | 184925.599 | 3283.338 | BORDE |
| 29 | 8502065.18 | 184875.796 | 3276.712 | BORDE | 79 | 8502161.53 | 184928.943 | 3283.48 | BUSO |
| 30 | 8502068.19 | 184874.595 | 3277.103 | ESQ | 80 | 8502170.47 | 184932.234 | 3284.155 | EJE |
| 31 | 8502071.8 | 184876.581 | 3277.152 | ESQ | 81 | 8502169.39 | 184935.635 | 3284.122 | BORDE |
| 32 | 8502073.3 | 184893.995 | 3277.47 | ESQ | 82 | 8502171.28 | 184928.669 | 3283.995 | BORDE |
| 33 | 8502068.08 | 184888.011 | 3277.207 | BORDE | 83 | 8502180 | 184935.278 | 3284.956 | EJE |
| 34 | 8502071.14 | 184878.947 | 3277.07 | BORDE | 84 | 8502178.59 | 184938.747 | 3284.847 | BORDE |
| 35 | 8502070.03 | 184883.707 | 3277.327 | EJE | 85 | 8502181.02 | 184931.855 | 3284.792 | BORDE |
| 36 | 8502086.4 | 184899.996 | 3278.026 | ESQ | 86 | 8502189.28 | 184938.991 | 3285.78 | EJE |
| 37 | 8502080.8 | 184888.922 | 3277.999 | EJE | 87 | 8502187.65 | 184942.399 | 3285.743 | BORDE |
| 38 | 8502079.39 | 184892.5 | 3277.932 | BORDE | 88 | 8502190.55 | 184935.735 | 3285.683 | BORDE |
| 39 | 8502082.66 | 184885.282 | 3277.909 | BORDE | 89 | 8502187.36 | 184943.712 | 3285.641 | ESQ |
| 40 | 8502089.71 | 184893.407 | 3278.537 | EJE | 90 | 8502189.14 | 184934.51 | 3285.569 | ESQ |
| 41 | 8502088.63 | 184896.292 | 3278.516 | BORDE | 91 | 8502191.72 | 184939.43 | 3286.012 | BUSO |
| 42 | 8502091.48 | 184889.75 | 3278.494 | BORDE | 92 | 8502199.39 | 184939.219 | 3286.528 | ESQ |
| 43 | 8502098.6 | 184897.982 | 3279.131 | EJE | 93 | 8502192.12 | 184945.281 | 3286.082 | ESQ |
| 44 | 8502100.63 | 184894.476 | 3279.064 | BORDE | 94 | 8502198.23 | 184943.294 | 3286.532 | EJE |
| 45 | 8502097.35 | 184900.656 | 3279.085 | BORDE | 95 | 8502196.9 | 184946.556 | 3286.513 | BORDE |
| 46 | 8502107.62 | 184902.126 | 3279.675 | EJE | 96 | 8502199.62 | 184940.114 | 3286.588 | BORDE |
| 47 | 8502109.3 | 184899.193 | 3279.631 | BORDE | 97 | 8502215.56 | 184954.079 | 3288.29 | BORDE |
| 48 | 8502106.04 | 184905.463 | 3279.611 | BORDE | 98 | 8502217.83 | 184947.421 | 3288.256 | BORDE |
| 49 | 8502116.39 | 184906.983 | 3280.276 | EJE | 99 | 8502216.79 | 184950.754 | 3288.378 | EJE |
| 50 | 8502114.72 | 184910.066 | 3280.207 | BORDE | 100 | 8502235.45 | 184957.64 | 3290.017 | EJE |

Continúa...



| PUNTOS | NORTE | ESTE | ALTURA | DESCRIPCIÓN | PUNTOS | NORTE | ESTE | ALTURA | DESCRIPCIÓN |
|--------|------------|------------|----------|-------------|--------|------------|------------|----------|-------------|
| 101 | 8502236.58 | 184954.25 | 3289.937 | BORDE | 151 | 8502387.29 | 184969.052 | 3307.938 | EJE |
| 102 | 8502234.53 | 184960.922 | 3290.014 | BORDE | 152 | 8502388.08 | 184973.482 | 3308.01 | SUMEDERO |
| 103 | 8502254.79 | 184963.296 | 3291.741 | BUSO | 153 | 8502382.85 | 184964.369 | 3307.491 | SUMEDERO |
| 104 | 8502254.19 | 184964.427 | 3291.794 | EJE | 154 | 8502387.29 | 184964.945 | 3307.93 | BORDE |
| 105 | 8502253.04 | 184967.66 | 3291.663 | BORDE | 155 | 8502386.58 | 184973.155 | 3307.81 | BORDE |
| 106 | 8502255.34 | 184961.05 | 3291.676 | BORDE | 156 | 8502386.64 | 184973.673 | 3307.245 | CUNE |
| 107 | 8502272.95 | 184971.205 | 3293.473 | EJE | 157 | 8502396.18 | 184971.483 | 3309.03 | EJE |
| 108 | 8502271.74 | 184974.596 | 3293.347 | BORDE | 158 | 8502395.59 | 184975.009 | 3308.993 | BORDE |
| 109 | 8502273.94 | 184967.791 | 3293.386 | BORDE | 159 | 8502397.21 | 184967.733 | 3309.021 | BORDE |
| 110 | 8502291.65 | 184978.073 | 3295.183 | EJE | 160 | 8502395.6 | 184975.438 | 3308.421 | CUNE |
| 111 | 8502290.65 | 184981.409 | 3295.133 | BORDE | 161 | 8502405.85 | 184973.736 | 3310.218 | EJE |
| 112 | 8502292.75 | 184974.603 | 3295.088 | BORDE | 162 | 8502405.42 | 184977.11 | 3310.168 | BORDE |
| 113 | 8502310.41 | 184984.75 | 3297.154 | EJE | 163 | 8502406.63 | 184970.323 | 3310.233 | BORDE |
| 114 | 8502311.16 | 184983.955 | 3297.191 | BUSO | 164 | 8502405.36 | 184977.53 | 3309.614 | CUNE |
| 115 | 8502311.27 | 184981.49 | 3297.048 | BORDE | 165 | 8502415.61 | 184975.591 | 3311.439 | EJE |
| 116 | 8502308.98 | 184988.047 | 3297.048 | BORDE | 166 | 8502416.25 | 184972.222 | 3311.326 | BORDE |
| 117 | 8502329 | 184991.606 | 3299.319 | EJE | 167 | 8502414.89 | 184979.076 | 3311.257 | BORDE |
| 118 | 8502327.72 | 184995.062 | 3299.308 | BORDE | 168 | 8502414.77 | 184979.589 | 3310.901 | CUNE |
| 119 | 8502330.16 | 184988.361 | 3299.252 | BORDE | 169 | 8502435.19 | 184979.062 | 3313.798 | EJE |
| 120 | 8502349.38 | 184999.688 | 3301.977 | BUSO | 170 | 8502435.77 | 184975.941 | 3313.72 | BORDE |
| 121 | 8502348.23 | 184996.05 | 3301.708 | EJE | 171 | 8502434.67 | 184982.5 | 3313.668 | BORDE |
| 122 | 8502348.33 | 184991.794 | 3301.6 | BORDE | 172 | 8502434.51 | 184982.972 | 3313.32 | CUNE |
| 123 | 8502349.45 | 185000.71 | 3301.991 | BORDE | 173 | 8502433.58 | 184978.58 | 3313.632 | BUSO |
| 124 | 8502342.64 | 185002.81 | 3301.781 | ESQ | 174 | 8502474.58 | 184984.687 | 3317.661 | EJE |
| 125 | 8502357.45 | 185001.503 | 3303.126 | ESQ | 175 | 8502475.23 | 184981.143 | 3317.606 | BORDE |
| 126 | 8502349.1 | 185005.16 | 3302.59 | ESQ | 176 | 8502474.29 | 184988.244 | 3317.551 | BORDE |
| 127 | 8502352.03 | 185004.652 | 3302.73 | ESQ | 177 | 8502474.27 | 184988.771 | 3317.241 | CUNE |
| 128 | 8502354.66 | 184988.333 | 3302.65 | ESQ | 178 | 8502529.8 | 184992.38 | 3321.199 | BM3 |
| 129 | 8502347.96 | 184990.28 | 3302.111 | ESQ | 179 | 8502501.92 | 184986.735 | 3319.396 | RF2 |
| 130 | 8502378.85 | 184965.687 | 3307.119 | BM2 | 180 | 8502474.5 | 184984.722 | 3317.649 | EJE |
| 131 | 8502357.61 | 184993.073 | 3302.978 | EJE | 181 | 8502475.1 | 184981.098 | 3317.564 | BORDE |
| 132 | 8502354.82 | 184989.572 | 3302.747 | BORDE | 182 | 8502474.07 | 184988.211 | 3317.56 | BORDE |
| 133 | 8502360.42 | 184996.567 | 3303.114 | BORDE | 183 | 8502474.13 | 184988.866 | 3317.123 | CUNE |
| 134 | 8502355.11 | 184988.976 | 3302.269 | CUNE | 184 | 8502494.14 | 184988.493 | 3319.005 | EJE |
| 135 | 8502364.06 | 184985.756 | 3304.175 | EJE | 185 | 8502495.73 | 184988.275 | 3319.097 | BUSO |
| 136 | 8502361.05 | 184983.421 | 3304.121 | BORDE | 186 | 8502494.74 | 184984.848 | 3318.935 | BORDE |
| 137 | 8502367.01 | 184988.056 | 3304.202 | BORDE | 187 | 8502493.36 | 184991.761 | 3318.96 | BORDE |
| 138 | 8502360.82 | 184983.17 | 3303.686 | CUNE | 188 | 8502493.2 | 184992.494 | 3318.557 | CUNE |
| 139 | 8502367.39 | 184987.991 | 3303.654 | CUNE | 189 | 8502513.66 | 184992.562 | 3320.255 | EJE |
| 140 | 8502369.33 | 184977.274 | 3305.341 | EJE | 190 | 8502514.3 | 184989.15 | 3320.171 | BORDE |
| 141 | 8502366.52 | 184975.264 | 3305.396 | BORDE | 191 | 8502513.06 | 184995.975 | 3320.179 | BORDE |
| 142 | 8502372.45 | 184979.83 | 3305.282 | BORDE | 192 | 8502512.89 | 184996.576 | 3319.704 | CUNE |
| 143 | 8502366.26 | 184975.065 | 3305.087 | CUNE | 193 | 8502514.27 | 184988.033 | 3320.681 | TERRE |
| 144 | 8502372.67 | 184979.966 | 3304.722 | CUNE | 194 | 8502512.75 | 184997.583 | 3320.771 | TERRE |
| 145 | 8502376.79 | 184970.613 | 3306.62 | EJE | 195 | 8502536.76 | 184997.363 | 3321.676 | EJE |
| 146 | 8502374.42 | 184966.701 | 3306.688 | BORDE | 196 | 8502537.17 | 184993.822 | 3321.603 | BORDE |
| 147 | 8502378.79 | 184974.283 | 3306.558 | BORDE | 197 | 8502536.18 | 185000.781 | 3321.593 | BORDE |
| 148 | 8502379.19 | 184974.574 | 3306.016 | CUNE | 198 | 8502536.24 | 185001.443 | 3321.191 | CUNE |
| 149 | 8502374.33 | 184966.371 | 3306.378 | CUNE | 199 | 8502537.8 | 184992.171 | 3321.897 | TERRE |
| 150 | 8502379.27 | 184969.435 | 3306.992 | BUSO | 200 | 8502536.07 | 185002.251 | 3322.063 | TERRE |

Continúa...



| PUNTOS | NORTE | ESTE | ALTURA | DESCRIPCIÓN | PUNTOS | NORTE | ESTE | ALTURA | DESCRIPCIÓN |
|--------|------------|------------|----------|-------------|--------|------------|------------|----------|-------------|
| 201 | 8502552.83 | 185000.756 | 3322.64 | EJE | 251 | 8502841.68 | 185087.29 | 3351.086 | BUSO |
| 202 | 8502553.78 | 184997.346 | 3322.691 | BORDE | 252 | 8502845.9 | 185086.511 | 3351.465 | EJE |
| 203 | 8502552.35 | 185004.125 | 3322.507 | BORDE | 253 | 8502846.01 | 185089.926 | 3351.411 | BORDE |
| 204 | 8502552.55 | 185004.86 | 3322.058 | CUNE | 254 | 8502845.91 | 185082.74 | 3351.539 | BORDE |
| 205 | 8502553.94 | 184996.279 | 3322.717 | TERRE | 255 | 8502846.09 | 185090.754 | 3350.964 | CUNE |
| 206 | 8502552.39 | 185006.135 | 3322.837 | TERRE | 256 | 8502845.96 | 185080.984 | 3351.534 | TERRE |
| 207 | 8502562.61 | 185002.865 | 3323.262 | EJE | 257 | 8502846.22 | 185092.689 | 3352.36 | TERRE |
| 208 | 8502562.14 | 185006.251 | 3323.158 | BORDE | 258 | 8502855.93 | 185089.809 | 3352.122 | BORDE |
| 209 | 8502563.5 | 184999.402 | 3323.346 | BORDE | 259 | 8502856.06 | 185082.448 | 3352.312 | BORDE |
| 210 | 8502562.02 | 185006.878 | 3322.721 | CUNE | 260 | 8502855.88 | 185086.322 | 3352.198 | EJE |
| 211 | 8502563.71 | 184998.279 | 3323.439 | TERRE | 261 | 8502855.96 | 185090.767 | 3351.667 | CUNE |
| 212 | 8502561.68 | 185008.985 | 3323.542 | TERRE | 262 | 8502856.2 | 185080.249 | 3352.449 | TERRE |
| 213 | 8502572.2 | 185005.429 | 3323.906 | EJE | 263 | 8502855.77 | 185091.404 | 3352.109 | CASA |
| 214 | 8502573.29 | 185001.924 | 3323.973 | BORDE | 264 | 8502875.8 | 185087.322 | 3353.68 | EJE |
| 215 | 8502571.57 | 185008.68 | 3323.802 | BORDE | 265 | 8502875.74 | 185090.546 | 3353.612 | BORDE |
| 216 | 8502571.5 | 185009.419 | 3323.358 | CUNE | 266 | 8502876.18 | 185083.524 | 3353.719 | BORDE |
| 217 | 8502573.69 | 185000.96 | 3324.176 | TERRE | 267 | 8502875.41 | 185092.726 | 3353.734 | CASA |
| 218 | 8502571.18 | 185010.212 | 3323.75 | CASA | 268 | 8502876.43 | 185081.778 | 3353.778 | TERRE |
| 219 | 8502574.64 | 185004.357 | 3323.858 | BUSO | 269 | 8502885.6 | 185088.611 | 3354.404 | EJE |
| 220 | 8502581.79 | 185008.332 | 3324.559 | EJE | 270 | 8502886.29 | 185085.012 | 3354.386 | BORDE |
| 221 | 8502583.07 | 185004.921 | 3324.648 | BORDE | 271 | 8502885.3 | 185092.068 | 3354.379 | BORDE |
| 222 | 8502580.63 | 185011.635 | 3324.415 | BORDE | 272 | 8502885.38 | 185094.602 | 3354.582 | CASA |
| 223 | 8502580.4 | 185012.23 | 3324.006 | CUNE | 273 | 8502891.92 | 185088.308 | 3354.837 | BUSO |
| 224 | 8502583.37 | 185004.145 | 3324.541 | TERRE | 274 | 8502895.5 | 185090.194 | 3355.09 | EJE |
| 225 | 8502580.21 | 185013.219 | 3324.445 | CASA | 275 | 8502896.32 | 185086.761 | 3355.076 | BORDE |
| 226 | 8502600.66 | 185014.774 | 3326.228 | EJE | 276 | 8502894.97 | 185093.718 | 3355.075 | BORDE |
| 227 | 8502602.2 | 185011.274 | 3326.159 | BORDE | 277 | 8502894.98 | 185094.375 | 3355.192 | CUNE |
| 228 | 8502599.35 | 185018.075 | 3326.042 | BORDE | 278 | 8502896.98 | 185084.462 | 3355.19 | TERRE |
| 229 | 8502599.17 | 185018.61 | 3325.627 | CUNE | 279 | 8502905.33 | 185091.798 | 3355.792 | EJE |
| 230 | 8502602.61 | 185009.912 | 3326.341 | TERRE | 280 | 8502905.79 | 185088.225 | 3355.761 | BORDE |
| 231 | 8502599.91 | 185019.277 | 3326.581 | CASA | 281 | 8502904.17 | 185095.343 | 3355.748 | BORDE |
| 232 | 8502740.43 | 185063.018 | 3342.856 | BM4 | 282 | 8502904.26 | 185095.862 | 3355.825 | CUNE |
| 233 | 8502708.06 | 185054.228 | 3339.198 | RF3 | 283 | 8502905.51 | 185086.08 | 3356.428 | TERRE |
| 234 | 8502619.2 | 185021.925 | 3328.278 | EJE | 284 | 8502903.89 | 185096.826 | 3356.153 | TERRE |
| 235 | 8502618.25 | 185025.326 | 3328.297 | BORDE | 285 | 8502925.14 | 185094.202 | 3357.26 | EJE |
| 236 | 8502621.04 | 185018.09 | 3328.288 | BORDE | 286 | 8502925.46 | 185090.541 | 3357.205 | BORDE |
| 237 | 8502618.64 | 185026.242 | 3327.912 | CUNE | 287 | 8502924.19 | 185097.61 | 3357.323 | BORDE |
| 238 | 8502618.2 | 185028.349 | 3328.771 | CASA | 288 | 8502924.15 | 185098.218 | 3357.615 | CUNE |
| 239 | 8502637.51 | 185029.697 | 3330.634 | EJE | 289 | 8502926.17 | 185088.938 | 3356.907 | TERRE |
| 240 | 8502635.97 | 185033 | 3330.533 | BORDE | 290 | 8502924.2 | 185098.964 | 3357.679 | TERRE |
| 241 | 8502638.75 | 185026.194 | 3330.53 | BORDE | 291 | 8502945 | 185095.96 | 3358.745 | EJE |
| 242 | 8502635.72 | 185033.632 | 3330.07 | CUNE | 292 | 8502945.33 | 185092.356 | 3358.64 | BORDE |
| 243 | 8502639.35 | 185025.004 | 3330.664 | TERRE | 293 | 8502944.56 | 185099.432 | 3358.688 | BORDE |
| 244 | 8502643.18 | 185032.214 | 3331.363 | BUSO | 294 | 8502944.52 | 185099.854 | 3358.783 | CUNE |
| 245 | 8502646.58 | 185033.695 | 3331.739 | EJE | 295 | 8502945.56 | 185091.217 | 3358.845 | TERRE |
| 246 | 8502645.13 | 185036.943 | 3331.786 | BORDE | 296 | 8502944.53 | 185100.693 | 3359.58 | TERRE |
| 247 | 8502647.92 | 185030.169 | 3331.609 | BORDE | 297 | 8503050.75 | 185106.741 | 3366.46 | BM6 |
| 248 | 8502644.98 | 185037.692 | 3331.377 | CUNE | 298 | 8503021.97 | 185098.785 | 3364.383 | RF4 |
| 249 | 8502648.54 | 185028.986 | 3331.777 | CUNE | 299 | 8502964.77 | 185097.599 | 3360.141 | EJE |
| 250 | 8502644.74 | 185038.851 | 3331.417 | CASA | 300 | 8502965 | 185093.861 | 3359.973 | BORDE |

Continúa...



| PUNTOS | NORTE | ESTE | ALTURA | DESCRIPCIÓN | PUNTOS | NORTE | ESTE | ALTURA | DESCRIPCIÓN |
|--------|------------|------------|----------|-------------|--------|------------|------------|----------|-------------|
| 301 | 8502965.18 | 185101.148 | 3360.048 | BORDE | 351 | 8503091.65 | 185121.417 | 3367.549 | TERRE |
| 302 | 8502965.23 | 185101.548 | 3359.581 | CUNE | 352 | 8503108.05 | 185135.488 | 3371.036 | EJE |
| 303 | 8502965.4 | 185092.151 | 3359.967 | TERRE | 353 | 8503108.05 | 185135.49 | 3371.038 | EJE |
| 304 | 8502984.66 | 185099.17 | 3361.552 | EJE | 354 | 8503106.93 | 185138.894 | 3371.088 | BORDE |
| 305 | 8502985.07 | 185095.508 | 3361.493 | BORDE | 355 | 8503109.33 | 185131.997 | 3370.933 | BORDE |
| 306 | 8502984.33 | 185102.413 | 3361.408 | BORDE | 356 | 8503106.73 | 185139.63 | 3370.63 | CUNE |
| 307 | 8502985.32 | 185094.369 | 3361.502 | TERRE | 357 | 8503105.75 | 185141.867 | 3371.336 | TERRE |
| 308 | 8503004.64 | 185100.927 | 3362.975 | EJE | 358 | 8503110.72 | 185129.101 | 3370.06 | TERRE |
| 309 | 8503004.23 | 185104.414 | 3362.841 | BORDE | 359 | 8503117.43 | 185138.639 | 3371.846 | EJE |
| 310 | 8503004.87 | 185097.257 | 3363.029 | BORDE | 360 | 8503116.22 | 185142.183 | 3371.806 | BORDE |
| 311 | 8503004.15 | 185104.985 | 3362.478 | CUNE | 361 | 8503118.43 | 185135.104 | 3371.721 | BORDE |
| 312 | 8503005.06 | 185094.756 | 3363.67 | TERRE | 362 | 8503115.99 | 185142.72 | 3371.4 | CUNE |
| 313 | 8503004.18 | 185107.276 | 3363.515 | TERRE | 363 | 8503121.43 | 185129.047 | 3371.722 | TERRE |
| 314 | 8503014.53 | 185101.766 | 3363.733 | EJE | 364 | 8503115.31 | 185145.643 | 3372.107 | TERRE |
| 315 | 8503014.29 | 185105.317 | 3363.629 | BORDE | 365 | 8503122.13 | 185141.5 | 3372.235 | BUSO |
| 316 | 8503015.02 | 185097.94 | 3363.812 | BORDE | 366 | 8503127.06 | 185141.494 | 3372.687 | EJE |
| 317 | 8503014.22 | 185106.007 | 3363.172 | CUNE | 367 | 8503128.21 | 185137.891 | 3372.734 | BORDE |
| 318 | 8503014.13 | 185107.676 | 3364.29 | TERRE | 368 | 8503126.17 | 185144.887 | 3372.625 | BORDE |
| 319 | 8503016.1 | 185094.583 | 3363.681 | TERRE | 369 | 8503125.88 | 185145.502 | 3372.247 | CUNE |
| 320 | 8503034.24 | 185104.992 | 3365.192 | EJE | 370 | 8503130.21 | 185132.159 | 3372.846 | TERRE |
| 321 | 8503030.02 | 185102.482 | 3364.921 | BUSO | 371 | 8503124.99 | 185147.148 | 3373.03 | TERRE |
| 322 | 8503035.34 | 185101.286 | 3365.315 | BORDE | 372 | 8503136.57 | 185144.366 | 3373.523 | EJE |
| 323 | 8503033.63 | 185108.327 | 3365.075 | BORDE | 373 | 8503137.92 | 185140.398 | 3373.54 | BORDE |
| 324 | 8503033.57 | 185109.055 | 3364.613 | CUNE | 374 | 8503135.42 | 185147.366 | 3373.42 | BORDE |
| 325 | 8503036.67 | 185095.988 | 3365.231 | TERRE | 375 | 8503135.19 | 185147.96 | 3373.058 | CUNE |
| 326 | 8503033.08 | 185109.814 | 3366.22 | TERRE | 376 | 8503141 | 185131.857 | 3373.668 | TERRE |
| 327 | 8503043.76 | 185107.968 | 3365.923 | EJE | 377 | 8503135.09 | 185148.535 | 3373.66 | TERRE |
| 328 | 8503045 | 185104.353 | 3366.007 | BORDE | 378 | 8503145.98 | 185147.525 | 3374.431 | EJE |
| 329 | 8503042.32 | 185111.167 | 3365.795 | BORDE | 379 | 8503147.65 | 185143.881 | 3374.528 | BORDE |
| 330 | 8503042.18 | 185111.807 | 3365.375 | CUNE | 380 | 8503144.48 | 185150.743 | 3374.248 | BORDE |
| 331 | 8503046.94 | 185098.506 | 3366.11 | TERRE | 381 | 8503144.23 | 185151.27 | 3373.822 | CUNE |
| 332 | 8503041.85 | 185112.719 | 3367.156 | TERRE | 382 | 8503149.94 | 185135.649 | 3374.505 | TERRE |
| 333 | 8503053.08 | 185111.755 | 3366.63 | EJE | 383 | 8503143.89 | 185151.928 | 3374.58 | TERRE |
| 334 | 8503051.61 | 185114.964 | 3366.555 | BORDE | 384 | 8503224.71 | 185184.617 | 3382.899 | BM7 |
| 335 | 8503054.54 | 185108.359 | 3366.705 | BORDE | 385 | 8503183.45 | 185169.932 | 3378.413 | RF5 |
| 336 | 8503051.32 | 185115.7 | 3366.116 | CUNE | 386 | 8503154.84 | 185151.859 | 3375.292 | EJE |
| 337 | 8503051.21 | 185116.555 | 3367.216 | TERRE | 387 | 8503156.22 | 185150.491 | 3375.417 | BUSO |
| 338 | 8503056.42 | 185103.531 | 3366.769 | TERRE | 388 | 8503156.89 | 185148.491 | 3375.446 | BORDE |
| 339 | 8503071.26 | 185119.853 | 3368.112 | EJE | 389 | 8503152.91 | 185155.194 | 3375.22 | BORDE |
| 340 | 8503069.8 | 185123.036 | 3368.038 | BORDE | 390 | 8503152.57 | 185155.868 | 3374.771 | CUNE |
| 341 | 8503072.82 | 185116.559 | 3368.044 | BORDE | 391 | 8503159.89 | 185143.416 | 3375.661 | TERRE |
| 342 | 8503075.05 | 185111.397 | 3367.978 | TERRE | 392 | 8503152.01 | 185156.85 | 3375.327 | TERRE |
| 343 | 8503069.53 | 185123.695 | 3367.601 | CUNE | 393 | 8503162.98 | 185157.552 | 3376.251 | EJE |
| 344 | 8503069.31 | 185124.411 | 3368.231 | TERRE | 394 | 8503165.36 | 185154.355 | 3376.339 | BORDE |
| 345 | 8503089.51 | 185127.98 | 3369.565 | EJE | 395 | 8503160.74 | 185160.715 | 3376.122 | BORDE |
| 346 | 8503091.02 | 185124.498 | 3369.435 | BORDE | 396 | 8503165.31 | 185154.361 | 3376.346 | BORDE |
| 347 | 8503088.26 | 185131.244 | 3369.637 | BORDE | 397 | 8503160.3 | 185161.247 | 3375.672 | CUNE |
| 348 | 8503076.59 | 185120.973 | 3368.454 | BUSO | 398 | 8503167.9 | 185151.091 | 3375.99 | TERRE |
| 349 | 8503087.9 | 185131.911 | 3369.202 | CUNE | 399 | 8503159.54 | 185162.232 | 3376.336 | TERRE |
| 350 | 8503087.56 | 185132.453 | 3369.749 | TERRE | 400 | 8503177.84 | 185170.952 | 3378.142 | EJE |



| PUNTOS | NORTE | ESTE | ALTURA | DESCRIPCIÓN | PUNTOS | NORTE | ESTE | ALTURA | DESCRIPCIÓN |
|--------|------------|------------|----------|-------------|--------|------------|------------|----------|-------------|
| 401 | 8503180.56 | 185168.14 | 3378.092 | BORDE | 451 | 8503250.44 | 185181.248 | 3385.552 | BORDE |
| 402 | 8503175.26 | 185173.709 | 3378.129 | BORDE | 452 | 8503252.67 | 185188.943 | 3385.333 | CUNE |
| 403 | 8503174.94 | 185174.26 | 3377.745 | CUNE | 453 | 8503250.24 | 185179.192 | 3385.352 | TERRE |
| 404 | 8503183.17 | 185163.406 | 3377.772 | TERRE | 454 | 8503252.18 | 185190.473 | 3386.224 | TERRE |
| 405 | 8503173.5 | 185175.524 | 3378.597 | TERRE | 455 | 8503270.72 | 185180.094 | 3387.562 | EJE |
| 406 | 8503185.16 | 185177.638 | 3379.054 | EJE | 456 | 8503272.15 | 185183.812 | 3387.636 | BORDE |
| 407 | 8503187.73 | 185174.509 | 3378.958 | BORDE | 457 | 8503269.59 | 185176.437 | 3387.405 | BORDE |
| 408 | 8503182.6 | 185180.46 | 3379.131 | BORDE | 458 | 8503272.19 | 185184.414 | 3387.188 | CUNE |
| 409 | 8503182.28 | 185181.089 | 3378.725 | CUNE | 459 | 8503268.62 | 185172.515 | 3386.991 | TERRE |
| 410 | 8503181.32 | 185182.272 | 3379.641 | TERRE | 460 | 8503272.51 | 185185.215 | 3387.966 | TERRE |
| 411 | 8503190.95 | 185170.093 | 3378.615 | TERRE | 461 | 8503280.14 | 185176.874 | 3388.536 | EJE |
| 412 | 8503196.25 | 185162.877 | 3377.985 | TERRE | 462 | 8503278.73 | 185173.38 | 3388.372 | BORDE |
| 413 | 8503193.23 | 185183.497 | 3379.987 | EJE | 463 | 8503281.44 | 185180.494 | 3388.617 | BORDE |
| 414 | 8503195.18 | 185180.099 | 3379.779 | BORDE | 464 | 8503281.71 | 185181.186 | 3388.181 | CUNE |
| 415 | 8503190.89 | 185186.859 | 3380.135 | BORDE | 465 | 8503277.58 | 185168.733 | 3387.426 | TERRE |
| 416 | 8503190.49 | 185187.455 | 3379.732 | CUNE | 466 | 8503283.22 | 185182.688 | 3389.072 | TERRE |
| 417 | 8503197.67 | 185175.49 | 3379.481 | TERRE | 467 | 8503289.28 | 185172.893 | 3389.454 | EJE |
| 418 | 8503187.35 | 185190.699 | 3382.883 | TERRE | 468 | 8503290.43 | 185176.702 | 3389.465 | BORDE |
| 419 | 8503201.36 | 185169.365 | 3379.506 | TERRE | 469 | 8503287.84 | 185169.528 | 3389.375 | BORDE |
| 420 | 8503202.21 | 185187.982 | 3380.954 | EJE | 470 | 8503290.77 | 185177.194 | 3389.075 | CUNE |
| 421 | 8503200.68 | 185191.83 | 3381.136 | BORDE | 471 | 8503286.43 | 185165.092 | 3388.217 | TERRE |
| 422 | 8503203.58 | 185183.775 | 3380.612 | BORDE | 472 | 8503291.76 | 185179.242 | 3389.79 | TERRE |
| 423 | 8503200.52 | 185192.439 | 3380.751 | CUNE | 473 | 8503339.45 | 185152.906 | 3394.746 | BM8 |
| 424 | 8503205.98 | 185178.805 | 3380.343 | TERRE | 474 | 8503305.14 | 185160.022 | 3391.487 | RF6 |
| 425 | 8503199.23 | 185195.283 | 3382.26 | TERRE | 475 | 8503298 | 185168.301 | 3390.434 | EJE |
| 426 | 8503208.99 | 185172.167 | 3380.298 | TERRE | 476 | 8503296.07 | 185164.961 | 3390.341 | BORDE |
| 427 | 8503202.8 | 185191.354 | 3381.255 | BUSO | 477 | 8503296.08 | 185164.96 | 3390.344 | BORDE |
| 428 | 8503211.97 | 185189.918 | 3381.858 | EJE | 478 | 8503299.63 | 185171.628 | 3390.424 | BORDE |
| 429 | 8503212.86 | 185186.156 | 3381.639 | BORDE | 479 | 8503300.1 | 185172.143 | 3389.974 | CUNE |
| 430 | 8503212.85 | 185186.215 | 3381.648 | BORDE | 480 | 8503294.96 | 185162.094 | 3390.192 | TERRE |
| 431 | 8503211.48 | 185194.34 | 3382.115 | BORDE | 481 | 8503306.72 | 185163.529 | 3391.433 | EJE |
| 432 | 8503211.6 | 185195.123 | 3381.712 | CUNE | 482 | 8503308.62 | 185166.883 | 3391.375 | BORDE |
| 433 | 8503214.62 | 185182.858 | 3381.366 | TERRE | 483 | 8503305.15 | 185159.912 | 3391.463 | BORDE |
| 434 | 8503215.55 | 185178.115 | 3381.074 | TERRE | 484 | 8503308.96 | 185167.496 | 3390.942 | CUNE |
| 435 | 8503211.43 | 185196.629 | 3382.412 | TERRE | 485 | 8503302.73 | 185155.416 | 3391.518 | CASA |
| 436 | 8503221.97 | 185190.111 | 3382.823 | EJE | 486 | 8503316.05 | 185159.911 | 3392.393 | EJE |
| 437 | 8503221.9 | 185186.404 | 3382.697 | BORDE | 487 | 8503317.49 | 185163.841 | 3392.229 | BORDE |
| 438 | 8503222.09 | 185194.44 | 3382.97 | BORDE | 488 | 8503315.1 | 185156 | 3392.518 | BORDE |
| 439 | 8503222.18 | 185195.205 | 3382.53 | CUNE | 489 | 8503317.61 | 185164.17 | 3391.81 | CUNE |
| 440 | 8503222.17 | 185195.553 | 3382.991 | TERRE | 490 | 8503314.85 | 185151.871 | 3392.539 | CASA |
| 441 | 8503222.05 | 185180.76 | 3382.117 | TERRE | 491 | 8503317.88 | 185164.728 | 3392.24 | TERRE |
| 442 | 8503231.91 | 185188.822 | 3383.783 | EJE | 492 | 8503324.95 | 185155.996 | 3393.398 | BUSO |
| 443 | 8503232.59 | 185192.534 | 3383.889 | BORDE | 493 | 8503325.76 | 185158.009 | 3393.413 | EJE |
| 444 | 8503231.51 | 185185.131 | 3383.734 | BORDE | 494 | 8503325.25 | 185154.082 | 3393.488 | BORDE |
| 445 | 8503232.89 | 185193.266 | 3383.481 | CUNE | 495 | 8503326.45 | 185161.9 | 3393.254 | BORDE |
| 446 | 8503233.1 | 185194.233 | 3384.213 | TERRE | 496 | 8503326.57 | 185162.606 | 3392.814 | CUNE |
| 447 | 8503231.39 | 185181.034 | 3382.746 | TERRE | 497 | 8503326.41 | 185163.164 | 3393.349 | TERRE |
| 448 | 8503251.42 | 185184.864 | 3385.667 | EJE | 498 | 8503324.91 | 185149.676 | 3393.307 | CASA |
| 449 | 8503252.47 | 185186.27 | 3385.768 | BUSO | 499 | 8503335.7 | 185157.285 | 3394.373 | EJE |
| 450 | 8503252.42 | 185188.314 | 3385.773 | BORDE | 500 | 8503335.84 | 185161.025 | 3394.274 | BORDE |

Fuente: Elaboración propia 2016.



3.5.3. Medición de velocidades de operación en campo

3.5.3.1. Equipos utilizados

- Pistola radar Bushnell Speedster III.
- Cinta métrica (50 mts).

3.5.3.2. Muestra

La muestra estuvo conformada por las 63 mediciones en cada sitio (curva – tangente) de acuerdo a la fórmula del número de observaciones, de la muestra “B” que se aprecia en la pág. 62.

Proceso de toma de datos

Para obtener las velocidades de operación medidas en campo se realizó una ronda de mediciones utilizando las pistolas radar.

Asimismo con la ayuda de los planos, cinta métrica y balizas para la ubicación de los puntos intermedios de los sitios los observadores se ubicaron a un costado de estos, lugar en donde existe un aumento de la velocidad de operación, según estudios realizados por Fitzpatrick (2000) y Lamm (1999). Dichos datos se anotaron en los formatos.

Las pautas necesarias que se tuvieron en cuenta al momento de efectuar las observaciones del presente estudio fueron:

- Solo se midió automóviles ligeros.
- Vehículos que circulen a flujo libre.
- Condiciones de iluminación adecuada.
- Condiciones climáticas favorables.
- Condiciones de la carpeta de rodadura adecuada.
- Solo vehículos que mantengas su carril.



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 25 Medición de velocidades de operación en campo

3.5.3.3. Toma de datos

- Debido a que la información de los datos obtenidos de la medición de las velocidades de operación en campo, fueron de 200 formatos, en las siguientes tablas solo se presentan algunas de estas aleatoriamente, y las demás en el disco compacto del anexo 5.

Tabla: 42 Toma de datos de la medición de velocidades en campo

| RESPONSABLES | | | GARY ROSSANO GOMEZ ALLENDE- JOSE LUIS QUISPE MEJIA | | |
|--------------------------|------------------|-----------|--|------------------|-----------|
| CARRETERA | | | ENACO-ABRA CCORAO | | |
| PROGRESIVA | | | 3+880 | | |
| TIPO DE ELEMENTO | | | CURVA | | |
| VEHÍCULO LIGERO (SUBIDA) | | | VEHÍCULO LIGERO (BAJADA) | | |
| Nº Medición | velocidad (km/h) | vehículo | Nº Medición | velocidad (km/h) | vehículo |
| 1 | 60 | auto | 1 | 68 | minibus |
| 2 | 52 | auto | 2 | 88 | camioneta |
| 3 | 65 | auto | 3 | 51 | auto |
| 4 | 61 | camioneta | 4 | 68 | station |
| 5 | 54 | auto | 5 | 55 | camioneta |
| 6 | 63 | station | 6 | 53 | camioneta |
| 7 | 73 | camioneta | 7 | 55 | station |
| 8 | 73 | camioneta | 8 | 55 | auto |
| 9 | 73 | auto | 9 | 73 | station |
| 10 | 37 | auto | 10 | 48 | minibus |
| 11 | 73 | auto | 11 | 72 | auto |
| 12 | 73 | auto | 12 | 53 | auto |
| 13 | 70 | auto | 13 | 55 | auto |
| 14 | 59 | station | 14 | 44 | camioneta |
| 15 | 71 | auto | 15 | 68 | auto |
| 16 | 73 | auto | 16 | 68 | auto |
| 17 | 71 | station | 17 | 44 | minibus |
| 18 | 73 | camioneta | 18 | 66 | camioneta |
| 19 | 73 | auto | 19 | 48 | minibus |
| 20 | 73 | auto | 20 | 55 | auto |
| 21 | 70 | auto | 21 | 47 | camioneta |
| 22 | 71 | auto | 22 | 75 | auto |
| 23 | 71 | camioneta | 23 | 85 | minibus |
| 24 | 54 | auto | 24 | 80 | minibus |
| 25 | 37 | camioneta | 25 | 60 | auto |
| 26 | 73 | station | 26 | 60 | camioneta |
| 27 | 60 | station | 27 | 73 | station |
| 28 | 50 | camioneta | 28 | 84 | camioneta |
| 29 | 39 | station | 29 | 55 | auto |
| 30 | 73 | minibus | 30 | 79 | auto |
| 31 | 71 | minibus | 31 | 73 | auto |
| 32 | 37 | auto | 32 | 61 | auto |
| 33 | 65 | auto | 33 | 60 | auto |
| 34 | 52 | auto | 34 | 82 | camioneta |
| 35 | 70 | auto | 35 | 61 | auto |
| 36 | 60 | camioneta | 36 | 48 | auto |
| 37 | 49 | auto | 37 | 81 | auto |
| 38 | 72 | camioneta | 38 | 79 | camioneta |
| 39 | 57 | auto | 39 | 89 | minibus |
| 40 | 65 | auto | 40 | 86 | auto |
| 41 | 73 | station | 41 | 90 | auto |
| 42 | 53 | auto | 42 | 87 | camioneta |
| 43 | 52 | auto | 43 | 68 | auto |
| 44 | 60 | camioneta | 44 | 43 | auto |
| 45 | 73 | station | 45 | 89 | station |
| 46 | 52 | auto | 46 | 57 | camioneta |
| 47 | 73 | auto | 47 | 61 | camioneta |
| 48 | 66 | camioneta | 48 | 61 | auto |
| 49 | 72 | auto | 49 | 61 | camioneta |
| 50 | 60 | camioneta | 50 | 68 | auto |
| 51 | 65 | auto | 51 | 53 | camioneta |
| 52 | 62 | station | 52 | 53 | camioneta |
| 53 | 72 | auto | 53 | 48 | minibus |
| 54 | 54 | minibus | 54 | 55 | auto |
| 55 | 70 | auto | 55 | 59 | auto |
| 56 | 52 | auto | 56 | 64 | auto |
| 57 | 73 | auto | 57 | 48 | camioneta |
| 58 | 73 | auto | 58 | 44 | station |
| 59 | 70 | minibus | 59 | 64 | auto |
| 60 | 73 | auto | 60 | 53 | station |
| 61 | 37 | auto | 61 | 73 | camioneta |
| 62 | 65 | camioneta | 62 | 65 | auto |
| 63 | 48 | minibus | 63 | 73 | minibus |

Continúa...



| CARRETERA | | | ENACO-ABRA CCORAO | | |
|--------------------------|------------------|-----------|--------------------------|------------------|-----------|
| PROGRESIVA | | | 3+720 | | |
| TIPO DE ELEMENTO | | | TANGENTE | | |
| VEHÍCULO LIGERO (SUBIDA) | | | VEHÍCULO LIGERO (BAJADA) | | |
| N° Medición | velocidad (km/h) | vehículo | N° Medición | velocidad (km/h) | vehículo |
| 1 | 66 | camioneta | 1 | 66 | camioneta |
| 2 | 56 | minibus | 2 | 53 | auto |
| 3 | 73 | auto | 3 | 84 | auto |
| 4 | 64 | moto | 4 | 72 | auto |
| 5 | 50 | minibus | 5 | 46 | minibus |
| 6 | 69 | auto | 6 | 91 | station |
| 7 | 53 | camioneta | 7 | 66 | auto |
| 8 | 56 | minibus | 8 | 64 | auto |
| 9 | 60 | station | 9 | 68 | minibus |
| 10 | 53 | auto | 10 | 84 | station |
| 11 | 39 | minibus | 11 | 90 | auto |
| 12 | 58 | auto | 12 | 61 | auto |
| 13 | 73 | auto | 13 | 64 | station |
| 14 | 73 | auto | 14 | 54 | auto |
| 15 | 53 | auto | 15 | 44 | auto |
| 16 | 64 | camioneta | 16 | 52 | auto |
| 17 | 55 | station | 17 | 61 | minibus |
| 18 | 54 | station | 18 | 46 | minibus |
| 19 | 54 | camioneta | 19 | 66 | minibus |
| 20 | 45 | station | 20 | 64 | auto |
| 21 | 45 | auto | 21 | 46 | minibus |
| 22 | 55 | auto | 22 | 93 | auto |
| 23 | 64 | auto | 23 | 49 | auto |
| 24 | 62 | station | 24 | 61 | auto |
| 25 | 56 | minibus | 25 | 84 | auto |
| 26 | 45 | moto | 26 | 53 | camioneta |
| 27 | 62 | station | 27 | 84 | auto |
| 28 | 61 | auto | 28 | 64 | station |
| 29 | 58 | minibus | 29 | 66 | auto |
| 30 | 55 | auto | 30 | 47 | camioneta |
| 31 | 73 | minibus | 31 | 84 | auto |
| 32 | 37 | station | 32 | 53 | auto |
| 33 | 56 | station | 33 | 61 | auto |
| 34 | 70 | minibus | 34 | 58 | camioneta |
| 35 | 58 | auto | 35 | 64 | auto |
| 36 | 69 | auto | 36 | 44 | auto |
| 37 | 72 | camioneta | 37 | 66 | camioneta |
| 38 | 67 | auto | 38 | 52 | minibus |
| 39 | 62 | auto | 39 | 61 | auto |
| 40 | 69 | moto | 40 | 73 | camioneta |
| 41 | 56 | auto | 41 | 52 | auto |
| 42 | 54 | station | 42 | 44 | camioneta |
| 43 | 40 | minibus | 43 | 65 | auto |
| 44 | 53 | auto | 44 | 54 | auto |
| 45 | 37 | minibus | 45 | 57 | auto |
| 46 | 53 | auto | 46 | 84 | auto |
| 47 | 65 | auto | 47 | 66 | minibus |
| 48 | 70 | auto | 48 | 84 | minibus |
| 49 | 64 | auto | 49 | 70 | auto |
| 50 | 66 | auto | 50 | 65 | auto |
| 51 | 57 | auto | 51 | 93 | station |
| 52 | 54 | camioneta | 52 | 54 | auto |
| 53 | 55 | auto | 53 | 46 | minibus |
| 54 | 68 | camioneta | 54 | 84 | camioneta |
| 55 | 64 | auto | 55 | 88 | auto |
| 56 | 45 | auto | 56 | 52 | auto |
| 57 | 69 | moto | 57 | 54 | minibus |
| 58 | 69 | auto | 58 | 44 | auto |
| 59 | 42 | auto | 59 | 93 | auto |
| 60 | 52 | auto | 60 | 61 | auto |
| 61 | 55 | auto | 61 | 84 | auto |
| 62 | 45 | camioneta | 62 | 53 | minibus |
| 63 | 62 | station | 63 | 54 | camioneta |

Continúa...



| CARRETERA | | | ENACO-ABRA CCORAO | | |
|--------------------------|------------------|-----------|--------------------------|------------------|-----------|
| PROGRESIVA | | | 3+490 | | |
| TIPO DE ELEMENTO | | | CURVA | | |
| VEHÍCULO LIGERO (SUBIDA) | | | VEHÍCULO LIGERO (BAJADA) | | |
| Nº Medición | velocidad (km/h) | vehículo | Nº Medición | velocidad (km/h) | vehículo |
| 1 | 48 | moto | 1 | 60 | station |
| 2 | 72 | camioneta | 2 | 55 | camioneta |
| 3 | 42 | auto | 3 | 50 | camioneta |
| 4 | 52 | auto | 4 | 55 | auto |
| 5 | 40 | auto | 5 | 60 | station |
| 6 | 48 | auto | 6 | 49 | auto |
| 7 | 38 | auto | 7 | 57 | auto |
| 8 | 41 | moto | 8 | 57 | station |
| 9 | 40 | station | 9 | 66 | auto |
| 10 | 45 | auto | 10 | 46 | auto |
| 11 | 47 | auto | 11 | 60 | station |
| 12 | 49 | auto | 12 | 48 | auto |
| 13 | 43 | moto | 13 | 60 | auto |
| 14 | 39 | station | 14 | 46 | auto |
| 15 | 50 | auto | 15 | 55 | auto |
| 16 | 48 | camioneta | 16 | 48 | auto |
| 17 | 66 | auto | 17 | 49 | camioneta |
| 18 | 49 | moto | 18 | 66 | auto |
| 19 | 52 | minibus | 19 | 63 | auto |
| 20 | 63 | auto | 20 | 47 | camioneta |
| 21 | 68 | station | 21 | 47 | station |
| 22 | 52 | minibus | 22 | 66 | auto |
| 23 | 52 | minibus | 23 | 55 | minibus |
| 24 | 49 | auto | 24 | 47 | station |
| 25 | 63 | minibus | 25 | 65 | camioneta |
| 26 | 48 | station | 26 | 57 | auto |
| 27 | 45 | auto | 27 | 49 | camioneta |
| 28 | 43 | station | 28 | 63 | auto |
| 29 | 63 | station | 29 | 50 | auto |
| 30 | 49 | auto | 30 | 50 | camioneta |
| 31 | 38 | auto | 31 | 60 | auto |
| 32 | 42 | minibus | 32 | 60 | minibus |
| 33 | 40 | minibus | 33 | 57 | camioneta |
| 34 | 42 | station | 34 | 49 | auto |
| 35 | 61 | auto | 35 | 50 | minibus |
| 36 | 52 | auto | 36 | 63 | auto |
| 37 | 55 | auto | 37 | 50 | minibus |
| 38 | 38 | camioneta | 38 | 50 | camioneta |
| 39 | 41 | auto | 39 | 57 | camioneta |
| 40 | 52 | auto | 40 | 49 | auto |
| 41 | 42 | auto | 41 | 50 | station |
| 42 | 45 | minibus | 42 | 57 | minibus |
| 43 | 45 | minibus | 43 | 55 | auto |
| 44 | 41 | auto | 44 | 59 | camioneta |
| 45 | 63 | auto | 45 | 56 | camioneta |
| 46 | 45 | camioneta | 46 | 66 | auto |
| 47 | 45 | auto | 47 | 50 | camioneta |
| 48 | 45 | station | 48 | 62 | auto |
| 49 | 45 | station | 49 | 50 | camioneta |
| 50 | 41 | station | 50 | 57 | camioneta |
| 51 | 48 | auto | 51 | 63 | camioneta |
| 52 | 51 | minibus | 52 | 66 | minibus |
| 53 | 40 | auto | 53 | 48 | auto |
| 54 | 45 | camioneta | 54 | 57 | auto |
| 55 | 43 | camioneta | 55 | 57 | camioneta |
| 56 | 43 | camioneta | 56 | 53 | station |
| 57 | 48 | auto | 57 | 57 | camioneta |
| 58 | 49 | auto | 58 | 60 | auto |
| 59 | 38 | camioneta | 59 | 55 | auto |
| 60 | 42 | minibus | 60 | 47 | auto |
| 61 | 70 | auto | 61 | 49 | minibus |
| 62 | 41 | auto | 62 | 47 | minibus |
| 63 | 63 | camioneta | 63 | 62 | auto |

Continúa...

| CARRETERA | | | ENACO-ABRA CCORAO | | |
|--------------------------|------------------|-----------|--------------------------|------------------|-----------|
| PROGRESIVA | | | 3+410 | | |
| TIPO DE ELEMENTO | | | TANGENTE | | |
| VEHÍCULO LIGERO (SUBIDA) | | | VEHÍCULO LIGERO (BAJADA) | | |
| Nº Medición | velocidad (km/h) | vehículo | Nº Medición | velocidad (km/h) | vehículo |
| 1 | 45 | auto | 1 | 56 | auto |
| 2 | 41 | auto | 2 | 50 | auto |
| 3 | 42 | minibus | 3 | 60 | station |
| 4 | 62 | auto | 4 | 49 | camioneta |
| 5 | 41 | auto | 5 | 62 | camioneta |
| 6 | 64 | auto | 6 | 62 | auto |
| 7 | 60 | camioneta | 7 | 50 | minibus |
| 8 | 62 | camioneta | 8 | 56 | minibus |
| 9 | 73 | auto | 9 | 59 | auto |
| 10 | 48 | auto | 10 | 57 | camioneta |
| 11 | 46 | auto | 11 | 67 | camioneta |
| 12 | 44 | auto | 12 | 55 | auto |
| 13 | 45 | minibus | 13 | 62 | station |
| 14 | 45 | station | 14 | 44 | auto |
| 15 | 63 | moto | 15 | 64 | camioneta |
| 16 | 45 | station | 16 | 52 | station |
| 17 | 47 | auto | 17 | 50 | auto |
| 18 | 46 | minibus | 18 | 52 | auto |
| 19 | 42 | auto | 19 | 44 | minibus |
| 20 | 46 | auto | 20 | 52 | auto |
| 21 | 41 | auto | 21 | 46 | minibus |
| 22 | 44 | auto | 22 | 68 | station |
| 23 | 45 | camioneta | 23 | 52 | auto |
| 24 | 45 | camioneta | 24 | 45 | minibus |
| 25 | 47 | moto | 25 | 50 | camioneta |
| 26 | 68 | auto | 26 | 62 | auto |
| 27 | 45 | camioneta | 27 | 54 | auto |
| 28 | 45 | station | 28 | 50 | minibus |
| 29 | 55 | minibus | 29 | 60 | minibus |
| 30 | 37 | station | 30 | 64 | auto |
| 31 | 41 | minibus | 31 | 57 | auto |
| 32 | 37 | minibus | 32 | 64 | auto |
| 33 | 42 | camioneta | 33 | 61 | auto |
| 34 | 55 | station | 34 | 45 | minibus |
| 35 | 41 | moto | 35 | 50 | auto |
| 36 | 44 | auto | 36 | 50 | auto |
| 37 | 45 | auto | 37 | 58 | auto |
| 38 | 45 | station | 38 | 44 | auto |
| 39 | 42 | auto | 39 | 44 | auto |
| 40 | 42 | auto | 40 | 56 | camioneta |
| 41 | 47 | auto | 41 | 50 | camioneta |
| 42 | 44 | auto | 42 | 50 | auto |
| 43 | 55 | auto | 43 | 48 | auto |
| 44 | 51 | station | 44 | 55 | camioneta |
| 45 | 66 | camioneta | 45 | 50 | camioneta |
| 46 | 50 | camioneta | 46 | 57 | camioneta |
| 47 | 37 | moto | 47 | 45 | auto |
| 48 | 57 | minibus | 48 | 57 | camioneta |
| 49 | 73 | station | 49 | 64 | station |
| 50 | 45 | auto | 50 | 56 | station |
| 51 | 37 | auto | 51 | 57 | auto |
| 52 | 56 | minibus | 52 | 54 | auto |
| 53 | 42 | auto | 53 | 60 | auto |
| 54 | 37 | station | 54 | 52 | auto |
| 55 | 70 | auto | 55 | 45 | camioneta |
| 56 | 62 | minibus | 56 | 50 | camioneta |
| 57 | 45 | auto | 57 | 45 | camioneta |
| 58 | 45 | camioneta | 58 | 64 | auto |
| 59 | 46 | auto | 59 | 60 | auto |
| 60 | 49 | minibus | 60 | 44 | auto |
| 61 | 55 | camioneta | 61 | 56 | camioneta |
| 62 | 46 | auto | 62 | 60 | station |
| 63 | 47 | auto | 63 | 64 | auto |

Fuente: Elaboración propia 2016.

3.5.4. Medición de peraltes máximos en campo

3.5.4.1. Equipos utilizados

- Eclímetro.
- Jalón.
- Cinta métrica.

3.5.4.2. Muestra

La muestra estuvo conformada por 10 sitios, donde la cuantificación deriva a partir de la evaluación de la consistencia de diseño y a criterio de los investigadores.

3.5.4.3. Proceso de toma de datos

Tomando referencia los planos topográficos y con ayuda de la cinta métrica se ubicó la longitud media de la curva.

Posteriormente se colocó el jalón al ras de la superficie de rodadura en forma transversal al eje y sobre este el eclímetro, de donde se obtuvo la medición del peralte máximo de la curva. Los datos medidos se anotaron en los formatos correspondientes.



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 26 Medición de peraltes máximos en campo

Tabla: 43 Datos Medidos de peraltes máximos en campo

| UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL | | | | |
|---|----------|----------|-----------|----------------------------|
| MEDICIÓN DE PERALTES MÁXIMOS (CAMPO) | | | | |
| SITIO | PI (km) | ELEMENTO | RADIO (m) | MEDICIÓN CON ECLÍMETRO (°) |
| 39 | 2+034.45 | curva | 40 | 3.0 ° |
| 53 | 2+803.56 | curva | 46 | 1°30´ |
| 81 | 4+695.65 | curva | 27.5 | 5°15´ |
| 85 | 5+208.86 | curva | 50 | 5°30´ |
| 99 | 5+716.81 | curva | 22 | 6.0 ° |
| 100 | 5+751.49 | curva | 22 | 6.0 ° |
| 122 | 6+696.71 | curva | 26 | 5.0 ° |
| 123 | 6+739.51 | curva | 26 | 5.0 ° |
| 139 | 7+526.98 | curva | 19 | 5.0 ° |
| 140 | 7+557.93 | curva | 19 | 5.0 ° |

Fuente: Elaboración propia 2016.

| | |
|--|------------------|
| | Diseño bueno |
| | Diseño tolerable |
| | Diseño pobre |

3.5.5. Medición de ancho mínimo de despeje necesario

3.5.5.1. Equipos utilizados

- Cinta métrica.

3.5.5.2. Muestra

La muestra estuvo conformada por 10 sitios de acuerdo a la consistencia de diseño y a criterio de los investigadores.

3.5.5.3. Proceso de toma de datos

Para obtener los anchos mínimos de despeje necesario en curvas, se ubicó un punto en el eje del carril interior, a partir de aquello se midió hacia el talud de corte, a 60 cm de la superficie de la carpeta de rodadura. Los datos medidos se anotaron en los formatos, los cuales nos ayudaron a evaluar la distancia de visibilidad en curvas horizontales.



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 27 Medición de anchos mínimos de despeje

Tabla: 44 Anchos mínimos de despeje necesario en curvas

| UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO | | ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL | | | | | |
|---|---|---|-----------------|----------|-----------|--------|-----------------------------|
| TESIS: | "EVALUACIÓN DE SEGURIDAD VIAL - NOMINAL DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO, DE ACUERDO ALA CONSISTENCIA DE DISEÑO GEOMÉTRICO." | | | | | | |
| RESPONSABLES: | GARY ROSSANO GOMEZ ALLENDE - JOSE LUIS QUISPE MEJIA | | | | | | |
| FECHA: | dic-16 | | | | | | |
| MEDICIÓN DE ANCHO MÍNIMO DE DESPEJE NECESARIO (CAMPO) | | | | | | | |
| N° | SITIO | PI | PROGRESIVA (km) | ELEMENTO | RADIO (m) | LC (m) | "a" DE DESPEJE EN CAMPO (m) |
| 1 | 39 | 28 | 2+034.45 | curva | 40 | 40.52 | 2.30 |
| 2 | 57 | 37 | 2+803.56 | curva | 46 | 53.07 | 2.60 |
| 3 | 81 | 49 | 4+695.65 | curva | 28 | 53.22 | 2.10 |
| 4 | 85 | 51 | 5+208.86 | curva | 50 | 116.15 | 2.20 |
| 5 | 99 | 58 | 5+716.81 | curva | 22 | 34.68 | 2.10 |
| 6 | 100 | 59 | 5+751.49 | curva | 22 | 34.68 | 2.10 |
| 7 | 122 | 70 | 6+696.71 | curva | 26 | 43.51 | 2.20 |
| 8 | 123 | 71 | 6+739.51 | curva | 26 | 42.27 | 2.20 |
| 9 | 139 | 79 | 7+526.98 | curva | 19 | 30.94 | 2.15 |
| 10 | 140 | 80 | 7.557.93 | curva | 19 | 30.94 | 2.15 |

Fuente: Elaboración propia 2016.

PI: Punto de intersección.

LC: Longitud de curva.

"a": Ancho de despeje necesario.

| | |
|--|------------------|
| | Diseño bueno |
| | Diseño tolerable |
| | Diseño pobre |

3.5.6. Medición de sobre anchos

3.5.6.1. Equipos utilizados

- Cinta métrica.

3.5.6.2. Muestra

La muestra estuvo conformada por 27 sitios, de acuerdo a la evaluación de la consistencia de diseño.

3.5.6.3. Proceso de toma de datos

Tomando referencia los planos topográficos y con ayuda de la cinta métrica se ubicó la longitud media de la curva (punto medio), donde se midió el ancho total de los dos carriles, los datos fueron anotados en los formatos correspondientes.



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 28 Medición en campo de sobre anchos

Tabla: 45 Datos sobre anchos en curvas horizontales

| UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL | | | | | | | | |
|---|----|---|----------|--|-----------|-----------|---------|-----------------------|
| TESIS: | | "EVALUACIÓN DE SEGURIDAD VIAL - NOMINAL DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO, DE ACUERDO ALA CONSISTENCIA DE DISEÑO GEOMÉTRICO." | | | | | | |
| RESPONSABLES: | | | | GARY ROSSANO GOMEZ ALLENDE JOSE LUIS QUISPE MEJIA | | | | |
| FECHA: | | | | dic-16 | | | | |
| MEDICIÓN DE SOBRE ANCHOS (CAMPO) | | | | | | | | |
| N° | PI | PI (km) | ELEMENTO | L (m) | RADIO (m) | DEFLEXIÓN | | SOBRE ANCHO CAMPO (m) |
| | | | | | | Δ | SENTIDO | |
| 1 | 21 | 1+300.601 | curva | 46.67 | 50 | 53°28´ | I | 1.5 |
| 2 | 22 | 1+334.496 | tangente | 30.13 | | | | |
| 3 | 29 | 1+554.719 | curva | 32.67 | 60 | 31°12´ | D | 1.5 |
| 4 | 30 | 1+639.031 | tangente | 137.60 | | | | |
| 5 | 31 | 1+723.344 | curva | 30.19 | 350 | 4°56´ | D | 0.9 |
| 6 | 32 | 1+772.18 | tangente | 66.28 | | | | |
| 7 | 33 | 1+821.016 | curva | 30.97 | 40 | 44°21´ | I | 1.35 |
| 8 | 34 | 1+845.494 | tangente | 21.16 | | | | |
| 9 | 35 | 1+869.973 | curva | 26.20 | 150 | 10°00´ | D | 1.5 |
| 10 | 36 | 1+952.211 | tangente | 72.78 | | | | |
| 11 | 39 | 2+034.45 | curva | 40.52 | 40 | 58°02´ | I | 1.5 |
| 12 | 40 | 2+065.655 | tangente | 11.63 | | | | |
| 13 | 57 | 2+803.56 | curva | 53.07 | 46 | 66°06´ | I | 1.5 |
| 14 | 58 | 2+472.59 | tangente | 79.34 | | | | |
| 15 | 68 | 3+318.32 | tangente | 318.32 | | | | |
| 16 | 75 | 4+345.69 | curva | 81.97 | 98 | 47°55´ | I | 1.5 |
| 17 | 76 | 4+458.165 | tangente | 156.83 | | | | |
| 18 | 77 | 4+570.64 | curva | 52.50 | 45 | 66°50´ | I | 1.5 |
| 19 | 78 | 4+610.005 | tangente | 48.32 | | | | |
| 20 | 79 | 4+649.38 | curva | 15.22 | 150 | 5°48´ | D | 0.6 |
| 21 | 80 | 4+672.515 | tangente | 10.74 | | | | |
| 22 | 81 | 4+695.65 | curva | 53.22 | 27.5 | 110°53´ | D | 2.4 |
| 23 | 82 | 4+840.925 | tangente | 257.26 | | | | |
| 24 | 83 | 4+986.2 | curva | 15.99 | 250 | 3°39´ | D | 0.4 |

Continúa...

| RESPONSABLES: | | | | GARY ROSSANO GOMEZ ALLENDE JOSE LUIS QUISPE MEJIA | | | | |
|----------------------------------|---------|-----------|----------|--|-----------|-----------|---------|-------------------|
| FECHA: | | | | dic-16 | | | | |
| MEDICIÓN DE SOBRE ANCHOS (CAMPO) | | | | | | | | |
| N° | PI | PI (km) | ELEMENTO | L (m) | RADIO (m) | DEFLEXIÓN | | SOBRE ANCHO CAMPO |
| | | | | | | Δ | SENTIDO | |
| 25 | 84 | 5+097.53 | tangente | 156.42 | | | | |
| 26 | 85 | 5+208.86 | curva | 116.15 | 50 | 133°05' | D | 1.3 |
| 27 | 86 | 5+311.76 | tangente | 53.52 | | | | |
| 28 | 89 | 5+414.66 | curva | 17.51 | 150 | 6°41' | I | 0.6 |
| 29 | 90 | 5+473.485 | tangente | 18.35 | | | | |
| 30 | 93 | 5+532.31 | curva | 44.86 | 43 | 59°46' | D | 1.3 |
| 31 | 94 | 5+593.59 | tangente | 11.10 | | Δ | | |
| 32 | 97 | 5+654.87 | curva | 39.19 | 75 | 29°56' | D | 0.9 |
| 33 | 98 | 5+685.84 | tangente | 20.69 | | | | |
| 34 | 99-100 | 5+716.81 | curva | 69.36 | 22 | 90°19' | I | 2 |
| 35 | 101 | 5+788.195 | tangente | 38.92 | | | | |
| 36 | 102 | 5+824.9 | curva | 43.56 | 150 | 16°38' | I | 1.5 |
| 37 | 103 | 5+857.010 | tangente | 24.53 | | | | |
| 38 | 112 | 6+163.37 | curva | 30.38 | 50 | 34°48' | I | 1.5 |
| 39 | 113 | 6+209.765 | tangente | 51.24 | | | | |
| 40 | 118 | 6+380.69 | curva | 20.03 | 250 | 4°35' | I | 1.5 |
| 41 | 120 | 6+612.48 | curva | 33.81 | 80 | 24°13' | I | 1.3 |
| 42 | 121 | 6+654.595 | tangente | 38.77 | | | | |
| 43 | 122-123 | 6+696.71 | curva | 85.78 | 26 | 94°31' | D | 2.27 |
| 44 | 124 | 6+761.015 | tangente | 18.14 | | | | |
| 45 | 138 | 7+373.130 | tangente | 269.51 | | | | |
| 46 | 139-140 | 7+526.98 | curva | 61.89 | 19 | 93°19' | I | 3.68 |
| 47 | 141 | 7+587.420 | tangente | 32.02 | | | | |
| 48 | 144 | 7+783.38 | curva | 41.16 | 180 | 13°06' | D | 1.5 |
| 49 | 145 | 7+824.600 | tangente | 42.52 | | | | |
| 50 | 160 | 8+387.34 | curva | 20.59 | 120 | 9°49' | D | 1.5 |
| 51 | 161 | 8+436.665 | tangente | 74.48 | | | | |
| 52 | 162 | 8+485.99 | curva | 27.12 | 50 | 31°04' | I | 1.5 |
| 53 | 163 | 8+521.73 | tangente | 26.92 | | | | |
| 54 | 167 | 8+796.170 | tangente | 191.17 | | | | |
| 55 | 168 | 8+905.23 | curva | 13.50 | 450 | 1°43' | D | 1.5 |
| 56 | 169 | 9+069.240 | tangente | 290.23 | | | | |

Fuente: Elaboración propia 2016.

PI: Punto de intersección.

L: Longitud de curva o tangente.

Δ : Ángulo de deflexión en $^{\circ} \prime$.

| | |
|--|------------------|
| | Diseño bueno |
| | Diseño tolerable |
| | Diseño pobre |

3.6. Procedimiento de análisis de datos

3.6.1. Cálculo del índice medio diario anual (I.M.D.A.)

3.6.1.1. Determinación de los factores de corrección estacional

La determinación de los factores de corrección promedio de una estación está en función al peaje más cercano al camino, en este caso se tomó el de SAYLLA del mes de Julio.

- F.C.E. Vehículos Ligeros: 1.045055 (ver tabla 22)
- F.C.E. Vehículos Pesados: 1.026910 (ver tabla 22)

3.6.1.2. Aplicación de la formula, para el conteo de 7 días

Para convertir el volumen de tráfico obtenido del conteo, en Índice Medio Diario (I.M.D), se ha empleado la siguiente fórmula:

$$\text{I.M.D.A.} = \text{I.M.D.S.} \times \text{F.C.E.}$$

Dónde:

I.M.D.S.: Índice medio diario semanal o promedio de tráfico diario.

F.C.E.: Factor de corrección estacional.

Tabla: 46 Índice medio diario anual

| CÁLCULO DEL IMDA | |
|----------------------|----------|
| IMDA LIGERO / 7 días | 871 v/d |
| IMDA PESADO / 7 días | 163 v/d |
| IMDA TOTAL | 1034 v/d |

| FACTOR DE CORRECCIÓN (MES DE JULIO) | |
|-------------------------------------|--------------|
| Fc LIGEROS (1.045055) x IMDA | 911 Veh/día |
| Fc PESADOS (1.02681) x IMDA | 167 Veh/día |
| IMDA * Fc TOTAL | 1078 Veh/día |

| ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL EXISTENTE (USANDO FACTOR DE CORRECCIÓN ESTACIONAL) | | | | | | | | | | | |
|--|------------|---------------------------------|----------|----------|---------|---------|-------|-----------------|---------|---------|----------|
| ESTUDIO DE TRÁFICO | | | | | | | | | | | |
| CARRETERA: | | ENACO - ABRA CCORAO | | | | | | | | | |
| TIPO DE ESTUDIO: | | CONTEO VEHICULAR | | | | | | | | | |
| ESTACIÓN: | | ENACO - PUMAMARCA - ABRA CCORAO | | | | | | | | | |
| SENTIDO: | | SUBIDA - BAJADA | | | | | | | | | |
| FECHA: | | 20 AL 26 DE JULIO DEL 2016 | | | | | | | | | |
| TIPO DE VEHÍCULO | M | M | M | M | M | M | N | N | L | TOTAL | |
| | AUTO | STATION VAGON | PICK UP | MINI BUS | MICRO | BUS 2 E | 2E | 3E | MOTOS | | |
| | | | | | | | | | | | |
| DIA | FECHA | | | | | | | | | | |
| MIÉRCOLES | 20/07/2016 | 320 v/d | 160 v/d | 226 v/d | 63 v/d | 5 v/d | 2 v/d | 130 v/d | 25 v/d | 40 v/d | 969 v/d |
| JUEVES | 21/07/2016 | 274 v/d | 192 v/d | 211 v/d | 65 v/d | 5 v/d | 0 v/d | 121 v/d | 37 v/d | 50 v/d | 955 v/d |
| VIERNES | 22/07/2016 | 278 v/d | 117 v/d | 223 v/d | 46 v/d | 4 v/d | 1 v/d | 118 v/d | 35 v/d | 29 v/d | 851 v/d |
| SÁBADO | 23/07/2016 | 334 v/d | 139 v/d | 230 v/d | 64 v/d | 4 v/d | 2 v/d | 116 v/d | 24 v/d | 36 v/d | 949 v/d |
| DOMINGO | 24/07/2016 | 485 v/d | 187 v/d | 339 v/d | 70 v/d | 1 v/d | 1 v/d | 52 v/d | 7 v/d | 47 v/d | 1189 v/d |
| LUNES | 25/07/2016 | 243 v/d | 156 v/d | 231 v/d | 57 v/d | 4 v/d | 1 v/d | 116 v/d | 22 v/d | 32 v/d | 862 v/d |
| MARTES | 26/07/2016 | 318 v/d | 158 v/d | 243 v/d | 55 v/d | 4 v/d | 1 v/d | 112 v/d | 29 v/d | 39 v/d | 959 v/d |
| TOTAL DE VEHÍCULOS SEMANAL | | 2252 v/d | 1109 v/d | 1703 v/d | 420 v/d | 26 v/d | 8 v/d | 764 v/d | 178 v/d | 273 v/d | 6734 v/d |
| TOTAL DE VEHÍCULOS LIGEROS + conteo de noche | | 6100 v/d | | | | | | | | | |
| TOTAL DE VEHÍCULOS PESADOS + conteo de noche | | | | | | | | 1140 v/d | | | |

Fuente: Elaboración propia 2016.

3.6.1.3. Demanda actual

Del análisis llevado a cabo, se tiene el siguiente Índice Medio Diario: 1078 vehículos diarios, compuesto por el 84.51% de vehículos ligeros y 15.49% de vehículos pesados.

3.6.1.4. Demanda proyectada

Para la proyección de la demanda se utilizó la siguiente formula:

$$T_n = T_0(1 + r)^{(n-1)}$$

Dónde:

T_n = Tránsito proyectado al año en vehículo por día.

T_0 = Tránsito actual (año base) en vehículo por día.

n = Año futuro de proyección.

r = Tasa anual de crecimiento de tránsito.

3.6.1.5. Tasa de crecimiento por región en porcentaje

r_{vp} = Tasa de Crecimiento Anual de la Población (para vehículos de pasajeros) ver tabla 23.

r_{vp} = Tasa de Crecimiento Anual del PBI Regional (para vehículos de carga) ver tabla 24.

Tabla: 47 Proyección de tráfico normal (para vehículos de pasajeros)

| | | | |
|--------------------------|------------------------------|---------------------------------|--------|
| CARRETERA | ENACO - ABRA CCORAO | Tasa de crecimiento poblacional | 1% |
| TIPO DE ESTUDIO | PROYECCIÓN DE TRÁFICO NORMAL | Tasa de crecimiento PBI | 4.3% |
| IMDA (2016) | 1078 | Periodo de diseño (n) | 1 años |
| $T_n = T_0(1 + i)^{n-1}$ | | | |
| AÑO | PROYECCIÓN DE TRÁFICO NORMAL | n | |
| 2016 | 1078 | 1 | |

Fuente: Elaboración propia 2016.

Tabla: 48 Proyección de tráfico normal (para vehículos de carga)

| | | | |
|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|----------|
| CARRETERA | ENACO - ABRA CCORAO | Tasa de crecimiento poblacional | 1% |
| TIPO DE ESTUDIO | PROYECCIÓN DE TRÁFICO GENERADO | Tasa de crecimiento PBI | 4.3% |
| IMDA (2016) | 1078 | Periodo de diseño (n) | 1 años |
| $T_n = T_o(1 + i)^{n-1}$ | | | |
| AÑO | PROYECCIÓN DE TRÁFICO NORMAL | | n |
| 2016 | 1078 | | 1 |

Fuente: Elaboración Propia 2016.

Tabla: 49 Tráfico generado por tipo de vehículo

| Tipo de Intervención | % de Tráfico Normal |
|----------------------|---------------------|
| Mejoramiento | 15 |

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones – MTC

Tabla: 50 Proyección de tráfico generado por tipo de vehículo (para vehículos de carga)

| AÑO | PROYECCIÓN DE TRÁFICO NORMAL | n | TRÁFICO NORMAL | TRÁFICO GENERADO |
|------|------------------------------|---|----------------|------------------|
| 2016 | 1078 | 1 | 162 | 1240 |

Fuente: Elaboración Propia 2016.

Tabla: 51 Proyección de tráfico generado (para vehículos de pasajeros)

| AÑO | PROYECCIÓN DE TRÁFICO NORMAL | n | TRÁFICO NORMAL | TRÁFICO GENERADO |
|------|------------------------------|---|----------------|------------------|
| 2016 | 1078 | 1 | 162 | 1240 |

Fuente: Elaboración propia 2016.

Para el caso del I.M.D.A. del expediente técnico se tomó en cuenta del año en el cual fue calculado (año del 2008) el cual fue **575** veh/día.

Tabla: 52 Proyección de tráfico normal del expediente técnico (para vehículos de pasajeros)

| | | | |
|--------------------------|------------------------------|---------------------------------|---------|
| CARRETERA | ENACO - ABRA CCORAO | Tasa de crecimiento poblacional | 1% |
| TIPO DE ESTUDIO | PROYECCIÓN DE TRÁFICO NORMAL | Tasa de crecimiento PBI | 4.3% |
| IMDA (2008) | 575 | Periodo de diseño (n) | 10 años |
| $T_n = T_o(1 + i)^{n-1}$ | | | |
| AÑO | PROYECCIÓN DE TRÁFICO NORMAL | n | |
| 2008 | 575 | 1 | |
| 2009 | 581 | 2 | |
| 2010 | 587 | 3 | |
| 2011 | 592 | 4 | |
| 2012 | 598 | 5 | |
| 2013 | 604 | 6 | |
| 2014 | 610 | 7 | |
| 2015 | 616 | 8 | |
| 2016 | 623 | 9 | |
| 2017 | 629 | 10 | |

Fuente: Elaboración propia 2016.

Para el cálculo del Tráfico generado por tipo de vehículo se tomó en cuenta la tabla 49.

Tabla: 53 Proyección de tráfico normal del expediente técnico (para vehículos de carga)

| | | | |
|--------------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------|
| CARRETERA | ENACO - ABRA CCORAO | Tasa de crecimiento poblacional | 1% |
| TIPO DE ESTUDIO | PROYECCIÓN DE TRÁFICO GENERADO | Tasa de crecimiento PBI | 4.3% |
| IMDA (2008) | 575 | Periodo de diseño (n) | 10 años |
| $T_n = T_o(1 + i)^{n-1}$ | | | |
| AÑO | TRÁFICO TOTAL PROYECTADO A 10 AÑOS | n | |
| 2008 | 575 | 1 | |
| 2009 | 600 | 2 | |
| 2010 | 626 | 3 | |
| 2011 | 652 | 4 | |
| 2012 | 680 | 5 | |
| 2013 | 710 | 6 | |
| 2014 | 740 | 7 | |
| 2015 | 772 | 8 | |
| 2016 | 805 | 9 | |
| 2017 | 840 | 10 | |

Fuente: Elaboración propia 2016.

Tabla: 54 Proyección de tráfico generado por tipo de vehículo del expediente técnico (para vehículos de pasajeros)

| AÑO | PROYECCIÓN DE TRÁFICO NORMAL | n | TRÁFICO NORMAL | TRÁFICO GENERADO |
|------|------------------------------|----|----------------|------------------|
| 2008 | 575 | 1 | 86 | 661 |
| 2009 | 581 | 2 | 87 | 668 |
| 2010 | 587 | 3 | 88 | 675 |
| 2011 | 592 | 4 | 89 | 681 |
| 2012 | 598 | 5 | 90 | 688 |
| 2013 | 604 | 6 | 91 | 695 |
| 2014 | 610 | 7 | 92 | 702 |
| 2015 | 616 | 8 | 92 | 709 |
| 2016 | 623 | 9 | 93 | 716 |
| 2017 | 629 | 10 | 94 | 723 |

Fuente: Elaboración propia 2016.

Tabla: 55 Proyección de tráfico generado por tipo de vehículo del expediente técnico (para vehículos de carga)

| AÑO | TRÁFICO TOTAL PROYECTADO A 10 AÑOS | n | TRÁFICO NORMAL | TRÁFICO GENERADO |
|------|------------------------------------|----|----------------|------------------|
| 2008 | 575 | 1 | 86 | 661 |
| 2009 | 600 | 2 | 90 | 690 |
| 2010 | 626 | 3 | 94 | 719 |
| 2011 | 652 | 4 | 98 | 750 |
| 2012 | 680 | 5 | 102 | 783 |
| 2013 | 710 | 6 | 106 | 816 |
| 2014 | 740 | 7 | 111 | 851 |
| 2015 | 772 | 8 | 116 | 888 |
| 2016 | 805 | 9 | 121 | 926 |
| 2017 | 840 | 10 | 126 | 966 |

Fuente: Elaboración propia 2016.

3.6.2. Clasificación de la vía y velocidad de diseño

3.6.2.1. Proceso de cálculo

De acuerdo al ÍMDA (Índice Medio Diario Anual) igual a **1078** veh/día calculado del tráfico vehicular y del Manual de Diseño de Carreteras DG-2014 se tuvo:

Clasificación:

- ✓ Según su demanda: una carretera de Segunda Clase.
- ✓ Según su orografía: una carreta de terreno accidentado (TIPO 3).

Velocidad de diseño

Para la elección de la velocidad de diseño se consideró aquella que permita tener control sobre los radios en las curvas más pronunciadas, para ello la velocidad de diseño es igual a 50 Km/h de acuerdo a la tabla 27.

Parámetros mínimos de diseño

Vehículo de diseño: **B2-C2 (Vehículo pesado)** ver tabla 25.

- Velocidad de diseño: **50 Km / h.**
- Alineamiento horizontal: **Radio mínimo: 70 m.**
- Sección transversal:
 - Número de carriles: 2
 - Ancho calzada: 6,6 m
 - Berma: 0,5 m
 - Peralte máximo: 10 %
 - Bombeo: 2 %

3.6.3. Procesamiento de datos en AutoCAD CIVIL 3D 2015 del levantamiento topográfico

3.6.3.1. Procedimiento

Una vez obtenidos los datos en campo, apoyándose de la estación total, se procesó los datos y se obtuvo el plano en AutoCAD CIVIL 3D 2015 de acuerdo a los siguientes pasos:

- Importación de puntos, el cual estuvo en formato (P N E Z D).
- Generación de curvas de nivel, el cual sirve para identificar los desniveles que se presentan en el área de estudio.
- Alineamiento del eje de la vía, el cual permitió identificar las características de diseño de curvas horizontales y tangentes.
- Perfil del eje de la vía, permitió identificar las diferentes pendientes en la carretera de estudio. Incluyendo curvas verticales (cóncavas y convexas).

3.6.3.2. Tablas

Tabla: 56 Elementos de alineamiento horizontal

| UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL | | | | | | | | | | | |
|---|--------|---|--------|--------|--------|----------|----------|----------|----------|-----------|-------------|
| TESIS: | | "EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL – NOMINAL DE LA CARRETERA ENACO – ABRA CCORAO, DE ACUERDO A LA CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO" | | | | | | | | | |
| RESPONSABLES: | | GARY ROSSANO GOMEZ ALLENDE - JOSE LUIS QUISPE MEJIA | | | | | | | | | |
| FECHA: | | nov-16 | | | | | | | | | |
| ELEMENTOS DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO | | | | | | | | | | | |
| PI | DELTA | R (m) | T (m) | LC (m) | C (m) | EXT. (m) | P.I. | P.C. | P.T. | ESTE(X) | NORTE(Y) |
| PI1 | 7°38' | 35 | 2.338 | 4.669 | 4.665 | 0.078 | 0+019.33 | 0+016.99 | 0+021.66 | 184841.29 | 8502020.672 |
| PI2 | 24°17' | 50 | 10.758 | 21.194 | 21.035 | 1.144 | 0+060.42 | 0+049.66 | 0+070.86 | 184872.7 | 8502047.183 |
| PI3 | 7°07' | 150 | 9.346 | 18.668 | 18.656 | 0.291 | 0+179.92 | 0+170.57 | 0+189.24 | 184924.36 | 8502155.289 |
| PI4 | 2°35' | 150 | 3.397 | 6.793 | 6.792 | 0.038 | 0+219.12 | 0+215.73 | 0+222.52 | 184936.75 | 8502192.513 |
| PI5 | 2°38' | 150 | 3.467 | 6.933 | 6.932 | 0.04 | 0+248.61 | 0+245.15 | 0+252.08 | 184947.32 | 8502220.044 |
| PI6 | 78°14' | 20 | 16.264 | 27.309 | 25.236 | 5.778 | 0+395.61 | 0+379.35 | 0+406.66 | 184993.62 | 8502359.562 |
| PI7 | 72°16' | 18 | 13.145 | 22.707 | 21.231 | 4.289 | 0+431.30 | 0+418.15 | 0+440.86 | 184958.25 | 8502380.089 |
| PI8 | 5°25' | 150 | 7.099 | 14.188 | 14.183 | 0.168 | 0+463.32 | 0+456.22 | 0+470.41 | 184965.89 | 8502414.864 |
| PI9 | 3°10' | 350 | 9.684 | 19.364 | 19.361 | 0.134 | 0+530.64 | 0+520.96 | 0+540.32 | 184974.08 | 8502481.698 |
| PI10 | 10°49' | 350 | 33.173 | 66.148 | 66.05 | 1.569 | 0+638.45 | 0+605.27 | 0+671.42 | 184993.09 | 8502587.82 |
| PI11 | 11°48' | 150 | 15.521 | 30.932 | 30.877 | 0.801 | 0+734.11 | 0+718.59 | 0+749.52 | 185027.41 | 8502677.325 |
| PI12 | 16°42' | 90 | 13.226 | 26.264 | 26.171 | 0.967 | 0+800.16 | 0+786.93 | 0+813.20 | 185037.95 | 8502742.636 |
| PI13 | 29°07' | 70 | 18.187 | 35.588 | 35.206 | 2.324 | 0+868.03 | 0+849.84 | 0+885.43 | 185067.66 | 8502803.865 |
| PI14 | 10°08' | 180 | 15.962 | 31.841 | 31.8 | 0.706 | 0+937.68 | 0+921.72 | 0+953.56 | 185063.68 | 8502874.192 |
| PI15 | 3°45' | 180 | 5.909 | 11.813 | 11.811 | 0.097 | 0+988.87 | 0+982.96 | 0+994.78 | 185069.84 | 8502925.097 |
| PI16 | 19°19' | 120 | 20.421 | 40.454 | 40.263 | 1.725 | 1+106.33 | 1+085.91 | 1+126.37 | 185076.26 | 8503042.386 |
| PI17 | 6°44' | 120 | 7.074 | 14.132 | 14.124 | 0.208 | 1+180.47 | 1+173.39 | 1+187.53 | 185104.71 | 8503111.26 |
| PI18 | 24°48' | 60 | 13.193 | 25.973 | 25.771 | 1.433 | 1+234.96 | 1+221.76 | 1+247.74 | 185119.46 | 8503163.732 |
| PI19 | 53°28' | 50 | 25.191 | 46.67 | 44.994 | 5.987 | 1+300.60 | 1+275.41 | 1+322.08 | 185162.37 | 8503213.96 |
| PI20 | 16°29' | 120 | 17.384 | 34.528 | 34.409 | 1.253 | 1+369.59 | 1+352.21 | 1+386.74 | 185146.04 | 8503284.808 |
| PI21 | 27°30' | 60 | 14.683 | 28.801 | 28.525 | 1.771 | 1+418.44 | 1+403.75 | 1+432.55 | 185121.9 | 8503327.543 |
| PI22 | 6°51' | 180 | 10.788 | 21.549 | 21.537 | 0.323 | 1+493.55 | 1+482.76 | 1+504.31 | 185119.31 | 8503403.176 |
| PI23 | 31°12' | 60 | 16.752 | 32.671 | 32.269 | 2.295 | 1+554.72 | 1+537.97 | 1+570.64 | 185109.93 | 8503463.65 |
| PI24 | 4°56' | 350 | 15.103 | 30.188 | 30.178 | 0.326 | 1+723.34 | 1+708.24 | 1+738.43 | 185174.45 | 8503620.343 |

Continúa...

ELEMENTOS DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO

| PI | DELTA | R (m) | T (m) | LC (m) | C (m) | EXT. (m) | P.I. | P.C. | P.T. | ESTE(X) | NORTE(Y) |
|------|---------|-------|--------|--------|---------|----------|----------|----------|----------|-----------|-------------|
| PI25 | 44°21' | 40 | 16.308 | 30.969 | 30.202 | 3.197 | 1+821.02 | 1+804.71 | 1+835.68 | 185219.29 | 8503707.137 |
| PI26 | 10°00' | 150 | 13.132 | 26.197 | 26.164 | 0.574 | 1+869.97 | 1+856.84 | 1+883.04 | 185204.46 | 8503755.519 |
| PI27 | 38°41' | 60 | 21.062 | 40.511 | 39.746 | 3.589 | 1+976.88 | 1+955.82 | 1+996.33 | 185191.37 | 8503861.691 |
| PI28 | 58°02' | 40 | 22.193 | 40.523 | 38.812 | 5.744 | 2+034.45 | 2+012.25 | 2+052.78 | 185222.42 | 8503912.064 |
| PI29 | 22°57' | 160 | 32.483 | 64.094 | 63.666 | 3.264 | 2+096.89 | 2+064.41 | 2+128.50 | 185192.95 | 8503971.458 |
| PI30 | 5°14' | 100 | 4.579 | 9.151 | 9.148 | 0.105 | 2+211.40 | 2+206.83 | 2+215.98 | 185105.41 | 8504046.634 |
| PI31 | 10°24' | 90 | 8.191 | 16.337 | 16.314 | 0.372 | 2+262.13 | 2+253.94 | 2+270.28 | 185070.1 | 8504083.069 |
| PI32 | 6°32' | 150 | 8.566 | 17.113 | 17.104 | 0.244 | 2+320.52 | 2+311.95 | 2+329.06 | 185022.53 | 8504116.997 |
| PI33 | 11°21' | 150 | 14.913 | 29.728 | 29.68 | 0.739 | 2+420.80 | 2+405.88 | 2+435.61 | 184948.04 | 8504184.155 |
| PI34 | 6°15' | 350 | 19.142 | 38.246 | 38.227 | 0.523 | 2+493.56 | 2+474.42 | 2+512.66 | 184885.38 | 8504221.331 |
| PI35 | 25°34' | 120 | 27.237 | 53.567 | 53.123 | 3.052 | 2+588.56 | 2+561.33 | 2+614.89 | 184809.41 | 8504278.453 |
| PI36 | 28°48' | 70 | 17.979 | 35.198 | 34.828 | 2.272 | 2+681.29 | 2+663.31 | 2+698.51 | 184766.2 | 8504361.519 |
| PI37 | 66°06' | 46 | 29.931 | 53.07 | 50.175 | 8.88 | 2+803.56 | 2+773.63 | 2+826.70 | 184769.05 | 8504484.515 |
| PI38 | 3°34' | 150 | 4.687 | 9.37 | 9.369 | 0.073 | 2+910.73 | 2+906.04 | 2+915.41 | 184665.96 | 8504533.083 |
| PI39 | 27°37' | 80 | 19.666 | 38.567 | 38.195 | 2.382 | 3+055.30 | 3+035.63 | 3+074.20 | 184539.27 | 8504602.743 |
| PI40 | 23°48' | 160 | 33.733 | 66.492 | 66.015 | 3.517 | 3+239.07 | 3+205.34 | 3+271.83 | 184437.22 | 8504756.499 |
| PI41 | 28°20' | 140 | 35.345 | 69.243 | 68.539 | 4.393 | 3+349.50 | 3+314.15 | 3+383.39 | 184343.39 | 8504816.541 |
| PI42 | 38°10' | 180 | 62.281 | 119.92 | 117.715 | 10.47 | 3+489.09 | 3+426.81 | 3+546.73 | 184274.91 | 8504939.842 |
| PI43 | 5°50' | 350 | 17.831 | 35.632 | 35.616 | 0.454 | 3+882.88 | 3+865.05 | 3+900.68 | 183907.56 | 8505094.126 |
| PI44 | 1°29' | 250 | 3.261 | 6.521 | 6.521 | 0.021 | 4+012.17 | 4+008.91 | 4+015.43 | 183794.04 | 8505156.058 |
| PI45 | 9°25' | 450 | 37.072 | 73.976 | 73.893 | 1.524 | 4+167.76 | 4+130.69 | 4+204.67 | 183659.44 | 8505234.113 |
| PI46 | 47°55' | 98 | 43.552 | 81.966 | 79.598 | 9.242 | 4+345.69 | 4+302.14 | 4+384.11 | 183522.07 | 8505347.463 |
| PI47 | 66°50' | 45 | 29.698 | 52.501 | 49.574 | 8.916 | 4+570.64 | 4+540.94 | 4+593.45 | 183294.45 | 8505313.878 |
| PI48 | 5°48' | 150 | 7.615 | 15.217 | 15.21 | 0.193 | 4+649.38 | 4+641.77 | 4+656.98 | 183272.63 | 8505231.069 |
| PI49 | 110°53' | 27.5 | 39.926 | 53.221 | 45.295 | 20.98 | 4+695.65 | 4+667.72 | 4+720.94 | 183252.15 | 8505176.506 |

Continúa...

ELEMENTOS DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO

| PI | DELTA | R (m) | T (m) | LC (m) | C (m) | EXT. (m) | P.I. | P.C. | P.T. | ESTE(X) | NORTE(Y) |
|------|---------|-------|---------|---------|--------|----------|----------|----------|----------|-----------|-------------|
| PI50 | 3°39' | 250 | 7.998 | 15.99 | 15.988 | 0.128 | 4+986.20 | 4+978.20 | 4+994.19 | 183023.43 | 8505378.556 |
| PI51 | 133°05' | 50 | 115.252 | 116.147 | 91.739 | 75.63 | 5+208.86 | 5+150.61 | 5+266.76 | 182826.1 | 8505576.727 |
| PI52 | 2°49' | 250 | 6.151 | 12.299 | 12.298 | 0.076 | 5+326.43 | 5+320.28 | 5+332.58 | 183000.94 | 8505582.172 |
| PI53 | 6°41' | 150 | 8.766 | 17.513 | 17.503 | 0.256 | 5+414.66 | 5+405.90 | 5+423.41 | 183089.16 | 8505580.579 |
| PI54 | 50°13' | 40 | 18.749 | 35.065 | 33.953 | 4.176 | 5+460.50 | 5+441.76 | 5+476.82 | 183134.8 | 8505585.098 |
| PI55 | 59°46' | 43 | 24.714 | 44.861 | 42.854 | 6.596 | 5+532.31 | 5+507.60 | 5+552.46 | 183176.44 | 8505646.56 |
| PI56 | 4°34' | 150 | 5.993 | 11.98 | 11.976 | 0.12 | 5+569.56 | 5+563.56 | 5+575.54 | 183218.15 | 8505643.721 |
| PI57 | 29°56' | 75 | 20.053 | 39.189 | 38.744 | 2.634 | 5+654.87 | 5+634.82 | 5+674.00 | 183302.54 | 8505631.156 |
| PI58 | 90°19' | 22 | 22.121 | 34.679 | 31.198 | 9.199 | 5+716.81 | 5+694.69 | 5+729.37 | 183351.8 | 8505592.103 |
| PI59 | 90°19' | 22 | 22.121 | 34.679 | 31.198 | 9.199 | 5+751.49 | 5+729.37 | 5+764.05 | 183379.1 | 8505626.923 |
| PI60 | 16°38' | 150 | 21.933 | 43.558 | 43.405 | 1.595 | 5+824.90 | 5+802.97 | 5+846.53 | 183313.51 | 8505677.753 |
| PI61 | 39°43' | 50 | 18.059 | 34.659 | 33.969 | 3.161 | 5+889.12 | 5+871.06 | 5+905.72 | 183253.33 | 8505701.024 |
| PI62 | 16°22' | 80 | 11.515 | 22.873 | 22.795 | 0.824 | 5+948.68 | 5+937.16 | 5+960.03 | 183223.61 | 8505754.311 |
| PI63 | 25°08' | 50 | 11.152 | 21.945 | 21.769 | 1.229 | 5+987.38 | 5+976.23 | 5+998.17 | 183195.88 | 8505781.534 |
| PI64 | 35°19' | 70 | 22.291 | 43.161 | 42.48 | 3.464 | 6+057.09 | 6+034.80 | 6+077.96 | 183129.76 | 8505804.725 |
| PI65 | 34°48' | 50 | 15.674 | 30.377 | 29.912 | 2.399 | 6+163.37 | 6+147.69 | 6+178.07 | 183067.46 | 8505892.571 |
| PI66 | 20°18' | 150 | 26.864 | 53.164 | 52.886 | 2.387 | 6+256.17 | 6+229.31 | 6+282.47 | 182979.25 | 8505924.402 |
| PI67 | 11°26' | 150 | 15.018 | 29.937 | 29.887 | 0.75 | 6+303.90 | 6+288.88 | 6+318.82 | 182942.34 | 8505955.541 |
| PI68 | 4°35' | 250 | 10.022 | 20.034 | 20.029 | 0.201 | 6+380.69 | 6+370.66 | 6+390.70 | 182894.57 | 8506015.786 |
| PI69 | 24°13' | 80 | 17.162 | 33.811 | 33.56 | 1.82 | 6+612.48 | 6+595.32 | 6+629.13 | 182736.46 | 8506185.302 |
| PI70 | 94°31' | 26 | 28.811 | 43.505 | 38.604 | 12.808 | 6+696.71 | 6+667.90 | 6+711.40 | 182658.33 | 8506218.112 |
| PI71 | 94°29' | 26 | 27.471 | 42.271 | 37.767 | 11.824 | 6+739.51 | 6+712.04 | 6+754.31 | 182685.62 | 8506268.064 |
| PI72 | 14°20' | 80 | 10.066 | 20.027 | 19.974 | 0.631 | 6+782.52 | 6+772.45 | 6+792.48 | 182732.94 | 8506238.725 |
| PI73 | 24°11' | 90 | 19.289 | 38.003 | 37.722 | 2.044 | 6+860.75 | 6+841.46 | 6+879.46 | 182787.22 | 8506182.236 |
| PI74 | 11°10' | 150 | 14.681 | 29.27 | 29.223 | 0.717 | 6+928.60 | 6+913.92 | 6+943.19 | 182850.68 | 8506156.659 |

Continúa...

ELEMENTOS DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO

| PI | DELTA | R (m) | T (m) | LC (m) | C (m) | EXT. (m) | P.I. | P.C. | P.T. | ESTE(X) | NORTE(Y) |
|------|--------|-------|--------|--------|--------|----------|----------|----------|----------|-----------|-------------|
| PI75 | 12°48' | 150 | 16.844 | 33.547 | 33.477 | 0.943 | 7+004.54 | 6+987.70 | 7+021.25 | 182914.36 | 8506115.099 |
| PI76 | 18°48' | 120 | 19.872 | 39.386 | 39.21 | 1.634 | 7+113.79 | 7+093.92 | 7+133.31 | 182990.42 | 8506036.486 |
| PI77 | 17°20' | 80 | 12.203 | 24.219 | 24.127 | 0.925 | 7+154.70 | 7+142.50 | 7+166.72 | 183027.14 | 8506017.661 |
| PI78 | 20°55' | 100 | 18.468 | 36.524 | 36.321 | 1.691 | 7+219.28 | 7+200.81 | 7+237.34 | 183090.97 | 8506006.645 |
| PI79 | 93°19' | 19 | 20.133 | 30.945 | 27.636 | 8.683 | 7+526.98 | 7+506.85 | 7+537.79 | 183355.84 | 8505849.248 |
| PI80 | 93°19' | 19 | 20.133 | 30.945 | 27.636 | 8.683 | 7+557.93 | 7+537.79 | 7+568.74 | 183374.37 | 8505884.995 |
| PI81 | 18°21' | 100 | 16.151 | 32.026 | 31.889 | 1.296 | 7+616.91 | 7+600.76 | 7+632.78 | 183312.02 | 8505912.873 |
| PI82 | 13°06' | 180 | 20.672 | 41.163 | 41.073 | 1.183 | 7+783.38 | 7+762.71 | 7+803.87 | 183188.96 | 8506025.39 |
| PI83 | 38°57' | 55 | 19.456 | 37.4 | 36.684 | 3.34 | 7+865.85 | 7+846.39 | 7+883.79 | 183142.19 | 8506093.538 |
| PI84 | 80°51' | 50 | 42.59 | 70.554 | 64.844 | 15.68 | 7+970.90 | 7+928.31 | 7+998.87 | 183040.06 | 8506123.946 |
| PI85 | 42°56' | 75 | 29.493 | 56.2 | 54.894 | 5.591 | 8+075.70 | 8+046.21 | 8+102.41 | 183055.5 | 8506242.368 |
| PI86 | 7°44' | 120 | 8.125 | 16.226 | 16.214 | 0.275 | 8+151.31 | 8+143.19 | 8+159.41 | 183009.97 | 8506306.189 |
| PI87 | 22°35' | 80 | 15.976 | 31.538 | 31.334 | 1.58 | 8+209.77 | 8+193.79 | 8+225.33 | 182982.73 | 8506357.936 |
| PI88 | 6°24' | 80 | 4.478 | 8.946 | 8.941 | 0.125 | 8+265.09 | 8+260.61 | 8+269.56 | 182939.82 | 8506393.507 |
| PI89 | 10°50' | 80 | 7.587 | 15.128 | 15.105 | 0.359 | 8+323.77 | 8+316.18 | 8+331.31 | 182899.09 | 8506435.769 |
| PI90 | 9°49' | 120 | 10.32 | 20.59 | 20.564 | 0.443 | 8+387.34 | 8+377.02 | 8+397.61 | 182847.12 | 8506472.465 |
| PI91 | 31°04' | 50 | 13.901 | 27.117 | 26.786 | 1.896 | 8+485.99 | 8+472.09 | 8+499.21 | 182777.4 | 8506542.327 |
| PI92 | 31°48' | 110 | 31.338 | 61.058 | 60.277 | 4.377 | 8+557.47 | 8+526.13 | 8+587.19 | 182707.38 | 8506559.764 |
| PI93 | 13°37' | 170 | 20.398 | 40.601 | 40.505 | 1.219 | 8+687.11 | 8+666.72 | 8+707.32 | 182615.85 | 8506653.847 |
| PI94 | 1°43' | 450 | 6.748 | 13.495 | 13.495 | 0.051 | 8+905.23 | 8+898.49 | 8+911.98 | 182431.02 | 8506770.032 |
| PI95 | 14°09' | 250 | 31.044 | 61.771 | 61.614 | 1.92 | 9+233.25 | 9+202.21 | 9+263.98 | 182158.68 | 8506952.876 |

Fuente: Elaboración propia 2016.

PI: Punto de intersección.

PC: Principio de curva.

PT: Principio de tangente.

DELTA: Ángulo de deflexión.

R: Radio.

T: Tangente.

LC: Longitud de curva.

C: Longitud de cuerda.

EXT: External.

3.6.4. Velocidades de operación del percentil 85 estimadas en curvas y tangentes.

3.6.4.1. Proceso de cálculo

Luego de obtener los elementos del alineamiento horizontal, se clasificó las curvas horizontales según sus radios y la pendiente, para poder realizar esta clasificación se tomó los intervalos desarrollados por Fitzpatrick (2000).

El objetivo de que todas las combinaciones geométricas estén representadas, es para que el modelo calcule adecuadamente la velocidad de las distintas combinaciones geométricas existentes en el área seleccionada.

Velocidad de operación estimada con modelos.

Se calculó la velocidad de operación en cada sitio a lo largo del tramo, para las curvas horizontales se utilizó el modelo desarrollado por Fitzpatrick (2000) y para las tangentes se utilizó el modelo propuesto por Lamm (1999), que se presentan en la tabla 3 y figura 16 respectivamente del marco teórico.

A continuación se muestra algunas de la estimación en curvas y tangentes como ejemplo por las diferentes fórmulas:

Velocidad de operación en curvas horizontales.

Ejemplos del cálculo de la velocidad de operación en curvas horizontales, de la carretera en estudio, utilizando el modelo desarrollado por Fitzpatrick ver tabla 57.

- **Sitio 170**, curvas horizontales con pendiente entre $(-4% < i > 0\%)$

$$V(85) = 105.98 - (3709.90/R) \text{ km/h} \dots (Ec 1)$$

$$\text{Radio} = 250 \text{ m.}$$

$$\text{Tipo de pendiente} = \boxed{P2}$$

$$V(85)_{170} = 105.98 - (3709.90 / 250\text{m}) \text{ km/h}$$

$$V(85)_{170} = 91 \text{ km/h.}$$

- **Sitio 37**, en curvas horizontales con pendiente entre ($0% < i > 4%$)

$$V(85) = 104.82 - (3574.51 / R) \text{ km/h} \dots (\text{Ec } 2)$$

Radio = 60 m.

Tipo de pendiente = **P3**

$$V(85)_{37} = 104.82 - (3574.51 / 60 \text{ m}) \text{ km/h}$$

$$V(85)_{37} = 45 \text{ km/h}$$

- **Sitio 27**, en curvas horizontales con pendiente entre ($4% < i > 9%$)

$$V(85) = 96.61 - (2752.19 / R) \text{ km/h} \dots (\text{Ec } 3)$$

Radio = 180 m.

Tipo de pendiente = **P4**

$$V(85)_{27} = 96.61 - (2752.19 / 180 \text{ m}) \text{ km/h}$$

$$V(85)_{27} = 81 \text{ km/h}$$

- **Sitio 89**, en curva horizontal combinada con curva cóncava

$$V(85) = 105.32 - (3438.19 / R) \text{ km/h}$$

Radio = 150 m

Tipo de pendiente = **P5**

$$V(85)_{89} = 105.32 - (3438.19 / 150 \text{ m}) \text{ km/h}$$

$$V(85)_{89} = 82 \text{ km/h}$$

- **Sitio 114**, en curva horizontal combinada con curva convexa.
Considerar el siguiente paramento, para comparar con la velocidad estimada con las ecuaciones 1 o 2 (para pendientes descendentes) y 3 o 4 (para pendientes ascendentes) y usar la menor.

Radio = 150 m

Tipo de pendiente = **P6**

Pendiente ascendente utilizar ecuaciones 3 o 4.

Ecuación 3

$$V(85) = 104.82 - (3574.51/R) \text{ km/h}$$

$$V(85)_{114} = 104.82 - (3574.51 / 150 \text{ m}) \text{ km/h}$$

$$V(85)_{114} = 81 \text{ km/h.}$$

Ecuación 4

$$V(85) = 96.61 - (2752.19 / R) \text{ km/h}$$

$$V(85)_{114} = 96.61 - (2752.19 / 150 \text{ m}) \text{ km/h}$$

$$V(85)_{114} = 78 \text{ km/h.}$$

Como se puede observar de acuerdo a las ecuaciones, la velocidad menor es la que corresponde a la ecuación 4 que como resultado es de 78 km/h, velocidad que se consideró para la estimación.

Velocidad de operación en tangentes.

Ejemplos del cálculo de la velocidad de operación en tangentes, en la carretera en estudio, utilizando el modelo propuesto por Lamm (1999) ver tabla 57.

Para el cálculo de la velocidad de operación en tangentes, es necesario determinar si la tangente es o no independiente, para ello es necesario establecer $LT_{mín}$ y $LT_{máx}$ con el objetivo de diferenciar entre los tres casos siguientes:

- caso 1: Si $LT \leq LT_{mín}$, entonces la tangente no es independiente, no se alcanza acelerar hasta $V_{85.n+1}$.
- caso 2: Si $LT \geq LT_{máx}$, entonces la tangente es independiente, se alcanza a acelerar hasta V_{des} .
- caso 3: Si $LT_{mín} < LT < LT_{máx}$, entonces la tangente es independiente, se alcanza a acelerar hasta $V_{85,+1}$.

El procedimiento para determinar la velocidad de operación en tangentes, dependerá al caso que corresponda.

• Sitio 20

$$LT_{mín} = | (V^2_{85,n-1}) - (V^2_{85,n+1}) | / 25.92 * a \dots \dots \dots (Ec1. Lt.)$$

$$\text{Longitud de tangente} = 27.67 \text{ m}$$

$$V_{85,19} = 48 \text{ km/h}$$

$$V_{85,21} = 42 \text{ km/h}$$

$$a = 0.85 \text{ m/s}^2$$

$$LT_{\text{mín}} = | (V^2_{85,n-1}) - (V^2_{85,n+1}) | / 25.92 * a$$

$$LT_{\text{mín}} = | (48^2) - (42^2) | / 25.92 * 0.85$$

$$LT_{\text{mín}} = 25 \text{ m.}$$

La longitud de tangente del sitio 20 es mayor que la longitud de tangente mínima, se descarta el caso 1. Para determinar si los conductores alcanzan la velocidad deseada, es necesario establecer la longitud de tangente máxima utilizando la ecuación Ec2.Lt2.

$$LT_{\text{máx}} = | 2 \times V^2_{\text{des}} - V^2_{85,n-1} - V^2_{85,n+1} | / 25.92 \times a \dots\dots\dots (\text{Ec2. Lt2})$$

$V_{\text{des}} = 73 \text{ km/h}$. velocidad de operación establecida por la medición en campo.

$$LT_{\text{máx}} = | 2 \times V^2_{\text{des}} - V^2_{85,n-1} - V^2_{85,n+1} | / 25.92 \times a$$

$$LT_{\text{máx}} = | (2 \times 73^2) - (48^2 - 42^2) | / 25.92 \times 0.85$$

$$LT_{\text{máx}} = 299 \text{ m.}$$

Se pueda observar que la longitud de la tangente se encuentra entre la longitud mínima y máxima el cual corresponde a utilizar el caso 3. Por ende la velocidad de operación del sitio 20 será 48km/h de acuerdo a la ecuación (Ec1.V (85) Tg).

$$V_{85T} = \sqrt{12.04 \times a \times (LT - LT_{\text{mín}}) + V^2_{85,n} - 1} \dots\dots (\text{Ec 1.V (85) Tg})$$

$$V_{85T} = \sqrt{12.04 \times 0.85 \times (27.67 - 25) + 48^2}$$

$$V_{85T} = 48 \text{ km/h.}$$

- **Sitio 16**

Long de tangente = 47.03 m

$$V_{85,1} = 74 \text{ km/h}$$

$$V_{85,3} = 77 \text{ km/h}$$

$$a = 0.85 \text{ m/s}^2$$

$$LT_{\text{mín}} = | (V^2_{85,n-1}) - (V^2_{85,n+1}) | / 25.92 * a$$

$$LT_{\text{mín}} = | (74^2) - (77^2) | / 25.92 * 0.85$$

$$LT_{\min} = 21 \text{ m.}$$

Longitud de tangente del sitio 16 es mayor que la longitud de tangente mínima, se descarta el caso 1, es necesario establecer la longitud de tangente máxima utilizando la ecuación Ec 2.Lt2.

$$V_{\text{des}} = 73 \text{ km/h.}$$

$$LT_{\max} = |2 \times V_{\text{des}}^2 - V_{85,n-1}^2 - V_{85,n+1}^2| / 25.92 \times a$$

$$LT_{\max} = |(2 \times 73^2) - (74^2 - 77^2)| / 25.92 \times 0.85$$

$$LT_{\max} = 34 \text{ m.}$$

En este sitio se cumple el caso 2, la longitud de tangente del sitio 16 es mayor que la longitud de tangente máxima, se determinó que se logra alcanzar la velocidad deseada, por lo tanto, la velocidad de operación en tangente del sitio 16 es igual a la velocidad deseada.

$$V_{85} = V_{\text{des}}$$

$$V_{85} = 73 \text{ km/h.}$$

- **Sitio 96**

$$\text{Long de tangente} = 59.28 \text{ m}$$

$$V_{85,1} = 78 \text{ km/h}$$

$$V_{85,3} = 60 \text{ km/h}$$

$$a = 0.85 \text{ m/s}^2$$

$$LT_{\min} = |(V_{85,n-1}^2) - (V_{85,n+1}^2)| / 25.92 * a$$

$$LT_{\min} = |(78^2) - (60^2)| / 25.92 * 0.85$$

$$LT_{\min} = 112.75 \text{ m.}$$

En este sitio se cumple el caso 1, la longitud de tangente 16 es menor que la longitud de tangente mínima, la tangente no es independiente y no se alcanza acelerar hasta $V_{85,n+1}$, Para establecer la velocidad de operación en tangente del sitio 96 se utiliza la ecuación (Ec 2.V (85) Tg)

$$V_{85} = (V_{85,n-1} + V_{85,n+1}) / 2 \quad \text{..... (Ec 2.V (85) Tg)}$$

$$V_{85} = (78 + 60) / 2$$

$$V_{85} = 69 \text{ km/h}$$

3.6.4.2. Tablas

Tabla: 57 Cuadros de estimaciones de velocidades de curvas y tangentes

| UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL | | | | | | | | | | | |
|---|----------|---|-----------|----------|------------------------------|---------------|-------------------------------|--------------------|------------------|-----------|-----------------|
| TESIS: | | "EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL - NOMINAL DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO, DE ACUERDO A LA CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMETRICO" | | | | | | | | | |
| RESPONSABLES: | | GARY ROSSANO GOMEZ ALLENDE - JOSE LUIS QUISPE MEJIA | | | | | | | | | |
| ESTIMACIÓN DE VELOCIDADES POR LAS FORMULAS DE FITZPATRIK Y LAMM | | | | | | | | | | | |
| CONDICIONES DE ALINEAMIENTO | | | | | ECUACIÓN | DATOS | DATOS | TIPOS DE PENDIENTE | DATOS DE ENTRADA | | |
| CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (-9% < i > -4%) | | | | | $V(85)=102.10 - (3077.13/R)$ | 102.1 | 3077.13 | P1 | a | 0.85 | m/s2 |
| CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (-4% < i > 0%) | | | | | $V(85)=105.98 - (3709.90/R)$ | 105.98 | 3709.9 | P2 | V.deseada | 73 | km/h |
| CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (0% < i > 4%) | | | | | $V(85)=104.82 - (3574.51/R)$ | 104.82 | 3574.51 | P3 | V Diseño | 30 | km/h |
| CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (4% < i > 9%) | | | | | $V(85)=96.61 - (2752.19/R)$ | 96.61 | 2752.19 | P4 | | | |
| CURVA HORIZONTAL COMBINADA CON CURVA CONCAVA | | | | | $V(85)=105.32 - (3438.19/R)$ | 105.32 | 3438.19 | P5 | | | |
| CURVA HORIZONTAL COMBINADA CON CURVA CONVEXA | | | | | CONSIDERAR CASO 2 | | | P6 | | | |
| SITIO | ELEMENTO | LONG (m) | RADIO (m) | P.C | P.T | PENDIENTE (%) | TIPO DE PENDIENTE FITZPATRICK | V(85) Km/h | LTMIN (m) | LTMAX (m) | VEL TANG (Km/h) |
| - | tangente | 127.27 | | | | | | | 69 | 474 | 82 |
| PI 6 | curva | 27.31 | 20 | 0+379.35 | 0+406.66 | 12.04 | P4 | -41 | | | |
| - | tangente | 11.49 | | | | | | | 138 | N | -49 |
| PI 7 | curva | 22.71 | 18 | 0+418.15 | 0+440.86 | 12.04 | P4 | -56 | | | |
| - | tangente | 15.36 | | | | | | | 138 | N | 11 |
| PI 8 | curva | 14.19 | 150 | 0+456.22 | 0+470.41 | 12.04 | P4 | 78 | | | |
| - | tangente | 50.59 | | | | | | | 143 | N | 87 |
| 1 | curva | 19.36 | 350 | 0+520.96 | 0+540.32 | 6.13 | P5 | 95 | | | |
| 2 | tangente | 64.96 | | | | | | | 0 | 335.51 | 98 |
| 3 | curva | 66.15 | 350 | 0+605.27 | 0+671.42 | 6.13 | P5 | 95 | | | |
| 4 | tangente | 47.17 | | | | | | | 133 | N | 87 |
| 5 | curva | 30.93 | 150 | 0+718.59 | 0+749.52 | 11.62 | P4 | 78 | | | |
| 6 | tangente | 37.41 | | | | | | | 78 | N | 72 |
| 7 | curva | 26.26 | 90 | 0+786.93 | 0+813.20 | 11.62 | P4 | 66 | | | |
| 8 | tangente | 36.65 | | | | | | | 50 | N | 62 |
| 9 | curva | 35.59 | 70 | 0+849.84 | 0+885.43 | 7.26 | P4 | 57 | | | |
| 10 | tangente | 36.29 | | | | | | | 150.33 | N | 69 |
| 11 | curva | 31.84 | 180 | 0+921.72 | 0+953.56 | 7.26 | P4 | 81 | | | |
| 12 | tangente | 29.40 | | | | | | | 0 | 111.84 | 83 |
| 13 | curva | 11.81 | 180 | 0+982.96 | 0+994.78 | 7.26 | P4 | 81 | | | |
| 14 | tangente | 91.13 | | | | | | | 49.25 | 62.59 | 73 |
| 15 | curva | 40.45 | 120 | 1+085.91 | 1+126.37 | 7.26 | P4 | 74 | | | |
| 16 | tangente | 47.03 | | | | | | | 20.56 | 33.91 | 73 |
| 17 | curva | 14.13 | 120 | 1+173.39 | 1+187.53 | 7.26 | P5 | 77 | | | |
| 18 | tangente | 34.24 | | | | | | | 164.53 | N | 63 |
| 19 | curva | 25.97 | 60 | 1+221.76 | 1+247.74 | 9.57 | P5 | 48 | | | |
| 20 | tangente | 27.67 | | | | | | | 24.51 | 299.11 | 48 |
| 21 | curva | 46.67 | 50 | 1+275.41 | 1+322.08 | 9.57 | P4 | 42 | | | |
| 22 | tangente | 30.13 | | | | | | | 168.48 | N | 58 |
| 23 | curva | 34.53 | 120 | 1+352.21 | 1+386.74 | 9.57 | P4 | 74 | | | |
| 24 | tangente | 17.01 | | | | | | | 130.49 | N | 63 |
| 25 | curva | 28.80 | 60 | 1+403.75 | 1+432.55 | 9.57 | P4 | 51 | | | |

Continúa...

| ESTIMACIÓN DE VELOCIDADES POR LAS FORMULAS DE FITZPATRIK Y LAMM | | | | | | | | | | | |
|---|----------|----------|-----------|----------|------------------------------|---------------|-------------------------------|--------------------|------------------|-----------|-----------------|
| CONDICIONES DE ALINEAMIENTO | | | | | ECUACIÓN | DATOS | DATOS | TIPOS DE PENDIENTE | DATOS DE ENTRADA | | |
| CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (-9% < i > -4%) | | | | | $V(85)=102.10 - (3077.13/R)$ | 102.1 | 3077.13 | P1 | a | 0.85 | m/s2 |
| CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (-4% < i > 0%) | | | | | $V(85)=105.98 - (3709.90/R)$ | 105.98 | 3709.9 | P2 | V.deseada | 73 | km/h |
| CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (0% < i > 4%) | | | | | $V(85)=104.82 - (3574.51/R)$ | 104.82 | 3574.51 | P3 | V Diseño | 30 | km/h |
| CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (4% < i > 9%) | | | | | $V(85)=96.61 - (2752.19/R)$ | 96.61 | 2752.19 | P4 | | | |
| CURVA HORIZONTAL COMBINADA CON CURVA CONCAVA | | | | | $V(85)=105.32 - (3438.19/R)$ | 105.32 | 3438.19 | P5 | | | |
| CURVA HORIZONTAL COMBINADA CON CURVA CONVEXA | | | | | CONSIDERAR CASO 2 | | | P6 | | | |
| SITIO | ELEMENTO | LONG (m) | RADIO (m) | P.C | P.T | PENDIENTE (%) | TIPO DE PENDIENTE FITZPATRICK | V(85) Km/h | LTMIN (m) | LTMAX (m) | VEL TANG (Km/h) |
| 26 | tangente | 50.21 | | | | | | | 179.74 | N | 66 |
| 27 | curva | 21.55 | 180 | 1+482.76 | 1+504.31 | 9.57 | P4 | 81 | | | |
| 28 | tangente | 33.66 | | | | | | | 179.74 | N | 66 |
| 29 | curva | 32.67 | 60 | 1+537.97 | 1+570.64 | 9.57 | P4 | 51 | | | |
| 30 | tangente | 137.60 | | | | | | | 241.47 | N | 70 |
| 31 | curva | 30.19 | 350 | 1+708.24 | 1+738.43 | 9.57 | P6 | 89 | | | |
| 32 | tangente | 66.28 | | | | | | | 349.31 | N | 52 |
| 33 | curva | 30.97 | 40 | 1+804.71 | 1+835.68 | 2.74 | P6 | 15 | | | |
| 34 | tangente | 21.16 | | | | | | | 265.93 | N | 47 |
| 35 | curva | 26.20 | 150 | 1+856.84 | 1+883.04 | 2.74 | P6 | 78 | | | |
| 36 | tangente | 72.78 | | | | | | | 184.23 | N | 62 |
| 37 | curva | 40.51 | 60 | 1+955.82 | 1+996.33 | 2.74 | P3 | 45 | | | |
| 38 | tangente | 15.92 | | | | | | | 81.70 | N | 30 |
| 39 | curva | 40.52 | 40 | 2+012.25 | 2+052.78 | 2.74 | P3 | 15 | | | |
| 40 | tangente | 11.63 | | | | | | | 294.98 | N | 49 |
| 41 | curva | 64.09 | 160 | 2+064.41 | 2+128.50 | 2.74 | P3 | 82 | | | |
| 42 | tangente | 78.33 | | | | | | | 89.10 | N | 76 |
| 43 | curva | 9.15 | 100 | 2+206.83 | 2+215.98 | 2.74 | P3 | 69 | | | |
| 44 | tangente | 37.96 | | | | | | | 12.35 | 64.00 | 71 |
| 45 | curva | 16.34 | 90 | 2+253.94 | 2+270.28 | 2.74 | P5 | 67 | | | |
| 46 | tangente | 41.67 | | | | | | | 72.39 | N | 73 |
| 47 | curva | 17.11 | 150 | 2+311.95 | 2+329.06 | 7.44 | P4 | 78 | | | |
| 48 | tangente | 76.82 | | | | | | | 0.00 | 69.00 | 73 |
| 49 | curva | 29.73 | 150 | 2+405.88 | 2+435.61 | 7.44 | P4 | 78 | | | |
| 50 | tangente | 38.81 | | | | | | | 83.38 | N | 84 |
| 51 | curva | 38.25 | 350 | 2+474.42 | 2+512.66 | 7.44 | P4 | 89 | | | |
| 52 | tangente | 48.67 | | | | | | | 110.97 | N | 82 |
| 53 | curva | 53.57 | 120 | 2+561.33 | 2+614.89 | 7.44 | P4 | 74 | | | |
| 54 | tangente | 48.42 | | | | | | | 106.21 | N | 65 |
| 55 | curva | 35.20 | 70 | 2+663.31 | 2+698.51 | 8.59 | P5 | 56 | | | |

Continúa...

| ESTIMACIÓN DE VELOCIDADES POR LAS FORMULAS DE FITZPATRIK Y LAMM | | | | | | | | | | | |
|---|----------|----------|-----------|----------|------------------------------|---------------|-------------------|--------------------|------------------|-----------|------------------|
| CONDICIONES DE ALINEAMIENTO | | | | | ECUACIÓN | DATOS | DATOS | TIPOS DE PENDIENTE | DATOS DE ENTRADA | | |
| CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (-9% < i > -4%) | | | | | $V(85)=102.10 - (3077.13/R)$ | 102.1 | 3077.13 | P1 | a | 0.85 | m/s2 |
| CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (-4% < i > 0%) | | | | | $V(85)=105.98 - (3709.90/R)$ | 105.98 | 3709.9 | P2 | V.deseada | 73 | km/h |
| CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (0% < i > 4%) | | | | | $V(85)=104.82 - (3574.51/R)$ | 104.82 | 3574.51 | P3 | V Diseño | 30 | km/h |
| CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (4% < i > 9%) | | | | | $V(85)=96.61 - (2752.19/R)$ | 96.61 | 2752.19 | P4 | | | |
| CURVA HORIZONTAL COMBINADA CON CURVA CONCAVA | | | | | $V(85)=105.32 - (3438.19/R)$ | 105.32 | 3438.19 | P5 | | | |
| CURVA HORIZONTAL COMBINADA CON CURVA CONVEXA | | | | | CONSIDERAR CASO 2 | | | P6 | | | |
| SITIO | ELEMENTO | LONG (m) | RADIO (m) | P.C | P.T | PENDIENTE (%) | TIPO DE PENDIENTE | V(85) Km/h | LTMIN (m) | LTMAX (m) | VEL TANGE (Km/h) |
| 56 | tangente | 75.12 | | | | | | | 109.25 | N | 42 |
| 57 | curva | 53.07 | 46 | 2+773.63 | 2+826.70 | 8.59 | P6 | 27 | | | |
| 58 | tangente | 79.34 | | | | | | | 243.06 | N | 53 |
| 59 | curva | 9.37 | 150 | 2+906.04 | 2+915.41 | 6.49 | P4 | 78 | | | |
| 60 | tangente | 120.22 | | | | | | | 101.67 | N | 73 |
| 61 | curva | 38.57 | 80 | 3+035.63 | 3+074.20 | 6.49 | P4 | 62 | | | |
| 62 | tangente | 131.14 | | | | | | | 108.80 | N | 73 |
| 63 | curva | 66.49 | 160 | 3+205.34 | 3+271.83 | 6.49 | P4 | 79 | | | |
| 64 | tangente | 42.32 | | | | | | | 14.16 | 69.00 | 81 |
| 65 | curva | 69.24 | 140 | 3+314.15 | 3+383.39 | 5.61 | P4 | 77 | | | |
| 66 | tangente | 43.42 | | | | | | | 28.69 | 83.00 | 78 |
| 67 | curva | 119.92 | 180 | 3+426.81 | 3+546.73 | 5.61 | P4 | 81 | | | |
| 68 | tangente | 318.32 | | | | | | | N | 224.00 | 73 |
| 69 | curva | 35.63 | 350 | 3+865.05 | 3+900.68 | 2.28 | P3 | 95 | | | |
| 70 | tangente | 108.23 | | | | | | | 33.77 | 302.00 | 99 |
| 71 | curva | 6.52 | 250 | 4+008.91 | 4+015.43 | 2.28 | P3 | 91 | | | |
| 72 | tangente | 115.26 | | | | | | | 8.22 | 260.00 | 97 |
| 73 | curva | 73.98 | 450 | 4+130.69 | 4+204.67 | 2.28 | P6 | 90 | | | |
| 74 | tangente | 97.27 | | | | | | | 145.24 | N | 80 |
| 75 | curva | 81.97 | 98 | 4+302.14 | 4+384.11 | 0.91 | P5 | 70 | | | |
| 76 | tangente | 156.83 | | | | | | | 194.04 | N | 48 |
| 77 | curva | 52.50 | 45 | 4+540.94 | 4+593.45 | 0.91 | P3 | 25 | | | |
| 78 | tangente | 48.32 | | | | | | | 276.82 | N | 54 |
| 79 | curva | 15.22 | 150 | 4+641.77 | 4+656.98 | 5.68 | P5 | 82 | | | |
| 80 | tangente | 10.74 | | | | | | | 287.04 | N | 31 |
| 81 | curva | 53.22 | 27.5 | 4+667.72 | 4+720.94 | 5.68 | P5 | -20 | | | |
| 82 | tangente | 257.26 | | | | | | | 317.54 | N | 33 |
| 83 | curva | 15.99 | 250 | 4+978.20 | 4+994.19 | 3.08 | P6 | 86 | | | |
| 84 | tangente | 156.42 | | | | | | | 273.56 | N | 62 |
| 85 | curva | 116.15 | 50 | 5+150.61 | 5+266.76 | 6.14 | P5 | 37 | | | |
| 86 | tangente | 53.52 | | | | | | | 273.56 | N | 62 |
| 87 | curva | 12.30 | 250 | 5+320.28 | 5+332.58 | 6.14 | P4 | 86 | | | |

Continúa...

| ESTIMACIÓN DE VELOCIDADES POR LAS FORMULAS DE FITZPATRIK Y LAMM | | | | | | | | | | | |
|---|----------|----------|-----------|----------|------------------------------|---------------|-------------------|--------------------|------------------|-----------|------------------|
| CONDICIONES DE ALINEAMIENTO | | | | | ECUACIÓN | DATOS | DATOS | TIPOS DE PENDIENTE | DATOS DE ENTRADA | | |
| CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (-9% < i > -4%) | | | | | $V(85)=102.10 - (3077.13/R)$ | 102.1 | 3077.13 | P1 | a | 0.85 | m/s2 |
| CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (-4% < i > 0%) | | | | | $V(85)=105.98 - (3709.90/R)$ | 105.98 | 3709.9 | P2 | V.deseada | 73 | km/h |
| CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (0% < i > 4%) | | | | | $V(85)=104.82 - (3574.51/R)$ | 104.82 | 3574.51 | P3 | V Diseño | 30 | km/h |
| CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (4% < i > 9%) | | | | | $V(85)=96.61 - (2752.19/R)$ | 96.61 | 2752.19 | P4 | | | |
| CURVA HORIZONTAL COMBINADA CON CURVA CONCAVA | | | | | $V(85)=105.32 - (3438.19/R)$ | 105.32 | 3438.19 | P5 | | | |
| CURVA HORIZONTAL COMBINADA CON CURVA CONVEXA | | | | | CONSIDERAR CASO 2 | | | P6 | | | |
| SITIO | ELEMENTO | LONG (m) | RADIO (m) | P.C | P.T | PENDIENTE (%) | TIPO DE PENDIENTE | V(85) Km/h | LTMIN (m) | LTMAX (m) | VEL TANGE (Km/h) |
| 88 | tangente | 73.32 | | | | | | | 30.50 | 157.00 | 89 |
| 89 | curva | 17.51 | 150 | 5+405.90 | 5+423.41 | 8.09 | P5 | 82 | | | |
| 90 | tangente | 18.35 | | | | | | | 269.61 | N | 55 |
| 91 | curva | 35.07 | 40 | 5+441.76 | 5+476.82 | 8.09 | P4 | 28 | | | |
| 92 | tangente | 30.78 | | | | | | | 13.84 | 399.00 | 31 |
| 93 | curva | 44.86 | 43 | 5+507.60 | 5+552.46 | 8.09 | P4 | 33 | | | |
| 94 | tangente | 11.10 | | | | | | | 226.72 | N | 56 |
| 95 | curva | 11.98 | 150 | 5+563.56 | 5+575.54 | 8.09 | P6 | 78 | | | |
| 96 | tangente | 59.28 | | | | | | | 112.75 | N | 69 |
| 97 | curva | 39.19 | 75 | 5+634.82 | 5+674.00 | 7.22 | P4 | 60 | | | |
| 98 | tangente | 20.69 | | | | | | | 45.34 | N | 5 |
| 99 | curva | 34.68 | 22 | 5+694.69 | 5+729.37 | 7.22 | P5 | -51 | | | |
| 100 | curva | 34.68 | 22 | 5+729.37 | 5+764.05 | 7.22 | P5 | -51 | | | |
| 101 | tangente | 38.92 | | | | | | | 158.09 | N | 14 |
| 102 | curva | 43.56 | 150 | 5+802.97 | 5+846.53 | 8.83 | P4 | 78 | | | |
| 103 | tangente | 24.53 | | | | | | | 196.08 | N | 60 |
| 104 | curva | 34.66 | 50 | 5+871.06 | 5+905.72 | 8.83 | P4 | 42 | | | |
| 105 | tangente | 31.44 | | | | | | | 94.41 | N | 52 |
| 106 | curva | 22.87 | 80 | 5+937.16 | 5+960.03 | 8.83 | P4 | 62 | | | |
| 107 | tangente | 16.20 | | | | | | | 94.41 | N | 52 |
| 108 | curva | 21.95 | 50 | 5+976.23 | 5+998.17 | 8.83 | P4 | 42 | | | |
| 109 | tangente | 36.63 | | | | | | | 67.40 | N | 50 |
| 110 | curva | 43.16 | 70 | 6+034.80 | 6+077.96 | 8.83 | P4 | 57 | | | |
| 111 | tangente | 69.73 | | | | | | | 67.40 | 256.00 | 57 |
| 112 | curva | 30.38 | 50 | 6+147.69 | 6+178.07 | 8.83 | P4 | 42 | | | |
| 113 | tangente | 51.24 | | | | | | | 196.08 | N | 60 |
| 114 | curva | 53.16 | 150 | 6+229.31 | 6+282.47 | 3.97 | P6 | 78 | | | |
| 115 | tangente | 6.41 | | | | | | | 21.65 | 90.00 | 77 |
| 116 | curva | 29.94 | 150 | 6+288.88 | 6+318.82 | 3.97 | P3 | 81 | | | |
| 117 | tangente | 51.84 | | | | | | | 78.07 | N | 86 |
| 118 | curva | 20.03 | 250 | 6+370.66 | 6+390.70 | 3.97 | P3 | 91 | | | |
| 119 | tangente | 204.62 | | | | | | | N | 67.00 | 73 |
| 120 | curva | 33.81 | 80 | 6+595.32 | 6+629.13 | 7.26 | P4 | 62 | | | |

Continúa...

| ESTIMACIÓN DE VELOCIDADES POR LAS FORMULAS DE FITZPATRIK Y LAMM | | | | | | | | | | | |
|---|----------|----------|-----------|----------|------------------------------|---------------|-------------------|--------------------|------------------|-----------|------------------|
| CONDICIONES DE ALINEAMIENTO | | | | | ECUACIÓN | DATOS | DATOS | TIPOS DE PENDIENTE | DATOS DE ENTRADA | | |
| CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (-9% < i > -4%) | | | | | $V(85)=102.10 - (3077.13/R)$ | 102.1 | 3077.13 | P1 | a | 0.85 | m/s2 |
| CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (-4% < i > 0%) | | | | | $V(85)=105.98 - (3709.90/R)$ | 105.98 | 3709.9 | P2 | V.deseada | 73 | km/h |
| CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (0% < i > 4%) | | | | | $V(85)=104.82 - (3574.51/R)$ | 104.82 | 3574.51 | P3 | V Diseño | 30 | km/h |
| CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (4% < i > 9%) | | | | | $V(85)=96.61 - (2752.19/R)$ | 96.61 | 2752.19 | P4 | | | |
| CURVA HORIZONTAL COMBINADA CON CURVA CONCAVA | | | | | $V(85)=105.32 - (3438.19/R)$ | 105.32 | 3438.19 | P5 | | | |
| CURVA HORIZONTAL COMBINADA CON CURVA CONVEXA | | | | | CONSIDERAR CASO 2 | | | P6 | | | |
| SITIO | ELEMENTO | LONG (m) | RADIO (m) | P.C | P.T | PENDIENTE (%) | TIPO DE PENDIENTE | V(85) Km/h | LTMIN (m) | LTMAX (m) | VEL TANGE (Km/h) |
| 121 | tangente | 38.77 | | | | | | | 170.80 | N | 27 |
| 122 | curva | 43.51 | 26 | 6+667.90 | 6+711.40 | 7.26 | P4 | -9 | | | |
| 123 | curva | 42.27 | 26 | 6+712.04 | 6+754.31 | 7.26 | P4 | -9 | | | |
| 124 | tangente | 18.14 | | | | | | | 159.72 | N | 26 |
| 125 | curva | 20.03 | 80 | 6+772.45 | 6+792.48 | 1.69 | P6 | 60 | | | |
| 126 | tangente | 48.98 | | | | | | | 28.37 | 129.00 | 62 |
| 127 | curva | 38.00 | 90 | 6+841.46 | 6+879.46 | 1.69 | P3 | 65 | | | |
| 128 | tangente | 34.46 | | | | | | | 113.43 | N | 74 |
| 129 | curva | 29.27 | 150 | 6+913.92 | 6+943.19 | 3.24 | P5 | 82 | | | |
| 130 | tangente | 44.51 | | | | | | | 7.40 | 119.00 | 84 |
| 131 | curva | 33.55 | 150 | 6+987.70 | 7+021.25 | 3.24 | P3 | 81 | | | |
| 132 | tangente | 72.67 | | | | | | | 28.69 | 83.00 | 84 |
| 133 | curva | 39.39 | 120 | 7+093.92 | 7+133.31 | 3.24 | P5 | 77 | | | |
| 134 | tangente | 9.19 | | | | | | | 94.64 | N | 70 |
| 135 | curva | 24.22 | 80 | 7+142.50 | 7+166.72 | 5.53 | P4 | 62 | | | |
| 136 | tangente | 34.00 | | | | | | | 41.62 | N | 66 |
| 137 | curva | 36.52 | 100 | 7+200.81 | 7+237.34 | 5.53 | P4 | 69 | | | |
| 138 | tangente | 269.51 | | | | | | | N | 163.00 | 73 |
| 139 | curva | 30.95 | 19 | 7+506.85 | 7+537.79 | 7.37 | P4 | -48 | | | |
| 140 | curva | 30.95 | 19 | 7+537.79 | 7+568.74 | 7.37 | P4 | -48 | | | |
| 141 | tangente | 32.02 | | | | | | | 111.52 | N | 11 |
| 142 | curva | 32.03 | 100 | 7+600.76 | 7+632.78 | 2.69 | P3 | 69 | | | |
| 143 | tangente | 129.93 | | | | | | | N | 60.00 | 73 |
| 144 | curva | 41.16 | 180 | 7+762.71 | 7+803.87 | 2.69 | P3 | 85 | | | |
| 145 | tangente | 42.52 | | | | | | | 255.31 | N | 63 |
| 146 | curva | 37.40 | 55 | 7+846.39 | 7+883.79 | 2.69 | P3 | 40 | | | |
| 147 | tangente | 44.52 | | | | | | | 7.44 | 331.00 | 44 |
| 148 | curva | 70.55 | 50 | 7+928.31 | 7+998.87 | 6.18 | P4 | 42 | | | |
| 149 | tangente | 47.34 | | | | | | | 83.33 | N | 51 |
| 150 | curva | 56.20 | 75 | 8+046.21 | 8+102.41 | 6.18 | P4 | 60 | | | |
| 151 | tangente | 40.78 | | | | | | | 85.15 | N | 67 |
| 152 | curva | 16.23 | 120 | 8+143.19 | 8+159.41 | 7.99 | P4 | 74 | | | |

Continúa...

| ESTIMACIÓN DE VELOCIDADES POR LAS FORMULAS DE FITZPATRIK Y LAMM | | | | | | | | | | | |
|---|----------|----------|-----------|----------|------------------------------|---------------|-------------------|--------------------|------------------|-----------|------------------|
| CONDICIONES DE ALINEAMIENTO | | | | | ECUACIÓN | DATOS | DATOS | TIPOS DE PENDIENTE | DATOS DE ENTRADA | | |
| CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (-9% < i > -4%) | | | | | $V(85)=102.10 - (3077.13/R)$ | 102.1 | 3077.13 | P1 | a | 0.85 | m/s ² |
| CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (-4% < i > 0%) | | | | | $V(85)=105.98 - (3709.90/R)$ | 105.98 | 3709.9 | P2 | V.deseada | 73 | km/h |
| CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (0% < i > 4%) | | | | | $V(85)=104.82 - (3574.51/R)$ | 104.82 | 3574.51 | P3 | V Diseño | 30 | km/h |
| CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (4% < i > 9%) | | | | | $V(85)=96.61 - (2752.19/R)$ | 96.61 | 2752.19 | P4 | | | |
| CURVA HORIZONTAL COMBINADA CON CURVA CONCAVA | | | | | $V(85)=105.32 - (3438.19/R)$ | 105.32 | 3438.19 | P5 | | | |
| CURVA HORIZONTAL COMBINADA CON CURVA CONVEXA | | | | | CONSIDERAR CASO 2 | | | P6 | | | |
| SITIO | ELEMENTO | LONG (m) | RADIO (m) | P.C | P.T | PENDIENTE (%) | TIPO DE PENDIENTE | V(85) Km/h | LTMÍN (m) | LTMÁX (m) | VEL TANGE |
| 153 | tangente | 34.38 | | | | | | | 74.07 | N | 68 |
| 154 | curva | 31.54 | 80 | 8+193.79 | 8+225.33 | 7.99 | P4 | 62 | | | |
| 155 | tangente | 35.28 | | | | | | | 0.00 | 135.00 | 65 |
| 156 | curva | 8.95 | 80 | 8+260.61 | 8+269.56 | 7.99 | P4 | 62 | | | |
| 157 | tangente | 46.62 | | | | | | | 0.00 | 135.00 | 66 |
| 158 | curva | 15.13 | 80 | 8+316.18 | 8+331.31 | 7.99 | P4 | 62 | | | |
| 159 | tangente | 45.71 | | | | | | | 74.07 | N | 68 |
| 160 | curva | 20.59 | 120 | 8+377.02 | 8+397.61 | 7.99 | P4 | 74 | | | |
| 161 | tangente | 74.48 | | | | | | | 199.12 | N | 54 |
| 162 | curva | 27.12 | 50 | 8+472.09 | 8+499.21 | 4.88 | P3 | 33 | | | |
| 163 | tangente | 26.92 | | | | | | | 185.87 | N | 53 |
| 164 | curva | 61.06 | 110 | 8+526.13 | 8+587.19 | 4.88 | P3 | 72 | | | |
| 165 | tangente | 79.53 | | | | | | | N | 42.00 | 73 |
| 166 | curva | 40.60 | 170 | 8+666.72 | 8+707.32 | 6.88 | P4 | 80 | | | |
| 167 | tangente | 191.17 | | | | | | | N | 174.00 | 73 |
| 168 | curva | 13.50 | 450 | 8+898.49 | 8+911.98 | 6.88 | P4 | 90 | | | |
| 169 | tangente | 290.23 | | | | | | | N | 260.00 | 73 |
| 170 | curva | 61.77 | 250 | 9+202.21 | 9+263.98 | -0.68 | P2 | 91 | | | |

Fuente: Elaboración propia 2016.

LONG: Longitud de tangente o curva.

PC: Principio de curva.

PT: Principio de Tangente.

V85: Velocidad estimada en curvas del percentil 85

LTMÍN: Longitud de tangente mínima.

LTMÁX: Longitud de tangente máxima.

VEL TANGE: Velocidad estimada en tangentes del percentil 85.

a: Aceleración =0.85 m/s²

3.6.5. Análisis de la consistencia del diseño geométrico

3.6.5.1. Proceso de cálculo

Para la verificación de la consistencia de diseño geométrico, Lamm propuso 2 criterios, a continuación se presenta ejemplos de acuerdo a cada criterio.

Resultados del criterio de seguridad I (C – I).

Se aplicó el criterio de seguridad I, desarrollado por Lamm en 1999, para comparar la velocidad de operación del percentil 85 con la velocidad de diseño para curvas y tangentes. Para calcular el criterio de seguridad I se utiliza la ecuación Ec CI 1.

$$SCI=|V85,-Vd|.....(Ec CI 1)$$

Tabla: 58 criterio I de diseño geométrico

| DISEÑO | COLOR | C - I (Km/h) |
|-----------|---------|----------------------------|
| BUENO | Verde | $ V85n - Vd \leq 10$ |
| TOLERABLE | Naranja | $10 < V85n - Vd \leq 20$ |
| POBRE | Rojo | $ V85n - Vd > 20$ |

Fuente: Elaboración propia 2016.

- **Sitio 10**, tangente
 $V85=69 \text{ km/h}$
 $Vd=30 \text{ km/h}$
 $CI=|63-30|$
 $CI=39 \text{ km/h}$
 (Rojo - Diseño Pobre)
- **Sitio 19**, curva
 $V85=48 \text{ km/h}$
 $Vd=30 \text{ km/h}$
 $CI=|48-30|$
 $CI=18 \text{ km/h}$
 (Naranja - Diseño Tolerable)
- **Sitio 38**, tangente
 $V85=30 \text{ km/h}$
 $Vd=30 \text{ km/h}$
 $CI=|30-30|$
 $CI=0 \text{ km/h}$
 (Verde - Diseño Bueno)

Los valores obtenidos de criterio I para los diferentes sitios dentro del tramo en estudio, se listan en la tabla 60, columna 14.

Resultados del criterio de seguridad II (C – II).

Se aplicó el criterio de seguridad II de Lamm desarrollado en el año 1999, para determinar la coherencia de la velocidad de operación a lo largo del alineamiento analizado, relacionando la transición entre elementos de diseño consecutivo. Para calcular el criterio de seguridad II se utiliza la ecuación Ec CI 2.

$$SCII=|V_{85n}-V_{85,n+1}|,\dots\dots\dots (Ec CI 1)$$

Tabla: 59 Criterio II de diseño geométrico

| DISEÑO | COLOR | C - II (Km/h) |
|-----------|-------|--------------------------------------|
| BUENO | | $ V_{85n} - V_{85n+1} \leq 10$ |
| TOLERABLE | | $10 < V_{85n} - V_{85n+1} \leq 20$ |
| POBRE | | $ V_{85n} - V_{85n+1} > 20$ |

Fuente: Elaboración propia 2016.

- Transición entre **Sitio 31 y 32** - Curva

$$V_{85,1}=89 \text{ km/h}$$

$$V_{85,2}=52 \text{ km/h}$$

$$CII=|89-52|$$

$$CII=37 \text{ km/h}$$

(Rojo - Diseño Pobre)

- Transición entre **Sitio 25 y 26** - Curva

$$V_{85,1}=51 \text{ km/h}$$

$$V_{85,2}=66 \text{ km/h}$$

$$CII=|51-66|$$

$$CII=15 \text{ km/h}$$

(Anaranjado - Diseño Tolerable)

- Transición entre **Sitio 66 y 67**.

$$V_{85,1}=78 \text{ km/h}$$

$$V_{85,2}=81 \text{ km/h}$$

$$CII=|78-81|$$

$$CII=3 \text{ km/h}$$

(Verde - Diseño Bueno)

Los valores obtenidos de criterio II para los diferentes sitios dentro del tramo en estudio, se listan en la tabla 60, columna 15.

3.6.5.2. Tablas

Tabla: 60 Datos numéricos para el proceso de evaluación de la consistencia de diseño geométrico

| SITIO Nº | | VALORES EN CURVAS HORIZONTALES | | | | | | | VALORES EN TANGENTES | | | | C - I | C - II |
|----------|----------------|--------------------------------|-----|-------|--------|-------|-------|--------|----------------------|--------|-------|----------|---------|--------|
| PI | LONG. TANGENTE | RADIO | LC | DELTA | V85,C | VDIS. | VDES. | L.TMÍN | L.TMÁX | a | V85,T | V85-VDIS | V85-V85 | |
| | m | m | m | ° | km/h | km/h | km/h | m | m | m/s2 | km/h | km/h | km/h | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| - | tangente | 127.27 | | | | | 30 | 73 | 69 | 474 | 0.85 | 82 | 52 | 123 |
| PI | 6 | curva | 20 | 27.31 | 78°14' | -41 | 30 | 73 | | | | | 71 | 8 |
| - | tangente | 11.49 | | | | | 30 | 73 | 138 | N | 0.85 | -49 | 79 | 7 |
| PI | 7 | curva | 18 | 22.71 | 72°16' | -56 | 30 | 73 | | | | | 86 | 67 |
| - | tangente | 15.36 | | | | | 30 | 73 | 138 | N | 0.85 | 11 | 19 | 67 |
| PI | 8 | curva | 150 | 14.19 | 5°25' | 78 | 30 | 73 | | | | | 48 | 9 |
| - | tangente | 50.59 | | | | | 30 | 73 | 143 | N | 0.85 | 87 | 57 | 8 |
| 1 | 9 | curva | 350 | 19.36 | 3°10' | 95 | 30 | 73 | | | | | 65 | 3 |
| 2 | tangente | 64.96 | | | | | 30 | 73 | 0.00 | 335.51 | 0.85 | 98 | 68 | 3 |
| 3 | 10 | curva | 350 | 66.15 | 10°49' | 95 | 30 | 73 | | | | | 65 | 8 |
| 4 | tangente | 47.17 | | | | | 30 | 73 | 133.00 | N | 0.85 | 87 | 57 | 9 |
| 5 | 11 | curva | 150 | 30.93 | 11°48' | 78 | 30 | 73 | | | | | 48 | 6 |
| 6 | tangente | 37.41 | | | | | 30 | 73 | 78.00 | N | 0.85 | 72 | 42 | 6 |
| 7 | 12 | curva | 90 | 26.26 | 16°42' | 66 | 30 | 73 | | | | | 36 | 4 |
| 8 | tangente | 36.65 | | | | | 30 | 73 | 50.00 | N | 0.85 | 62 | 32 | 5 |
| 9 | 13 | curva | 70 | 35.59 | 29°07' | 57 | 30 | 73 | | | | | 27 | 12 |
| 10 | tangente | 36.29 | | | | | 30 | 73 | 150.00 | N | 0.85 | 69 | 39 | 12 |
| 11 | 14 | curva | 180 | 31.84 | 10°08' | 81 | 30 | 73 | | | | | 51 | 2 |
| 12 | tangente | 29.40 | | | | | 30 | 73 | 0.00 | 111.84 | 0.85 | 83 | 53 | 2 |
| 13 | 15 | curva | 180 | 11.81 | 3°45' | 81 | 30 | 73 | | | | | 51 | |

Continúa...



| Sitio N° | PI | VALORES EN CURVAS HORIZONTALES | | | | | | | VALORES EN TANGENTES | | | | C - I | C - II |
|----------|----------|--------------------------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|----------------------|--------|------|-------|----------|---------|
| | | LONG. TANGENTE | RADIO | LC | DELTA | V85,C | VDIS. | VDES. | L.TMÍN | L.TMÁX | a | V85,T | V85-VDIS | V85-V85 |
| | | m | m | m | ° | km/h | km/h | km/h | m | m | m/s2 | km/h | km/h | km/h |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| | | | | | | | | | | | | | | 8 |
| 14 | tangente | 91.13 | | | | | 30 | 73 | 49.25 | 62.59 | 0.85 | 73 | 43 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 15 | 16 | curva | 120 | 40.45 | 19°19' | 74 | 30 | 73 | | | | | 44 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 16 | tangente | 47.03 | | | | | 30 | 73 | 24.56 | 33.91 | 0.85 | 73 | 43 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 4 |
| 17 | 17 | curva | 120 | 14.13 | 6°44' | 77 | 30 | 73 | | | | | 47 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 14 |
| 18 | tangente | 34.24 | | | | | 30 | 73 | 164.53 | N | 0.85 | 63 | 33 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 15 |
| 19 | 18 | curva | 60 | 25.97 | 24°48' | 48 | 30 | 73 | | | | | 18 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 0 |
| 20 | tangente | 27.67 | | | | | 30 | 73 | 24.51 | 299.11 | 0.85 | 48 | 18 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 6 |
| 21 | 19 | curva | 50 | 46.67 | 53°28' | 42 | 30 | 73 | | | | | 12 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 16 |
| 22 | tangente | 30.13 | | | | | 30 | 73 | 168.48 | N | 0.85 | 58 | 28 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 16 |
| 23 | 20 | curva | 120 | 34.53 | 16°29' | 74 | 30 | 73 | | | | | 44 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 12 |
| 24 | tangente | 17.01 | | | | | 30 | 73 | 130.49 | N | 0.85 | 63 | 33 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 12 |
| 25 | 21 | curva | 60 | 28.80 | 27°30' | 51 | 30 | 73 | | | | | 21 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 15 |
| 26 | tangente | 50.21 | | | | | 30 | 73 | 179.74 | N | 0.85 | 66 | 36 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 15 |
| 27 | 22 | curva | 180 | 21.55 | 6°51' | 81 | 30 | 73 | | | | | 51 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 15 |
| 28 | tangente | 33.66 | | | | | 30 | 73 | 179.74 | N | 0.85 | 66 | 36 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 15 |
| 29 | 23 | curva | 60 | 32.67 | 31°12' | 51 | 30 | 73 | | | | | 21 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 19 |
| 30 | tangente | 137.602 | | | | | 30 | 73 | 241.47 | N | 0.85 | 70 | 30 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 19 |
| 31 | 24 | curva | 350 | 30.19 | 4°56' | 89 | 30 | 73 | | | | | 59 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 37 |
| 32 | tangente | 66.28 | | | | | 30 | 73 | 339.31 | N | 0.85 | 52 | 22 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 37 |

Continúa...

| Sitio N° | PI | VALORES EN CURVAS HORIZONTALES | | | | | | | VALORES EN TANGENTES | | | | C - I | C - II |
|----------|----------|--------------------------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|----------------------|--------|------|-------|----------|---------|
| | | LONG. TANGENTE | RADIO | LC | DELTA | V85,C | VDIS. | VDES. | L.TMÍN | L.TMÁX | a | V85,T | V85-VDIS | V85-V85 |
| | | m | m | m | ° ' | km/h | km/h | km/h | m | m | m/s2 | km/h | km/h | km/h |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 33 | 25 | curva | 40 | 30.97 | 44°21' | 15 | 30 | 73 | | | | | 15 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 32 |
| 34 | tangente | 21.164 | | | | | 30 | 73 | 265.63 | N | 0.85 | 47 | 17 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 31 |
| 35 | 26 | curva | 150 | 26.20 | 10°00' | 78 | 30 | 73 | | | | | 48 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 16 |
| 36 | tangente | 72.785 | | | | | 30 | 73 | 184.23 | N | 0.85 | 62 | 32 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 17 |
| 37 | 27 | curva | 60 | 40.51 | 38°41' | 45 | 30 | 73 | | | | | 15 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 15 |
| 38 | tangente | 15.916 | | | | | 30 | 73 | 81.7 | N | 0.85 | 30 | 0 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 15 |
| 39 | 28 | curva | 40 | 40.52 | 58°02' | 15 | 30 | 73 | | | | | 15 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 34 |
| 40 | tangente | 11.63 | | | | | 30 | 73 | 294.98 | N | 0.85 | 49 | 19 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 33 |
| 41 | 29 | curva | 160 | 64.09 | 22°57' | 82 | 30 | 73 | | | | | 52 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 6 |
| 42 | tangente | 78.33 | | | | | 30 | 73 | 89.1 | N | 0.85 | 76 | 46 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 7 |
| 43 | 30 | curva | 100 | 9.15 | 5°14' | 69 | 30 | 73 | | | | | 39 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| 44 | tangente | 37.96 | | | | | 30 | 73 | 12.35 | 44 | 0.85 | 71 | 41 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 4 |
| 45 | 31 | curva | 90 | 16.34 | 10°24' | 67 | 30 | 73 | | | | | 37 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 6 |
| 46 | tangente | 41.67 | | | | | 30 | 73 | 72.39 | N | 0.85 | 73 | 43 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 5 |
| 47 | 32 | curva | 150 | 17.11 | 6°32' | 78 | 30 | 73 | | | | | 48 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 5 |
| 48 | tangente | 76.82 | | | | | 30 | 73 | 0 | 69 | 0.85 | 73 | 43 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 5 |
| 49 | 33 | curva | 150 | 29.73 | 11°21' | 78 | 30 | 73 | | | | | 48 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 6 |
| 50 | tangente | 38.81 | | | | | 30 | 73 | 83.38 | N | 0.85 | 84 | 54 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 6 |
| 51 | 34 | curva | 350 | 38.25 | 6°15' | 89 | 30 | 73 | | | | | 59 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 8 |
| 52 | tangente | 48.67 | | | | | 30 | 73 | 110.97 | N | 0.85 | 82 | 52 | |

Continúa...



| Sitio N° | PI | VALORES EN CURVAS HORIZONTALES | | | | | | | VALORES EN TANGENTES | | | | C - I | C - II |
|----------|----------|--------------------------------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|----------------------|--------|------|-------|----------|---------|
| | | LONG. TANGENTE | RADIO | LC | DELTA | V85,C | VDIS. | VDES. | L.TMÍN | L.TMÁX | a | V85,T | V85-VDIS | V85-V85 |
| | | m | m | m | °' | km/h | km/h | km/h | m | m | m/s2 | km/h | km/h | km/h |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| | | | | | | | | | | | | | | 8 |
| 53 | 35 | curva | 120 | 53.57 | 25°34' | 74 | 30 | 73 | | | | | 44 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 9 |
| 54 | tangente | 48.42 | | | | | 30 | 73 | 106.21 | N | 0.85 | 65 | 35 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 9 |
| 55 | 36 | curva | 70 | 35.20 | 28°48' | 56 | 30 | 73 | | | | | 26 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 14 |
| 56 | tangente | 75.12 | | | | | 30 | 73 | 109.25 | N | 0.85 | 42 | 12 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 15 |
| 57 | 37 | curva | 46 | 53.07 | 66°06' | 27 | 30 | 73 | | | | | 3 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 26 |
| 58 | tangente | 79.34 | | | | | 30 | 73 | 243.06 | N | 0.85 | 53 | 23 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 25 |
| 59 | 38 | curva | 150 | 9.37 | 3°34' | 78 | 30 | 73 | | | | | 48 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 5 |
| 60 | tangente | 120.22 | | | | | 30 | 73 | 101.67 | N | 0.85 | 73 | 43 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 11 |
| 61 | 39 | curva | 80 | 38.57 | 27°37' | 62 | 30 | 73 | | | | | 32 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 11 |
| 62 | tangente | 131.14 | | | | | 30 | 73 | 108.8 | N | 0.85 | 73 | 43 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 6 |
| 63 | 40 | curva | 160 | 66.49 | 23°48' | 79 | 30 | 73 | | | | | 49 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| 64 | tangente | 42.32 | | | | | 30 | 73 | 14.16 | 69 | 0.85 | 81 | 51 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 4 |
| 65 | 41 | curva | 140 | 69.24 | 28°20' | 77 | 30 | 73 | | | | | 47 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 66 | tangente | 43.42 | | | | | 30 | 73 | 28.69 | 83 | 0.85 | 78 | 48 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 3 |
| 67 | 42 | curva | 180 | 119.92 | 38°10' | 81 | 30 | 73 | | | | | 51 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 8 |
| 68 | tangente | 318.32 | | | | | 30 | 73 | N | 224 | 0.85 | 73 | 43 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 22 |
| 69 | 43 | curva | 350 | 35.63 | 5°50' | 95 | 30 | 73 | | | | | 65 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 4 |
| 70 | tangente | 108.23 | | | | | 30 | 73 | 33.77 | 302 | 0.85 | 99 | 69 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 8 |
| 71 | 44 | curva | 250 | 6.52 | 1°29' | 91 | 30 | 73 | | | | | 61 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 6 |

Continúa...



| Sitio N° | PI | VALORES EN CURVAS HORIZONTALES | | | | | | | VALORES EN TANGENTES | | | | C - I | C - II |
|----------|----------|--------------------------------|-------|--------|---------|-------|-------|-------|----------------------|--------|------|-------|----------|---------|
| | | LONG. TANGENTE | RADIO | LC | DELTA | V85,C | VDIS. | VDES. | L.TMÍN | L.TMÁX | a | V85,T | V85-VDIS | V85-V85 |
| | | m | m | m | °' | km/h | km/h | km/h | m | m | m/s2 | km/h | km/h | km/h |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 72 | tangente | 115.26 | | | | | 30 | 73 | 8.22 | 260 | 0.85 | 97 | 67 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 7 |
| 73 | 45 | curva | 450 | 73.98 | 9°25' | 90 | 30 | 73 | | | | | 60 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 11 |
| 74 | tangente | 97.27 | | | | | 30 | 73 | 145.24 | N | 0.85 | 80 | 50 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 10 |
| 75 | 46 | curva | 98 | 81.97 | 47°55' | 70 | 30 | 73 | | | | | 40 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 22 |
| 76 | tangente | 156.83 | | | | | 30 | 73 | 194.04 | N | 0.85 | 48 | 18 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 23 |
| 77 | 47 | curva | 45 | 52.50 | 66°50' | 25 | 30 | 73 | | | | | 5 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 29 |
| 78 | tangente | 48.32 | | | | | 30 | 73 | 276.82 | N | 0.85 | 54 | 24 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 28 |
| 79 | 48 | curva | 150 | 15.22 | 5°48' | 82 | 30 | 73 | | | | | 52 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 51 |
| 80 | tangente | 10.74 | | | | | 30 | 73 | 287.04 | N | 0.85 | 31 | 1 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 51 |
| 81 | 49 | curva | 27.5 | 53.22 | 110°53' | -20 | 30 | 73 | | | | | 50 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 53 |
| 82 | tangente | 257.26 | | | | | 30 | 73 | 317.74 | N | 0.85 | 33 | 3 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 53 |
| 83 | 50 | curva | 250 | 15.99 | 3°39' | 86 | 30 | 73 | | | 0.85 | | 56 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 24 |
| 84 | tangente | 156.42 | | | | | 30 | 73 | 273.56 | N | 0.85 | 62 | 32 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 25 |
| 85 | 51 | curva | 50 | 116.15 | 133°05' | 37 | 30 | 73 | | | | | 7 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 25 |
| 86 | tangente | 53.52 | | | | | 30 | 73 | 273.56 | N | 0.85 | 62 | 32 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 24 |
| 87 | 52 | curva | 250 | 12.30 | 2°49' | 86 | 30 | 73 | | | | | 56 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 3 |
| 88 | tangente | 73.32 | | | | | 30 | 73 | 30.5 | 157 | 0.85 | 89 | 59 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 7 |
| 89 | 53 | curva | 150 | 17.51 | 6°41' | 82 | 30 | 73 | | | | | 52 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 27 |
| 90 | tangente | 18.35 | | | | | 30 | 73 | 269.61 | N | 0.85 | 55 | 25 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 27 |
| 91 | 54 | curva | 40 | 35.07 | 50°13' | 28 | 30 | 73 | | | | | 2 | |

Continúa...



| Sitio N° | PI | VALORES EN CURVAS HORIZONTALES | | | | | | | VALORES EN TANGENTES | | | | C - I | C - II |
|----------|----------|--------------------------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|----------------------|--------|------|-------|----------|---------|
| | | LONG. TANGENTE | RADIO | LC | DELTA | V85,C | VDIS. | VDES. | L.TMÍN | L.TMÁX | a | V85,T | V85-VDIS | V85-V85 |
| | | m | m | m | °' | km/h | km/h | km/h | m | m | m/s2 | km/h | km/h | km/h |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| | | | | | | | | | | | | | | 3 |
| 92 | tangente | 30.78 | | | | | 30 | 73 | 13.84 | 399 | 0.85 | 31 | 1 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| 93 | 55 | curva | 43 | 44.86 | 59°46' | 33 | 30 | 73 | | | | | 3 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 23 |
| 94 | tangente | 11.1 | | | | | 30 | 73 | 226.72 | N | 0.85 | 56 | 26 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 23 |
| 95 | 56 | curva | 150 | 11.98 | 4°34' | 78 | 30 | 73 | | | | | 48 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 9 |
| 96 | tangente | 59.28 | | | | | 30 | 73 | 112.75 | N | 0.85 | 69 | 39 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 9 |
| 97 | 57 | curva | 75 | 39.19 | 29°56' | 60 | 30 | 73 | | | | | 30 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 55 |
| 98 | tangente | 20.69 | | | | | 30 | 73 | 43.34 | N | 0.85 | 5 | 25 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 56 |
| 99 | 58 | curva | 22 | 34.68 | 90°19' | -51 | 30 | 73 | | | | | 81 | |
| 100 | 59 | curva | 22 | 34.68 | 90°19' | -51 | 30 | 73 | | | | | 81 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 65 |
| 101 | tangente | 38.92 | | | | | 30 | 73 | 158.09 | N | 0.85 | 14 | 16 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 64 |
| 102 | 60 | curva | 150 | 43.56 | 16°38' | 78 | 30 | 73 | | | | | 48 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 18 |
| 103 | tangente | 24.53 | | | | | 30 | 73 | 196.08 | N | 0.85 | 60 | 30 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 18 |
| 104 | 61 | curva | 50 | 34.66 | 39°43' | 42 | 30 | 73 | | | | | 12 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 10 |
| 105 | tangente | 31.44 | | | | | 30 | 73 | 94.41 | N | 0.85 | 52 | 22 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 10 |
| 106 | 62 | curva | 80 | 22.87 | 16°22' | 62 | 30 | 73 | | | | | 32 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 10 |
| 107 | tangente | 16.2 | | | | | 30 | 73 | 94.41 | N | 0.85 | 52 | 22 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 10 |
| 108 | 63 | curva | 50 | 21.95 | 25°08' | 42 | 30 | 73 | | | | | 12 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 8 |
| 109 | tangente | 36.63 | | | | | 30 | 73 | 67.4 | N | 0.85 | 50 | 20 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 8 |
| 110 | 64 | curva | 70 | 43.16 | 35°19' | 57 | 30 | 73 | | | | | 27 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 0 |
| 111 | tangente | 69.73 | | | | | 30 | 73 | 67.4 | 256 | 0.85 | 57 | 27 | |

Continúa...



| Sitio N° | PI | VALORES EN CURVAS HORIZONTALES | | | | | | | VALORES EN TANGENTES | | | | C - I | C - II |
|----------|----------|--------------------------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|----------------------|--------|------|-------|----------|---------|
| | | LONG. TANGENTE | RADIO | LC | DELTA | V85,C | VDIS. | VDES. | L.TMÍN | L.TMÁX | a | V85,T | V85-VDIS | V85-V85 |
| | | m | m | m | ° | km/h | km/h | km/h | m | m | m/s2 | km/h | km/h | km/h |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| | | | | | | | | | | | | | | 15 |
| 112 | 65 | curva | 50 | 30.38 | 34°48' | 42 | 30 | 73 | | | | | 12 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 18 |
| 113 | tangente | 51.24 | | | | | 30 | 73 | 196.08 | N | 0.85 | 60 | 30 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 18 |
| 114 | 66 | curva | 150 | 53.16 | 20°18' | 78 | 30 | 73 | | | | | 48 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 115 | tangente | 6.41 | | | | | 30 | 73 | 21.65 | 90 | 0.85 | 77 | 47 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 4 |
| 116 | 67 | curva | 150 | 29.94 | 11°26' | 81 | 30 | 73 | | | | | 51 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 5 |
| 117 | tangente | 51.84 | | | | | 30 | 73 | 78.07 | N | 0.85 | 86 | 56 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 5 |
| 118 | 68 | curva | 250 | 20.03 | 4°35' | 91 | 30 | 73 | | | | | 61 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 18 |
| 119 | tangente | 204.62 | | | | | 30 | 73 | N | 67 | 0.85 | 73 | 43 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 11 |
| 120 | 69 | curva | 80 | 33.81 | 24°13' | 62 | 30 | 73 | | | | | 32 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 36 |
| 121 | tangente | 38.77 | | | | | 30 | 73 | 170.8 | N | 0.85 | 27 | 4 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 36 |
| 122 | 70 | curva | 26 | 43.51 | 94°31' | -9 | 30 | 73 | | | | | 39 | |
| 123 | 71 | curva | 26 | 42.27 | 94°29' | -9 | 30 | 73 | | | | | 39 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 35 |
| 124 | tangente | 18.14 | | | | | 30 | 73 | 159.72 | N | 0.85 | 26 | 4 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 34 |
| 125 | 72 | curva | 80 | 20.03 | 14°20' | 60 | 30 | 73 | | | | | 30 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| 126 | tangente | 48.98 | | | | | 30 | 73 | 28.37 | 129 | 0.85 | 62 | 32 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 3 |
| 127 | 73 | curva | 90 | 38.00 | 24°11' | 65 | 30 | 73 | | | | | 35 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 9 |
| 128 | tangente | 34.46 | | | | | 30 | 73 | 113.43 | N | 0.85 | 74 | 44 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 8 |
| 129 | 74 | curva | 150 | 29.27 | 11°10' | 82 | 30 | 73 | | | | | 52 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| 130 | tangente | 44.51 | | | | | 30 | 73 | 7.4 | 119 | 0.85 | 84 | 54 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 3 |
| 131 | 75 | curva | 150 | 33.55 | 12°48' | 81 | 30 | 73 | | | | | 51 | |

Continúa...



| Sitio N° | PI | VALORES EN CURVAS HORIZONTALES | | | | | | | VALORES EN TANGENTES | | | | C - I | C - II |
|----------|----------|--------------------------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|----------------------|--------|------|-------|----------|---------|
| | | LONG. TANGENTE | RADIO | LC | DELTA | V85,C | VDIS. | VDES. | L.TMÍN | L.TMÁX | a | V85,T | V85-VDIS | V85-V85 |
| | | m | m | m | ° | km/h | km/h | km/h | m | m | m/s2 | km/h | km/h | km/h |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| | | | | | | | | | | | | | | 3 |
| 132 | tangente | 72.67 | | | | | 30 | 73 | 28.69 | 83 | 0.85 | 84 | 54 | 7 |
| | | | | | | | | | | | | | | 7 |
| 133 | 76 | curva | 120 | 39.39 | 18°48' | 77 | 30 | 73 | | | | | 47 | 7 |
| | | | | | | | | | | | | | | 7 |
| 134 | tangente | 9.19 | | | | | 30 | 73 | 94.64 | N | 0.85 | 70 | 40 | 8 |
| | | | | | | | | | | | | | | 8 |
| 135 | 77 | curva | 80 | 24.22 | 17°20' | 62 | 30 | 73 | | | | | 32 | 4 |
| | | | | | | | | | | | | | | 4 |
| 136 | tangente | 34.09 | | | | | 30 | 73 | 41.62 | N | 0.85 | 66 | 36 | 4 |
| | | | | | | | | | | | | | | 4 |
| 137 | 78 | curva | 100 | 36.52 | 20°55' | 69 | 30 | 73 | | | | | 39 | 4 |
| | | | | | | | | | | | | | | 4 |
| 138 | tangente | 269.51 | | | | | 30 | 73 | N | 163 | 0.85 | 73 | 43 | 121 |
| | | | | | | | | | | | | | | 121 |
| 139 | 79 | curva | 19 | 30.95 | 93°19' | -48 | 30 | 73 | | | | | 78 | |
| 140 | 80 | curva | 19 | 30.95 | 93°19' | -48 | 30 | 73 | | | | | 78 | 59 |
| | | | | | | | | | | | | | | 59 |
| 141 | tangente | 32.02 | | | | | 30 | 73 | 111.52 | N | 0.85 | 11 | 19 | 58 |
| | | | | | | | | | | | | | | 58 |
| 142 | 81 | curva | 100 | 32.03 | 18°21' | 69 | 30 | 73 | | | | | 39 | 4 |
| | | | | | | | | | | | | | | 4 |
| 143 | tangente | 129.93 | | | | | 30 | 73 | N | 60 | 0.85 | 73 | 43 | 12 |
| | | | | | | | | | | | | | | 12 |
| 144 | 82 | curva | 180 | 41.16 | 13°06' | 85 | 30 | 73 | | | | | 55 | 22 |
| | | | | | | | | | | | | | | 22 |
| 145 | tangente | 42.52 | | | | | 30 | 73 | 255.31 | N | 0.85 | 63 | 33 | 23 |
| | | | | | | | | | | | | | | 23 |
| 146 | 83 | curva | 55 | 37.40 | 38°57' | 40 | 30 | 73 | | | | | 10 | 4 |
| | | | | | | | | | | | | | | 4 |
| 147 | tangente | 44.52 | | | | | 30 | 73 | 7.44 | 331 | 0.85 | 44 | 14 | 2 |
| | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| 148 | 84 | curva | 50 | 70.55 | 80°51' | 42 | 30 | 73 | | | | | 12 | 9 |
| | | | | | | | | | | | | | | 9 |
| 149 | tangente | 47.34 | | | | | 30 | 73 | 83.33 | N | 0.85 | 51 | 21 | 9 |
| | | | | | | | | | | | | | | 9 |
| 150 | 85 | curva | 75 | 56.20 | 42°56' | 60 | 30 | 73 | | | | | 30 | 7 |
| | | | | | | | | | | | | | | 7 |
| 151 | tangente | 40.78 | | | | | 30 | 73 | 85.15 | N | 0.85 | 67 | 37 | |

Continúa...



| Sitio N° | PI | VALORES EN CURVAS HORIZONTALES | | | | | | | VALORES EN TANGENTES | | | | C - I | C - II |
|----------|----------|--------------------------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|----------------------|--------|------------------|-------|----------|---------|
| | | LONG. TANGENTE | RADIO | LC | DELTA | V85,C | VDIS. | VDES. | L.TMÍN | L.TMÁX | a | V85,T | V85-VDIS | V85-V85 |
| | | m | m | m | °' | km/h | km/h | km/h | m | m | m/s ² | km/h | km/h | km/h |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| | | | | | | | | | | | | | | 7 |
| 152 | 86 | curva | 120 | 16.23 | 7°44' | 74 | 30 | 73 | | | | | 44 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 6 |
| 153 | tangente | 34.38 | | | | | 30 | 73 | 74.07 | N | 0.85 | 68 | 38 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 6 |
| 154 | 87 | curva | 80 | 31.54 | 22°35' | 62 | 30 | 73 | | | | | 32 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 3 |
| 155 | tangente | 35.28 | | | | | 30 | 73 | 0 | 135 | 0.85 | 65 | 35 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 3 |
| 156 | 88 | curva | 80 | 8.95 | 6°24' | 62 | 30 | 73 | | | | | 32 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 4 |
| 157 | tangente | 46.62 | | | | | 30 | 73 | 0 | 135 | 0.85 | 66 | 36 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 4 |
| 158 | 89 | curva | 80 | 15.13 | 10°50' | 62 | 30 | 73 | | | | | 32 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 6 |
| 159 | tangente | 45.71 | | | | | 30 | 73 | 74.07 | N | 0.85 | 68 | 38 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 6 |
| 160 | 90 | curva | 120 | 20.59 | 9°49' | 74 | 30 | 73 | | | | | 44 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 20 |
| 161 | tangente | 74.48 | | | | | 30 | 73 | 199.12 | N | 0.85 | 54 | 24 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 21 |
| 162 | 91 | curva | 50 | 27.12 | 31°04' | 33 | 30 | 73 | | | | | 3 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 20 |
| 163 | tangente | 26.92 | | | | | 30 | 73 | 185.87 | N | 0.85 | 53 | 23 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 19 |
| 164 | 92 | curva | 110 | 61.06 | 31°48' | 72 | 30 | 73 | | | | | 42 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 165 | tangente | 79.53 | | | | | 30 | 73 | N | 42 | 0.85 | 73 | 43 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 7 |
| 166 | 93 | curva | 170 | 40.60 | 13°37' | 80 | 30 | 73 | | | | | 50 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 7 |
| 167 | tangente | 191.17 | | | | | 30 | 73 | N | 174 | 0.85 | 73 | 43 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 17 |
| 168 | 94 | curva | 450 | 13.50 | 1°43' | 90 | 30 | 73 | | | | | 60 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 17 |
| 169 | tangente | 290.23 | | | | | 30 | 73 | N | 260 | 0.85 | 73 | 43 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 18 |
| 170 | 95 | curva | 250 | 61.77 | 14°09' | 91 | 30 | 73 | | | | | 61 | |

Fuente: Elaboración propia 2016.

PI: Punto de intersección.

LC: Longitud de curva.

DELTA: Ángulo de deflexión.

V85,C: Velocidad estimada del percentil 85 de curvas.

VDIS: velocidad de diseño.

VDES: Velocidad deseada.

LTMÍN: Longitud mínima de tangente.

LTMÁX: Longitud máxima de tangente.

a : aceleración m/s².

| | |
|--|------------------|
| | Diseño bueno |
| | Diseño tolerable |
| | Diseño pobre |

3.6.6. Medición de velocidades de operación en campo.

3.6.6.1. Proceso de cálculo

Para llevar a cabo el proceso de cálculo de las velocidades de operación en campo, de las 63 observaciones de velocidades de cada curva y tangente se realizó un promedio, a continuación se muestra las velocidades en la tabla 61 columnas 6 y 7 (subida y bajada).

3.6.6.2. Tablas

Tabla: 61 velocidades de operación medidas en campo

| UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO | | ESCUELA PROFESIONA DE INGENIERÍA CIVIL | | | |
|---|----------|---|------------------|-------------------------|-------------------------|
| RESPONSABLES | | GARY ROSSANO GOMEZ ALLENDE - JOSE LUIS QUISPE MEJIA | | | |
| FECHA: | | ene-17 | | | |
| VELOCIDADES DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCOARO | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 5 | 6 | 7 |
| SITIO | ELEMENTO | PROGRESIVAS | V. Diseño (Km/h) | V. Medida subida (Km/h) | V. Medida bajada (Km/h) |
| - | tangente | 0+315 | 30 | 30 | 33 |
| PI 6 | curva | 0+379 | 30 | 27 | 26 |
| - | tangente | 0+431 | 30 | 27 | 21 |
| PI 7 | curva | 0+418 | 30 | 25 | 21 |
| - | tangente | 0+448 | 30 | 28 | 23 |
| PI 8 | curva | 0+456 | 30 | 29 | 25 |
| - | tangente | 0+495 | 30 | 15 | 15 |
| 1 | curva | 0+530 | 30 | 34 | 48 |
| 2 | tangente | 0+572 | 30 | 34 | 48 |
| 3 | curva | 0+638 | 30 | 37 | 52 |
| 4 | tangente | 0+695 | 30 | 38 | 52 |
| 5 | curva | 0+734 | 30 | 34 | 50 |
| 6 | tangente | 0+768 | 30 | 35 | 45 |
| 7 | curva | 0+800 | 30 | 39 | 40 |
| 8 | tangente | 0+831 | 30 | 40 | 44 |
| 9 | curva | 0+868 | 30 | 42 | 45 |
| 10 | tangente | 0+903 | 30 | 40 | 52 |
| 11 | curva | 0+937 | 30 | 40 | 52 |
| 12 | tangente | 0+968 | 30 | 40 | 52 |
| 13 | curva | 0+988 | 30 | 40 | 52 |
| 14 | tangente | 1+040 | 30 | 40 | 52 |
| 15 | curva | 1+106 | 30 | 37 | 52 |

Continúa...

| VELOCIDADES DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCOARO | | | | | |
|---|----------|-------------|---------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 5 | 6 | 7 |
| SITIO | ELEMENTO | PROGRESIVAS | V. Diseño (Km/h) | V. Medida subida (Km/h) | V. Medida bajada (Km/h) |
| 16 | tangente | 1+149 | 30 | 39 | 55 |
| 17 | curva | 1+180 | 30 | 41 | 44 |
| 18 | tangente | 1+204 | 30 | 41 | 44 |
| 19 | curva | 1+234 | 30 | 37 | 41 |
| 20 | tangente | 1+261 | 30 | 39 | 43 |
| 21 | curva | 1+300 | 30 | 41 | 46 |
| 22 | tangente | 1+337 | 30 | 40 | 47 |
| 23 | curva | 1+369 | 30 | 40 | 47 |
| 24 | tangente | 1+395 | 30 | 40 | 47 |
| 25 | curva | 1+418 | 30 | 39 | 47 |
| 26 | tangente | 1+457 | 30 | 36 | 47 |
| 27 | curva | 1+493 | 30 | 36 | 47 |
| 28 | tangente | 1+521 | 30 | 36 | 47 |
| 29 | curva | 1+554 | 30 | 35 | 41 |
| 30 | tangente | 1+639 | 30 | 36 | 49 |
| 31 | curva | 1+723 | 30 | 36 | 49 |
| 32 | tangente | 1+771 | 30 | 38 | 47 |
| 33 | curva | 1+821 | 30 | 33 | 43 |
| 34 | tangente | 1+846 | 30 | 44 | 51 |
| 35 | curva | 1+869 | 30 | 44 | 51 |
| 36 | tangente | 1+919 | 30 | 44 | 51 |

Continúa...



| VELOCIDADES DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCOARO | | | | | |
|---|----------|-------------|---------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 5 | 6 | 7 |
| SITIO | ELEMENTO | PROGRESIVAS | V. Diseño (Km/h) | V. Medida subida (Km/h) | V. Medida bajada (Km/h) |
| 37 | curva | 1+976 | 30 | 41 | 44 |
| 38 | tangente | 2+004 | 30 | 39 | 41 |
| 39 | curva | 2+034 | 30 | 39 | 41 |
| 40 | tangente | 2+058 | 30 | 42 | 42 |
| 41 | curva | 2+096 | 30 | 42 | 42 |
| 42 | tangente | 2+167 | 30 | 47 | 60 |
| 43 | curva | 2+211 | 30 | 47 | 60 |
| 44 | tangente | 2+234 | 30 | 47 | 60 |
| 45 | curva | 2+262 | 30 | 53 | 71 |
| 46 | tangente | 2+291 | 30 | 51 | 69 |
| 47 | curva | 2+320 | 30 | 41 | 69 |
| 48 | tangente | 2+367 | 30 | 51 | 69 |
| 49 | curva | 2+420 | 30 | 46 | 64 |
| 50 | tangente | 2+455 | 30 | 46 | 66 |
| 51 | curva | 2+493 | 30 | 48 | 66 |
| 52 | tangente | 2+536 | 30 | 46 | 63 |
| 53 | curva | 2+588 | 30 | 51 | 54 |
| 54 | tangente | 2+639 | 30 | 47 | 56 |
| 55 | curva | 2+681 | 30 | 46 | 53 |
| 56 | tangente | 2+736 | 30 | 48 | 55 |
| 57 | curva | 2+803 | 30 | 47 | 49 |
| 58 | tangente | 2+866 | 30 | 49 | 60 |

Continúa...

| VELOCIDADES DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCOARO | | | | | |
|---|----------|-------------|---------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 5 | 6 | 7 |
| SITIO | ELEMENTO | PROGRESIVAS | V. Diseño (Km/h) | V. Medida subida (Km/h) | V. Medida bajada (Km/h) |
| 59 | curva | 2+910 | 30 | 49 | 60 |
| 60 | tangente | 2+975 | 30 | 49 | 60 |
| 61 | curva | 3+055 | 30 | 45 | 53 |
| 62 | tangente | 3+139 | 30 | 50 | 60 |
| 63 | curva | 3+239 | 30 | 47 | 54 |
| 64 | tangente | 3+292 | 30 | 47 | 54 |
| 65 | curva | 3+349 | 30 | 47 | 56 |
| 66 | tangente | 3+405 | 30 | 48 | 54 |
| 67 | curva | 3+489 | 30 | 48 | 55 |
| 68 | tangente | 3+705 | 30 | 58 | 64 |
| 69 | curva | 3+882 | 30 | 63 | 64 |
| 70 | tangente | 3+954 | 30 | 68 | 65 |
| 71 | curva | 4+012 | 30 | 68 | 65 |
| 72 | tangente | 4+073 | 30 | 68 | 65 |
| 73 | curva | 4+167 | 30 | 65 | 60 |
| 74 | tangente | 4+253 | 30 | 61 | 55 |
| 75 | curva | 4+345 | 30 | 54 | 52 |
| 76 | tangente | 4+462 | 30 | 56 | 55 |
| 77 | curva | 4+570 | 30 | 40 | 40 |
| 78 | tangente | 4+617 | 30 | 45 | 44 |
| 79 | curva | 4+649 | 30 | 45 | 44 |
| 80 | tangente | 4+662 | 30 | 45 | 44 |

Continúa...



| VELOCIDADES DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCOARO | | | | | |
|---|----------|-------------|---------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 5 | 6 | 7 |
| SITIO | ELEMENTO | PROGRESIVAS | V. Diseño (Km/h) | V. Medida subida (Km/h) | V. Medida bajada (Km/h) |
| 81 | curva | 4+695 | 30 | 41 | 34 |
| 82 | tangente | 4+849 | 30 | 55 | 57 |
| 83 | curva | 4+986 | 30 | 55 | 57 |
| 84 | tangente | 5+072 | 30 | 54 | 58 |
| 85 | curva | 5+208 | 30 | 43 | 44 |
| 86 | tangente | 5+293 | 30 | 53 | 57 |
| 87 | curva | 5+326 | 30 | 53 | 57 |
| 88 | tangente | 5+369 | 30 | 53 | 57 |
| 89 | curva | 5+414 | 30 | 53 | 57 |
| 90 | tangente | 5+432 | 30 | 53 | 57 |
| 91 | curva | 5+460 | 30 | 46 | 47 |
| 92 | tangente | 5+492 | 30 | 53 | 57 |
| 93 | curva | 5+532 | 30 | 46 | 47 |
| 94 | tangente | 5+558 | 30 | 42 | 52 |
| 95 | curva | 5+569 | 30 | 42 | 52 |
| 96 | tangente | 5+605 | 30 | 42 | 52 |
| 97 | curva | 5+654 | 30 | 38 | 43 |
| 98 | tangente | 5+684 | 30 | 34 | 35 |
| 99 | curva | 5+716 | 30 | 30 | 31 |
| 100 | curva | 5+751 | 30 | 30 | 31 |
| 101 | tangente | 5+783 | 30 | 33 | 43 |

Continúa...

| VELOCIDADES DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCOARO | | | | | |
|---|----------|-------------|---------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 5 | 6 | 7 |
| SITIO | ELEMENTO | PROGRESIVAS | V. Diseño (Km/h) | V. Medida subida (Km/h) | V. Medida bajada (Km/h) |
| 102 | curva | 5+824 | 30 | 35 | 54 |
| 103 | tangente | 5+858 | 30 | 37 | 51 |
| 104 | curva | 5+889 | 30 | 39 | 49 |
| 105 | tangente | 5+921 | 30 | 38 | 54 |
| 106 | curva | 5+948 | 30 | 38 | 54 |
| 107 | tangente | 5+968 | 30 | 38 | 54 |
| 108 | curva | 5+987 | 30 | 38 | 58 |
| 109 | tangente | 6+016 | 30 | 39 | 53 |
| 110 | curva | 6+057 | 30 | 41 | 51 |
| 111 | tangente | 6+112 | 30 | 39 | 49 |
| 112 | curva | 6+163 | 30 | 36 | 49 |
| 113 | tangente | 6+203 | 30 | 50 | 65 |
| 114 | curva | 6+256 | 30 | 54 | 70 |
| 115 | tangente | 6+285 | 30 | 54 | 70 |
| 116 | curva | 6+303 | 30 | 54 | 70 |
| 117 | tangente | 6+344 | 30 | 57 | 74 |
| 118 | curva | 6+380 | 30 | 57 | 74 |
| 119 | tangente | 6+493 | 30 | 57 | 74 |
| 120 | curva | 6+612 | 30 | 56 | 63 |
| 121 | tangente | 6+648 | 30 | 41 | 52 |
| 122 | curva | 6+696 | 30 | 34 | 35 |
| 123 | curva | 6+739 | 30 | 34 | 35 |

Continúa...



| VELOCIDADES DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCOARO | | | | | |
|---|----------|-------------|------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 5 | 6 | 7 |
| SITIO | ELEMENTO | PROGRESIVAS | V. Diseño (Km/h) | V. Medida subida (Km/h) | V. Medida bajada (Km/h) |
| 124 | tangente | 6+763 | 30 | 40 | 46 |
| 125 | curva | 6+782 | 30 | 40 | 46 |
| 126 | tangente | 6+816 | 30 | 40 | 46 |
| 127 | curva | 6+860 | 30 | 49 | 63 |
| 128 | tangente | 6+896 | 30 | 52 | 55 |
| 129 | curva | 6+928 | 30 | 52 | 65 |
| 130 | tangente | 6+965 | 30 | 52 | 65 |
| 131 | curva | 7+004 | 30 | 59 | 67 |
| 132 | tangente | 7+057 | 30 | 60 | 63 |
| 133 | curva | 7+113 | 30 | 62 | 58 |
| 134 | tangente | 7+137 | 30 | 62 | 58 |
| 135 | curva | 7+154 | 30 | 62 | 58 |
| 136 | tangente | 7+183 | 30 | 64 | 63 |
| 137 | curva | 7+219 | 30 | 64 | 63 |
| 138 | tangente | 7+372 | 30 | 64 | 63 |
| 139 | curva | 7+526 | 30 | 26 | 27 |
| 140 | curva | 7+557 | 30 | 26 | 27 |
| 141 | tangente | 7+584 | 30 | 28 | 32 |
| 142 | curva | 7+616 | 30 | 33 | 49 |
| 143 | tangente | 7+697 | 30 | 53 | 64 |
| 144 | curva | 7+783 | 30 | 53 | 64 |
| 145 | tangente | 7+825 | 30 | 52 | 61 |

Continúa...

| VELOCIDADES DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCOARO | | | | | |
|---|----------|-------------|---------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 5 | 6 | 7 |
| SITIO | ELEMENTO | PROGRESIVAS | V. Diseño (Km/h) | V. Medida subida (Km/h) | V. Medida bajada (Km/h) |
| 146 | curva | 7+865 | 30 | 56 | 59 |
| 147 | tangente | 7+906 | 30 | 48 | 56 |
| 148 | curva | 7+970 | 30 | 45 | 52 |
| 149 | tangente | 8+022 | 30 | 47 | 55 |
| 150 | curva | 8+075 | 30 | 48 | 45 |
| 151 | tangente | 8+122 | 30 | 44 | 49 |
| 152 | curva | 8+151 | 30 | 45 | 52 |
| 153 | tangente | 8+176 | 30 | 45 | 52 |
| 154 | curva | 8+209 | 30 | 45 | 50 |
| 155 | tangente | 8+242 | 30 | 45 | 50 |
| 156 | curva | 8+265 | 30 | 45 | 50 |
| 157 | tangente | 8+292 | 30 | 45 | 50 |
| 158 | curva | 8+323 | 30 | 47 | 66 |
| 159 | tangente | 8+354 | 30 | 47 | 59 |
| 160 | curva | 8+387 | 30 | 47 | 59 |
| 161 | tangente | 8+434 | 30 | 47 | 59 |
| 162 | curva | 8+485 | 30 | 42 | 56 |
| 163 | tangente | 8+512 | 30 | 44 | 60 |
| 164 | curva | 8+557 | 30 | 45 | 65 |
| 165 | tangente | 8+626 | 30 | 47 | 65 |
| 166 | curva | 8+687 | 30 | 50 | 68 |
| 167 | tangente | 8+802 | 30 | 56 | 74 |
| 168 | curva | 8+905 | 30 | 56 | 74 |
| 169 | tangente | 9+057 | 30 | 58 | 67 |
| 170 | curva | 9+233 | 30 | 15 | 15 |

Fuente: Elaboración propia 2016.

3.6.7. Perfil de velocidades de operación.

3.6.7.1. Proceso de cálculo

Para la construcción del perfil de velocidades, se tomaron los 8+917.30 km de la longitud de la vía, para demostrar los límites de aplicación del modelo, y que no se haga mal uso de éste.

Perfil de velocidades de operación del percentil 85.

El perfil de velocidad de operación obtenido a partir de los modelos propuestos corresponden a un perfil teórico, para su construcción fue necesario conocer la geometría del tramo, dado que no se contaba con los planos de construcción, se realizó la restitución de la geometría, para obtener las variables independientes y a partir de ello obtener las velocidades estimadas.

Perfil de velocidades medidas.

Para construir del perfil de velocidad de operación real se realizó una ronda de mediciones en cada sitio que forman el tramo estudiado, el cual se presentó en la tabla 61.

Comparación de velocidad estimada vs. Velocidad medida.

Se realizó una comparación entre la velocidad medida y estimada, con el objetivo de obtener diferencias entre estas en la vía de estudio para posteriormente evaluar su seguridad vial – nominal con la Norma, los perfiles se muestran a continuación.

3.6.7.2. Diagrama

Perfil de velocidades de operación ver anexo 4.

3.6.8. Puntos de riesgo de la carretera Enaco - Abra Ccorao

3.6.8.1. Proceso de cálculo

De la progresiva 0+520.96 al 9+263.98, se pudo determinar de acuerdo a la consistencia de diseño y perfil de velocidades que los puntos de riesgo son 56 sitios entre tangentes y curvas horizontales, a partir de aquello se determinó el porcentaje de tramos de inseguridad vial – nominal en función a toda la longitud de la vía estudiada. Como se muestra en la tabla 62.

Tabla: 62 Evaluación de la seguridad vial – nominal en porcentaje

| Longitud total evaluada en metros | | | 8743.02 |
|-----------------------------------|------------------|--------------|-----------------|
| Diseño | Puntos de Riesgo | Longitud (m) | Inseguridad (%) |
| Pobre | 39 | 2557.09 | 29.25 |
| Tolerable | 17 | 1085.32 | 12.41 |
| Total | 56 | 3642.41 | 41.66 |

Fuente: Elaboración propia 2016.

Para evaluar los sitios inseguros viales – nominales se tomó como criterios y preceptos, las guías y normativas de diseño del manual DG-2014, el cual viene establecido por el grado de cumplimiento.

3.6.9. Cumplimiento de los requerimientos y normas del reglamento con el DG-2014

3.6.9.1. Evaluación del alineamiento horizontal

El diseño geométrico en planta es la proyección sobre un plano horizontal de su eje real o espacial, dicho eje horizontal está constituido por una serie de tramos rectos denominados tangentes, enlazados entre sí por curvas.

Para la evaluación del alineamiento horizontal se consideraron los siguientes parámetros:

- Necesidad de curva horizontal. Según el Manual DG-2014, para la velocidad de diseño $V_d = 30$ Km/h, existe necesidad de curva horizontal cuando la deflexión es mayor a $2,5^\circ$. Conforme a este criterio se encontró que en toda la vía existe la necesidad de proyectar curvas de enlace a excepción del sitio 168.
- Radio mínimo. Según el Manual DG-2014, para la velocidad de diseño $V_d = 30$ Km/h, todas las curvas deben tener como mínimo un radio de 30 m. Conforme a este criterio se identificó curvas con radios menores al mínimo, correspondientes a los sitios: 81 con $R = 27.5$ m, 99 y 100 con $R = 22$ m, así mismo los sitios 122 y 123 con $R = 26$ m y los sitios 139 y 140 con $R = 19$ m.
- Longitud mínima y máxima para tramos en tangente. Según el manual DG – 2014, existen longitudes mínimas y máximas para tramos en tangente comprendidos entre curvas consecutivas, dependiendo si la curvatura tiene el mismo sentido (Curvas en “O”) o sentido contrario (Curvas en “S”); para la velocidad de diseño de 30 Km/h, la longitud mínima en curvas en “S” es 42 m, la longitud mínima en curvas en “O”



es 84 m y la longitud máxima es 500 m. Conforme a este criterio, se identificó que las tangentes comprendidas entre los sitios 30, 36, 58, 68, 76, 82, 84, 113, 138, 161, 167 y 169, cuentan con la longitud mínima para curvas en “S” y “O”. En todos los casos no sobrepasan la longitud máxima.

- Longitud de curva. Según el Manual DG-2014, la longitud de curva está dada por 3 veces la velocidad de diseño siendo esta 90 metros de acuerdo al cálculo, Conforme a este criterio se determinó que en todas las curvas de la vía existe la necesidad de cambiar sus longitudes de curva, a excepción del sitio 85.
- Sobre ancho. Según el DG-2014, el sobre ancho de las curvas está dada por la fórmula que se presentan en la página (31), conforme a este criterio, se encontró que los sitios 31, 35, 75, 102, 118, 144, 160 y 168 no cumplen los parámetros establecidos.

3.6.9.2. Tablas y figuras

Tabla: 63 Elementos del alineamiento horizontal de la vía evaluada

| UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------|------------------|--------------------------------|-----------|-----------|---------|---------------------------|--------------------------|-------------------------------|--------------|--------------|------------|---------------------------|----|
| FECHA: | | OCTUBRE del 2016 | | | | | | | | | | | | |
| DATOS DE ENTRADA | L mín S (m) | 42 | Radio mínimo (m) | | 30 | m | | | | | | | | |
| | L mín O (m) | 84 | Necesidad de curva Horizontal. | | > 2° 30' | | | | | | | | | |
| | L máx (m) | 500 | Velocidad de diseño | | 30 | km/h | | | | | | | | |
| DATOS DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL | | | | | | | | | EVALUACIÓN DE PARÁMETROS | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| SITIO | PI (km) | ELEMENTO | L (m) | Radio (m) | DEFLEXIÓN | | TIPO DE TANGENTE EN CURVA | SOBRE ANCHO EN CAMPO (m) | NECESIDAD DE CURVA HORIZONTAL | LC MÍN | VERIF. RMIN. | VERIF. LTG | SOBRE ANCHO NECESARIO (m) | |
| | | | | | Δ | SENTIDO | | | | | | | | |
| 21 | 1+300.601 | curva | 46.67 | 50 | 53°28' | I | | 1.5 | C | Usar Lc. Min | OK | | 2.68 | |
| 22 | 1+334.496 | tangente | 30.13 | | | | S | | | | | L.min. | | |
| 29 | 1+554.719 | curva | 32.67 | 60 | 31°12' | D | | 1.5 | C | Usar Lc. Min | OK | | 2.26 | |
| 30 | 1+639.031 | tangente | 137.60 | | | | S | | | | | OK | | |
| 31 | 1+723.344 | curva | 30.19 | 350 | 4°56' | D | | 0.9 | C | Usar Lc. Min | OK | | 0.48 | |
| 32 | 1+772.18 | tangente | 66.28 | | | | O | | | | | L.min. | | |
| 33 | 1+821.016 | curva | 30.97 | 40 | 44°21' | I | | 1.35 | C | Usar Lc. Min | OK | | 3.31 | |
| 34 | 1+845.494 | tangente | 21.16 | | | | S | | | | | L.min. | | |
| 35 | 1+869.973 | curva | 26.20 | 150 | 10°00' | D | | 1.5 | C | Usar Lc. Min | OK | | 0.74 | |
| 36 | 1+952.211 | tangente | 72.78 | | | | S | | | | | OK | | |
| 39 | 2+034.45 | curva | 40.52 | 40 | 58°02' | I | | 1.5 | C | Usar Lc. Min | OK | | 3.31 | |
| 40 | 2+065.655 | tangente | 11.63 | | | | S | | | | | L.min. | | |
| 57 | 2+803.56 | curva | 53.07 | 46 | 66°06' | I | | 1.5 | C | Usar Lc. Min | OK | | 2.89 | |
| 58 | 2+472.59 | tangente | 79.34 | | | | S | | | | | OK | | |
| 68 | 3+318.32 | tangente | 318.32 | | | | S | | | | | OK | | |
| 75 | 4+345.69 | curva | 81.97 | 98 | 47°55' | I | | 1.5 | C | Usar Lc. Min | OK | | 1.44 | |
| 76 | 4+458.165 | tangente | 156.83 | | | | S | | | | | OK | | |
| 77 | 4+570.64 | curva | 52.50 | 45 | 66°50' | I | | 1.5 | C | Usar Lc. Min | OK | | 2.96 | |
| 78 | 4+610.005 | tangente | 48.32 | | | | O | | | | | L.min. | | |
| 79 | 4+649.38 | curva | 15.22 | 150 | 5°48' | D | | 0.6 | C | Usar Lc. Min | OK | | 0.99 | |
| 80 | 4+672.515 | tangente | 10.74 | | | | S | | | | | L.min. | | |
| 81 | 4+695.65 | curva | 53.22 | 27.5 | 110°53' | D | | 2.4 | C | Usar Lc. Min | Usa R. min | | 4.78 | |
| 82 | 4+840.925 | tangente | 257.26 | | | | O | | | | | OK | | |
| 83 | 4+986.2 | curva | 15.99 | 250 | 3°39' | D | | 0.4 | C | Usar Lc. Min | OK | | 0.64 | |

Continúa...

| DATOS DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL | | | | | | | | | EVALUACIÓN DE PARÁMETROS | | | | | |
|-----------------------------------|-----------|----------|--------|-----------|-----------|---------|---------------------------|--------------------------|-------------------------------|--------------|--------------|------------|---------------------------|------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| SITIO | PI (km) | ELEMENTO | L (m) | Radio (m) | DEFLEXIÓN | | TIPO DE TANGENTE EN CURVA | SOBRE ANCHO EN CAMPO (m) | NECESIDAD DE CURVA HORIZONTAL | LC MÍN | VERIF. RMIN. | VERIF. LTG | SOBRE ANCHO NECESARIO (m) | |
| | | | | | Δ | SENTIDO | | | | | | | | |
| 84 | 5+097.53 | tangente | 156.42 | | | | O | | | | | | OK | |
| 85 | 5+208.86 | curva | 116.15 | 50 | 133°05' | D | | 1.3 | C | Usar Lc. Min | OK | | | 2.68 |
| 86 | 5+311.76 | tangente | 53.52 | | | | O | | | | | | L.min. | |
| 89 | 5+414.66 | curva | 17.51 | 150 | 6°41' | I | | 0.6 | C | Usar Lc. Min | OK | | | 0.99 |
| 90 | 5+473.485 | tangente | 18.35 | | | | S | | | | | | L.min. | |
| 93 | 5+532.31 | curva | 44.86 | 43 | 59°46' | D | | 1.3 | C | Usar Lc. Min | OK | | | 3.09 |
| 94 | 5+593.59 | tangente | 11.10 | | Δ | | S | | | | | | L.min. | |
| 97 | 5+654.87 | curva | 39.19 | 75 | 29°56' | D | | 0.9 | C | Usar Lc. Min | OK | | | 1.84 |
| 98 | 5+685.84 | tangente | 20.69 | | | | O | | | | | | L.min. | |
| 99-100 | 5+716.81 | curva | 69.36 | 22 | 90°19' | I | | 2 | C | Usar Lc. Min | Usa R. min | | | 6.03 |
| 101 | 5+788.195 | tangente | 38.92 | | | | O | | | | | | L.min. | |
| 102 | 5+824.9 | curva | 43.56 | 150 | 16°38' | I | | 1.5 | C | Usar Lc. Min | OK | | | 0.99 |
| 103 | 5+857.010 | tangente | 24.53 | | | | O | | | | | | L.min. | |
| 112 | 6+163.37 | curva | 30.38 | 50 | 34°48' | I | | 1.5 | C | Usar Lc. Min | OK | | | 2.68 |
| 113 | 6+209.765 | tangente | 51.24 | | | | S | | | | | | OK | |
| 118 | 6+380.69 | curva | 20.03 | 250 | 4°35' | I | | 1.5 | C | Usar Lc. Min | OK | | | 0.64 |
| 120 | 6+612.48 | curva | 33.81 | 80 | 24°13' | I | | 1.3 | C | Usar Lc. Min | OK | | | 1.73 |
| 121 | 6+654.595 | tangente | 38.77 | | | | O | | | | | | L.min. | |
| 122-123 | 6+696.71 | curva | 85.78 | 26 | 94°31' | D | | 2.27 | C | Usar Lc. Min | Usa R. min | | | 5.06 |
| 124 | 6+761.015 | tangente | 18.14 | | | | O | | | | | | L.min. | |
| 138 | 7+373.130 | tangente | 269.51 | | | | S | | | | | | OK | |
| 139-140 | 7+526.98 | curva | 61.89 | 19 | 93°19' | I | | 3.68 | C | Usar Lc. Min | Usa R. min | | | 7.08 |
| 141 | 7+587.420 | tangente | 32.02 | | | | O | | | | | | L.min. | |
| 144 | 7+783.38 | curva | 41.16 | 180 | 13°06' | D | | 1.5 | C | Usar Lc. Min | OK | | | 0.84 |
| 145 | 7+824.600 | tangente | 42.52 | | | | O | | | | | | L.min. | |
| 160 | 8+387.34 | curva | 20.59 | 120 | 9°49' | D | | 1.5 | C | Usar Lc. Min | OK | | | 0.93 |
| 161 | 8+436.665 | tangente | 74.48 | | | | S | | | | | | OK | |
| 162 | 8+485.99 | curva | 27.12 | 50 | 31°04' | I | | 1.5 | C | Usar Lc. Min | OK | | | 2.25 |
| 163 | 8+521.73 | tangente | 26.92 | | | | S | | | | | | L.min. | |
| 167 | 8+796.170 | tangente | 191.17 | | | | S | | | | | | OK | |
| 168 | 8+905.23 | curva | 13.50 | 450 | 1°43' | D | | 1.5 | NC | Usar Lc. Min | OK | | | 0.25 |
| 169 | 9+069.240 | tangente | 290.23 | | | | S | | | | | | OK | |

Fuente: Elaboración propia 2016.

L: Longitud de curva o tangente.

Δ: Ángulo de deflexión en ° ´.

R MÍN: Radio mínimo.

LTG: Longitud tangente.

Lmín S: Longitud mínima de tangente en curvas tipo S.

Lmín O: Longitud mínima de tangente en curvas tipo O.

Lmáx: Longitud de tangente máxima.

| | |
|--|------------------|
| | Diseño bueno |
| | Diseño tolerable |
| | Diseño pobre |



Tabla: 64 Evaluación de la carretera con visibilidad adecuada para adelantar

| UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL | | | | | | | |
|--|------------|------------------|------------|--|------------|-----------------------|------------|
| RESPONSABLES: | | | | GARY ROSSANO GOMEZ ALLENDE - JOSELUIS QUISPE MEJIA | | | |
| FECHA: | | | | dic-16 | | | |
| EVALUACIÓN DE LA CARRETERA CON VISIBILIDAD ADECUADA PARA ADELANTAR | | | | | | | |
| TRAMO I ENACO (0+530) - PUMAMARCA(05+100) | | | | TRAMO II PUMAMARCA (05+100)- ABRA CCORAO (FINAL) | | | |
| CONDICIÓN OROGRÁFICA | | ESCARPADO TIPO 4 | | CONDICIÓN OROGRÁFICA | | ACCIDENTADO TIPO3 | |
| LONGITUD TOTAL | | 4570 | | LONGITUD TOTAL | | 4100 | |
| dp | | da | | dp | | da | |
| % | | % | | % | | % | |
| 0+530 al 0+900 | 8% | 0+900 al 1+160 | 6% | 5+100 al 6+300 pendiente | 29% | 6+300 al 6+580 | 7% |
| 1+160 al 2+100 | 21% | 2+110 al 2+560 | 10% | 6+580 al 6+800 pendiente y curva | 5% | 6+800 al 7+440 | 16% |
| 2+560 al 2+820 | 6% | 2+820 al 4+240 | 31% | 7+440 al 7+620 curva | 4% | 7+620 al 7+880 | 6% |
| 4+240 al 4+740 | 11% | 4+740 al +5+100 | 8% | 7+880 al 8+020 | 3% | 8+020 al 9+200(final) | 29% |
| TOTAL | 45% | TOTAL | 55% | TOTAL | 42% | TOTAL | 58% |
| De acuerdo a la tabla 205.05 del DG 2014 el porcentaje de la carretera Enaco (0+530) a Pumamarca (05+100) con visibilidad adecuada de adelantamiento cumple con el mínimo establecido que es de 15%. | | | | De acuerdo a la tabla 205.05 del DG 2014 el porcentaje de la carretera Pumamarca (5+100) al Abra Ccorao (final) con visibilidad adecuada de adelantamiento cumple con el mínimo establecido que es de 25%. | | | |
| MÁXIMAS LONGITUDES SIN VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO O PASO ES DE 2070 m | | CUMPLE | | MÁXIMAS LONGITUDES SIN VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO O PASO ES DE 1740 m | | CUMPLE | |

Fuente: Elaboración propia 2016.

dp: distancia de parada.

da: distancia de adelantamiento.



Tabla: 65 Evaluación de distancia de visibilidad en curvas horizontales

| UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|--|----------|-----------|--------|------------------|--------|-------|---------|------------------|--------------------------------------|----------------------|--------------|
| TESIS: | | "EVALUACIÓN DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO RESPECTO AL MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS DG-2014, Y SU INCIDENCIA EN LA CONSISTENCIA DEL DISEÑO EN CURVAS HORIZONTALES Y TANGENTES" | | | | | | | | | | | |
| FECHA: | | dic-16 | | | | | | | | | | | |
| RESPONSABLES : | | GARY ROSSANO GOMEZ ALLENDE - JOSE LUIS QUISPE MEJIA | | | | | | | | | | | |
| EVALUACIÓN DE DISTANCIAS DE VISIBILIDAD | | | | | | | | | | | | | |
| SITIO | PI | PROGRESIVA (km) | ELEMENTO | RADIO (m) | LC (m) | VELOCIDAD (km/h) | tp (s) | f max | ± i (%) | Dp CALCULADO (m) | "a" DESPEJE REQUERIDO MÉTODO GRÁFICO | "a" DESPEJE EN CAMPO | CUMPLIMIENTO |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 39 | 28 | 2+034.45 | curva | 40 | 40.52 | 30 | 2 | 0.17 | 0.0274 | 35 | 4.50 | 2.30 | NO CUMPLE |
| 57 | 37 | 2+803.56 | curva | 46 | 53.07 | 30 | 2 | 0.17 | 0.0744 | 31 | 2.90 | 2.60 | NO CUMPLE |
| 81 | 49 | 4+695.65 | curva | 28 | 53.22 | 30 | 2 | 0.17 | 0.0568 | 32 | 5.60 | 2.10 | NO CUMPLE |
| 85 | 51 | 5+208.86 | curva | 50 | 116.15 | 30 | 2 | 0.17 | 0.0614 | 32 | 2.85 | 2.20 | NO CUMPLE |
| 99 | 58 | 5+716.81 | curva | 22 | 34.68 | 30 | 2 | 0.17 | 0.0722 | 31 | 6.54 | 2.10 | NO CUMPLE |
| 100 | 59 | 5+751.49 | curva | 22 | 34.68 | 30 | 2 | 0.17 | 0.0883 | 30 | 6.54 | 2.10 | NO CUMPLE |
| 122 | 70 | 6+696.71 | curva | 26 | 43.51 | 30 | 2 | 0.17 | 0.0726 | 31 | 5.41 | 2.20 | NO CUMPLE |
| 123 | 71 | 6+739.51 | curva | 26 | 42.27 | 30 | 2 | 0.17 | 0.0726 | 31 | 5.41 | 2.20 | NO CUMPLE |
| 139 | 79 | 7+526.98 | curva | 19 | 30.94 | 30 | 2 | 0.17 | 0.0737 | 31 | 9.31 | 2.15 | NO CUMPLE |
| 140 | 80 | 7.557.93 | curva | 19 | 30.94 | 30 | 2 | 0.17 | 0.0737 | 31 | 9.31 | 2.15 | NO CUMPLE |

Fuente: Elaboración propia 2016.

PI: Punto de intersección.

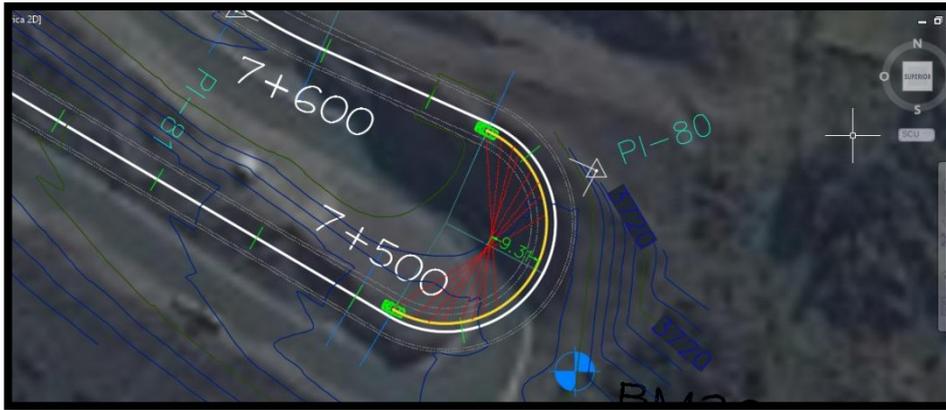
tp: Tiempo de percepción.

Dp: Distancia de parada.

a : Ancho de despeje necesario

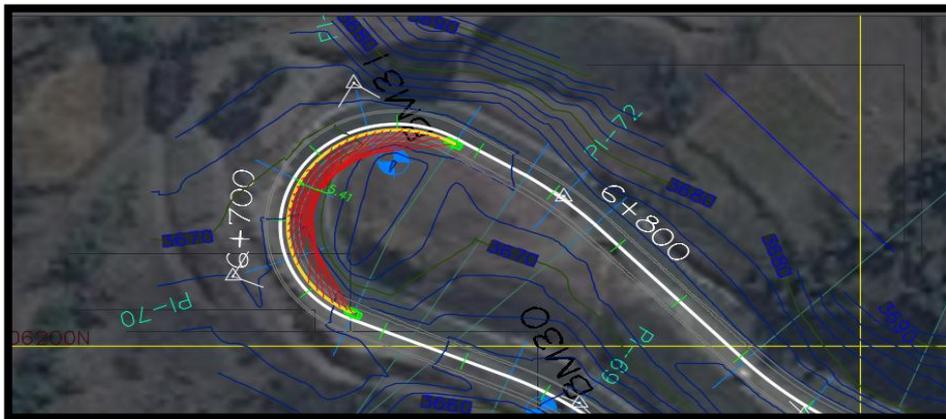
f máx: Coeficiente de fricción.

| | |
|--|------------------|
| | Diseño bueno |
| | Diseño tolerable |
| | Diseño pobre |



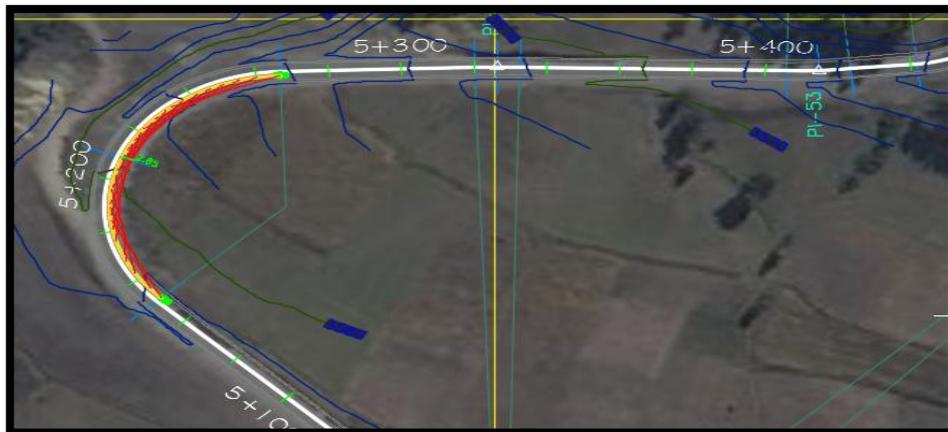
Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 29 Ancho de despeje método gráfico sitio 140-141



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 30 Ancho de despeje método gráfico sitio 122-123



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 31 Ancho de despeje método gráfico sitio 85

3.6.9.3. Evaluación del alineamiento en perfil

El diseño geométrico vertical, es la proyección del eje real o espacial de la vía sobre una superficie vertical paralela al mismo, debido a este paralelismo, dicha proyección mostrará la longitud real del eje de la vía, el perfil longitudinal añade datos imprescindibles para la construcción de carreteras. Para la evaluación del alineamiento en perfil se identificaron los siguientes parámetros:

- Pendiente mínima. Teóricamente, lo ideal sería construir las carreteras a nivel, puesto que el vehículo no tuviese que vencer resistencias propias a las pendientes, las carreteras a nivel tienen como inconveniente el drenaje pluvial a no ser que se adecuen cunetas con la suficiente pendiente que garantice el drenaje. Se recomienda usar como mínimo una pendiente igual a 0,50 %. Conforme a lo mencionado se identificó que toda la vía cumple con la pendiente mínima.
- Pendiente máxima. Según el DG-2014, para la velocidad de diseño de 30 Km/h, la pendiente máxima para una carretera tipo 3, es igual a 10%, así mismo el reglamento consigna que para altitudes mayores a 3000 metros y de tipo 3 y 4 de orografía se reducirán en 1% excepcionalmente. Conforme a este criterio se identificó que las pendientes de los PIV de entrada: 1, 8, 4 y 6 no cumplen lo establecido.
- Necesidad de curva vertical. Según el Manual DG-2014, se requiere enlazar los tramos consecutivos de rasante cuando la diferencia algebraica de pendientes $A > 2 \%$. Conforme a este criterio se encontró que para A correspondiente al PIV 12 y 22 sólo sería necesario identificarlos como puntos de inflexión vertical.
- Longitud de curva vertical. El DG - 2014, resume cuatro criterios para determinar la longitud de curvas verticales, estos son: criterio de comodidad, criterio de operación, criterio de drenaje y criterio de seguridad, siendo éste último el que prevalece ante los demás.



Asimismo indica que para velocidades menores a 80 Km/h, los criterios de drenaje y operación no tienen relevancia. Para casos donde $D_a > L$, la longitud puede ser negativa, significando que no necesitaría curva, sin embargo se exige, considerando que para procedimiento de campo finalmente se producen curvas verticales. Conforme a lo mencionado se identificó que todas las curvas cumplen con la longitud mínima.

3.6.9.4. Tabla

Tabla: 66 Análisis de parámetros del alineamiento vertical

| UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL | | | | | | | |
|---|--------------------------|---|-------|---------------|------------------|------------------|-----------------------------|
| TESIS: | | "EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL NOMINAL DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO, DE ACUERDO A LA CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO" | | | | | |
| RESPONSABLES: | | GARY ROSSANO GOMEZ ALLENDE - JOSELUIS QUISPE MEJIA | | | | | |
| FECHA: | | ene-17 | | | | | |
| EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DEL ALINEAMIENTO VERTICAL | | | | | | | |
| PIV | PENDIENTE DE ENTRADA (%) | PENDIENTE DE SALIDA (%) | A (%) | TIPO DE CURVA | PENDIENTE MÍNIMA | PENDIENTE MÁXIMA | NECESIDAD DE CURVA VERTICAL |
| 1 | 11.97 | 5.73 | 6.24 | Convexa | CUMPLE | NO CUMPLE | C.Vert. |
| 2 | 5.73 | 8.67 | 2.94 | Cóncava | CUMPLE | CUMPLE | C.Vert. |
| 3 | 8.67 | 12.04 | 3.37 | Cóncava | CUMPLE | CUMPLE | C.Vert. |
| 4 | 12.04 | 6.13 | 5.91 | Convexa | CUMPLE | NO CUMPLE | C.Vert. |
| 5 | 6.13 | 11.62 | 5.49 | Cóncava | CUMPLE | CUMPLE | C.Vert. |
| 6 | 11.62 | 7.26 | 4.36 | Convexa | CUMPLE | NO CUMPLE | C.Vert. |
| 7 | 7.26 | 9.57 | 2.31 | Cóncava | CUMPLE | CUMPLE | C.Vert. |
| 8 | 9.57 | 2.74 | 6.83 | Convexa | CUMPLE | NO CUMPLE | C.Vert. |
| 9 | 2.74 | 7.44 | 4.7 | Cóncava | CUMPLE | CUMPLE | C.Vert. |
| 10 | 7.44 | 8.59 | 1.15 | Cóncava | CUMPLE | CUMPLE | C.Vert. |
| 11 | 8.59 | 6.49 | 2.1 | Cóncava | CUMPLE | CUMPLE | C.Vert. |
| 12 | 6.49 | 5.61 | 0.88 | Convexa | CUMPLE | CUMPLE | P.inflex. |
| 13 | 5.61 | 1.15 | 4.46 | Convexa | CUMPLE | CUMPLE | C.Vert. |
| 14 | 1.15 | 2.28 | 1.13 | Cóncava | CUMPLE | CUMPLE | C.Vert. |
| 15 | 2.28 | -1.01 | 3.29 | Convexa | CUMPLE | CUMPLE | C.Vert. |
| 16 | -1.01 | 0.91 | 1.92 | Cóncava | CUMPLE | CUMPLE | C.Vert. |
| 17 | 0.91 | 5.68 | 4.77 | Cóncava | CUMPLE | CUMPLE | C.Vert. |
| 18 | 5.68 | 3.08 | 2.6 | Convexa | CUMPLE | CUMPLE | C.Vert. |
| 19 | 3.08 | 1.18 | 1.9 | Convexa | CUMPLE | CUMPLE | C.Vert. |
| 20 | 1.18 | 6.14 | 4.96 | Cóncava | CUMPLE | CUMPLE | C.Vert. |
| 21 | 6.14 | 8.09 | 1.95 | Concava | CUMPLE | CUMPLE | C.Vert. |
| 22 | 8.09 | 7.22 | 0.87 | Convexa | CUMPLE | CUMPLE | P.inflex. |
| 23 | 7.22 | 8.83 | 1.61 | Cóncava | CUMPLE | CUMPLE | C.Vert. |
| 24 | 8.83 | 3.97 | 4.86 | Convexa | CUMPLE | CUMPLE | C.Vert. |
| 25 | 3.97 | 7.26 | 3.29 | Cóncava | CUMPLE | CUMPLE | C.Vert. |
| 26 | 7.26 | 1.69 | 5.57 | Convexa | CUMPLE | CUMPLE | C.Vert. |
| 27 | 1.69 | 3.24 | 1.55 | Cóncava | CUMPLE | CUMPLE | C.Vert. |
| 28 | 3.24 | 5.53 | 2.29 | Cóncava | CUMPLE | CUMPLE | C.Vert. |
| 29 | 5.53 | 7.37 | 1.84 | Cóncava | CUMPLE | CUMPLE | C.Vert. |
| 30 | 7.37 | 2.69 | 4.68 | Convexa | CUMPLE | CUMPLE | C.Vert. |
| 31 | 2.69 | 6.18 | 3.49 | Cóncava | CUMPLE | CUMPLE | C.Vert. |
| 32 | 6.18 | 7.99 | 1.81 | Cóncava | CUMPLE | CUMPLE | C.Vert. |
| 33 | 7.99 | 4.88 | 3.11 | Convexa | CUMPLE | CUMPLE | C.Vert. |
| 34 | 4.88 | 6.88 | 2 | Cóncava | CUMPLE | CUMPLE | C.Vert. |
| 35 | 6.88 | 3.81 | 3.07 | Convexa | CUMPLE | CUMPLE | C.Vert. |
| 36 | 3.81 | 8.1 | 4.29 | Cóncava | CUMPLE | CUMPLE | C.Vert. |
| 37 | 8.1 | -0.68 | 8.78 | Convexa | CUMPLE | CUMPLE | C.Vert. |

A: Diferencia algebraica de pendiente.

Fuente: Elaboración propia 2016.



Tabla: 67 Evaluación de la distancia de visibilidad en curvas verticales

| UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL | | RESPONSABLES: GARY ROSSANO GOMEZ ALLENDE - JOSE LUIS QUISPE MEJIA | | | | | | | | | | | | |
|---|-------|---|-------|---------------|-----------------|----------|--------|--------|----------------------------|------------|------------|-----------------------------------|--------|--------------|
| | | EVALUACIÓN DE LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS VERTICALES | | | | | | | | | | | | |
| VISIBILIDAD | | | | | | | | | LONGITUD DE CURVA VERTICAL | | | | | CUMPLIMIENTO |
| PIV | A (%) | K (%) | P (%) | TIPO DE CURVA | PROGRESIVA (km) | Dp vs Da | Dp (m) | Da (m) | POR SEGURIDAD | | | | | |
| | | | | | | | | | LC (m) | D > LC (m) | D < LC (m) | LONGITUD MÍNIMA (m) (RECOMENDADA) | | |
| 4 | 5.91 | 11.00 | 12.04 | Convexa | 0+514.56 | Dp | 28.87 | 110 | 65 | - | 12.19 | 14 | CUMPLE | |
| 6 | 4.36 | 14.91 | 11.62 | Convexa | 0+811.43 | Dp | 29.05 | 110 | 65 | - | 9.11 | 10 | CUMPLE | |
| 8 | 6.83 | 30.01 | 9.57 | Convexa | 1+775.08 | Dp | 30.00 | 110 | 205 | - | 15.22 | 16 | CUMPLE | |
| 12 | 0.88 | 90.91 | 6.49 | Convexa | 3+287.42 | Da | 31.75 | 110 | 80 | -855 | - | SN | CUMPLE | |
| 13 | 4.46 | 17.04 | 5.61 | Convexa | 3+565.48 | Da | 32.34 | 110 | 76 | 7.89 | - | 8 | CUMPLE | |
| 15 | 3.29 | 28.88 | 2.28 | Convexa | 4+169.65 | Da | 35.04 | 110 | 95 | -67.54 | - | SN | CUMPLE | |
| 18 | 2.6 | 25.00 | 5.68 | Convexa | 4+769.41 | Da | 32.29 | 110 | 65 | -143.85 | - | SN | CUMPLE | |
| 19 | 1.9 | 55.26 | 3.08 | Convexa | 4+989.44 | Da | 34.31 | 110 | 105 | -277.89 | - | SN | CUMPLE | |
| 22 | 0.87 | 103.45 | 8.09 | Convexa | 5+586.50 | Dp | 30.79 | 110 | 90 | - | 2.04 | 4 | CUMPLE | |
| 24 | 4.86 | 18.52 | 8.83 | Convexa | 6+225.39 | Dp | 30.38 | 110 | 90 | - | 11.11 | 12 | CUMPLE | |
| 26 | 5.57 | 12.57 | 7.26 | Convexa | 6+754.64 | Dp | 31.27 | 110 | 70 | - | 13.48 | 14 | CUMPLE | |
| 30 | 4.68 | 19.23 | 7.37 | Convexa | 7+596.28 | Dp | 31.21 | 110 | 90 | - | 11.28 | 12 | CUMPLE | |
| 33 | 3.11 | 38.59 | 7.99 | Convexa | 8+447.39 | Da | 30.85 | 110 | 120 | 39.78 | - | 40 | CUMPLE | |
| 35 | 3.07 | 14.66 | 6.88 | Convexa | 8+912.97 | Da | 31.50 | 110 | 45 | -88.14 | - | SN | CUMPLE | |
| 37 | 8.78 | 4.56 | 8.1 | Convexa | 9+198.62 | Dp | 30.78 | 110 | 40 | - | 20.59 | 22 | CUMPLE | |

A: Diferencia algebraica de pendiente.

Da: Distancia de adelantamiento.

Fuente: Elaboración propia 2016.

K: Parámetro de curvatura.

LC: Longitud de curva.

P: Pendiente.

Dp: Distancia de parada

3.6.9.5. Evaluación de peraltes máximos

- Para efectos de la investigación se realizó la evaluación de peraltes máximos en sitios seleccionados a criterio de los investigadores, llegado a los resultados como se muestra en la tabla 68. De aquello se puede deducir que las mediciones realizadas en campo no cumplen con los obtenidos de acuerdo a la formula, a excepción de los sitios 81 y 85.

Tabla: 68 Evaluación de peraltes máximos

| UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL | | | | | | | | | |
|---|----------|---|-----------|------------------|--|----------|-------------------------------|---|------------|
| RESPONSABLE: | | GARY ROSSANO GOMEZ ALLENDE - JOSE LUIS QUISPE MEJIA | | | | | | | |
| EVALUACIÓN DE PERALTES MÁXIMOS | | | | | | | | | |
| DATOS DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL | | | | | ANÁLISIS DE PARÁMETROS | | | | |
| SITIO | PI (Km) | ELEMENTO | RADIO (m) | VELOCIDAD (km/h) | PERALTE SEGÚN EL TIPO DE OROGRAFÍA ACCIDENTADO - ESCARPADO | | MEDICIÓN CON EL ECLÍMETRO (°) | CONVERSIÓN DE PENDIENTE EN (°) A PENDIENTE EN (%) | EVALUACIÓN |
| | | | | | NORMAL | ABSOLUTO | | | |
| 39 | 2+034.45 | curva | 40 | 30 | 8% | 12% | 3.0 ° | 6.67 | no cumple |
| 53 | 2+803.56 | curva | 46 | 30 | 8% | 12% | 1°30' | 3.33 | no cumple |
| 81 | 4+695.65 | curva | 27.5 | 30 | 8% | 12% | 5°15' | 11.67 | cumple |
| 85 | 5+208.86 | curva | 50 | 30 | 8% | 12% | 5°30' | 12.22 | cumple |
| 99 | 5+716.81 | curva | 22 | 30 | 8% | 12% | 6.0 ° | 13.33 | no cumple |
| 100 | 5+751.49 | curva | 22 | 30 | 8% | 12% | 6.0 ° | 13.33 | no cumple |
| 122 | 6+696.71 | curva | 26 | 30 | 8% | 12% | 5.0 ° | 11.11 | no cumple |
| 123 | 6+739.51 | curva | 26 | 30 | 8% | 12% | 5.0 ° | 11.11 | no cumple |
| 139 | 7+526.98 | curva | 19 | 30 | 8% | 12% | 5.0 ° | 11.11 | no cumple |
| 140 | 7+557.93 | curva | 19 | 30 | 8% | 12% | 5.0 ° | 11.11 | no cumple |

Fuente: Elaboración propia 2016.

PI: Punto de intersección.

| | |
|--|------------------|
| | Diseño bueno |
| | Diseño tolerable |
| | Diseño pobre |

CAPÍTULO IV RESULTADOS

4.1. Índice Medio Diario Anual (IMDA) de la carretera Enaco - Abra Ccorao.

Tabla: 69 Resultados del índice medio diario anual proyectado al año 2016

| PROYECCIÓN DE TRÁFICO | EVALUACIÓN | EXPEDIENTE TÉCNICO |
|---|--------------|--------------------|
| PROYECCIÓN DE TRÁFICO NORMAL (VEHÍCULOS DE PASAJEROS) | 1078 Veh/día | 623 veh/día |
| PROYECCIÓN DE TRÁFICO NORMAL (VEHÍCULOS DE CARGA) | 1078 Veh/día | 805 veh/día |
| TRÁFICO GENERADO (15%) PARA VEHÍCULOS DE PASAJEROS | 1240 veh/día | 716 veh/día |
| TRÁFICO GENERADO (15%) PARA VEHÍCULOS DE CARGA | 1240 veh/día | 926 veh/día |

Fuente: Elaboración propia 2016.

Comentario de la tabla N° 69

- El IMDA según el conteo vehicular y su respectivo factor de corrección estacional es de 1078 veh/día, así mismo la proyección para el tráfico normal de vehículos de pasajeros es igual a 1078veh/día por ser proyectado para el mismo año. En comparación con el IMDA del expediente técnico del año 2008 respecto a lo proyectado para el año 2016, se observa que los resultados son totalmente distintos.
- El IMDA según el conteo vehicular y su respectivo factor de corrección estacional es de 1078veh/día, así mismo su proyección para el tráfico normal de vehículos de carga es igual a 1078veh/día por ser proyectado para el mismo año. En comparación con el IMDA del expediente técnico del año 2008 respecto a lo proyectado para el año 2016, se observa que los resultados son totalmente distintos.

- Para obtener el tráfico generado para vehículos de pasajeros se le asigna el 15% del IMDA, por el tipo de intervención (mejoramiento), obteniendo como resultado 1240 veh/día. En comparación con el IMDA del expediente técnico del año 2008, proyectado para el año 2016, se observa que los resultados son totalmente distintos.
- Para obtener el tráfico generado para vehículos de carga se le asigna el 15% del IMDA, por el tipo de intervención (mejoramiento), obteniendo como resultado 1240 veh/día. En comparación con el IMDA del expediente técnico del año 2008, proyectado para el año 2016, se observa que los resultados son totalmente distintos.

De la tabla 69, se infiere que la proyección del tráfico normal y generado del año 2016 respecto al tráfico proyectado en el expediente técnico para el mismo año, son totalmente distintos.

4.2. Clasificación de la vía y velocidad de diseño.

Tabla: 70 Resultados de la clasificación de la vía y de la selección de la velocidad de diseño

| EXP. TÉCNICO – DG 2001 | | | EVALUACIÓN – DG 2014 | | |
|--------------------------------|--------------------------|------|--------------------------------|-----------------------------|------|
| IMDA | 575 | Vh/d | IMDA | 1078 | Vh/d |
| Clasificación de la vía | | | Clasificación de la vía | | |
| Según su Demanda | Carretera de 3ra clase | | Según su Demanda | Carretera de 2da clase | |
| Según su Orografía | Terreno ondulado (Tipo2) | | Según su Orografía | Terreno accidentado (Tipo3) | |
| VELOCIDAD DE DISEÑO | | | VELOCIDAD DE DISEÑO | | |
| 30 Km/h | | | 50 Km/h | | |

Fuente: Elaboración propia 2016.

Comentarios de la tabla N° 70

- De acuerdo al expediente técnico la clasificación de la vía según su demanda de la carretera Enaco – Abra Ccorao es carretera de tercera clase, clasificación que no corresponde,



por cuanto según el IMDA del expediente técnico (575 vh/d) correspondía a una carretera de segunda clase por superar los 400 veh/día, establecidos por el DG – 2001, vigente a la fecha de formulación del expediente. Asimismo de acuerdo a nuestra evaluación la clasificación de la vía es carretera de segunda clase.

- De acuerdo al expediente técnico, la clasificación de la vía según su orografía, corresponde a terreno ondulado (tipo 2); sin embargo según la presente evaluación se clasifica en terreno accidentado (tipo 3), debido a que la mayor parte de sus pendientes longitudinales se encuentra entre 6% y 8%.
- Existiendo clasificaciones diferenciadas de la vía tanto por el expediente técnico como por lo evaluado en la presente investigación, las velocidades de diseño serán diferentes.
- Es importante recalcar que para la investigación se tomó en cuenta la velocidad de diseño adoptada del expediente técnico debido a que con esta velocidad se diseñó y ejecutó todos los elementos geométricos.

4.3. Velocidades de operación del percentil 85 estimadas (curvas - tangentes) y consistencia de diseño

Tabla: 71 Resultados de la evaluación de la consistencia de diseño, según los criterios establecidos por Lamm.

| EVALUACIÓN DE LA CONSISTENCIA DEL DISEÑO CRITERIOS LAMM | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------|--------------------------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|----------------------|--------|------|-------|----------|---------|
| SITIO N° | PI | VALORES EN CURVAS HORIZONTALES | | | | | | | VALORES EN TANGENTES | | | | C - I | C - II |
| | | LONG. TANGENTE | RADIO | LC | DELTA | V85,C | VDIS. | VDES. | L.TMÍN | L.TMÁX | a | V85,T | V85-VDIS | V85-V85 |
| | | m | m | m | ° ' | km/h | km/h | km/h | m | m | m/s2 | km/h | km/h | km/h |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| - | tangente | 127.27 | | | | | 30 | 73 | 69 | 474 | 0.85 | 82 | 52 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 123 |
| PI | 6 | curva | 20 | 27.31 | 78°14' | -41 | 30 | 73 | | | | | 71 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 8 |
| - | tangente | 11.49 | | | | | 30 | 73 | 138 | N | 0.85 | -49 | 79 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 7 |
| PI | 7 | curva | 18 | 22.71 | 72°16' | -56 | 30 | 73 | | | | | 86 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 67 |
| - | tangente | 15.36 | | | | | 30 | 73 | 138 | N | 0.85 | 11 | 19 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 67 |
| PI | 8 | curva | 150 | 14.19 | 5°25' | 78 | 30 | 73 | | | | | 48 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 9 |
| - | tangente | 50.59 | | | | | 30 | 73 | 143 | N | 0.85 | 87 | 57 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 8 |
| 1 | 9 | curva | 350 | 19.36 | 3°10' | 95 | 30 | 73 | | | | | 65 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 3 |
| 2 | tangente | 64.96 | | | | | 30 | 73 | 0.00 | 335.51 | 0.85 | 98 | 68 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 3 |
| 3 | 10 | curva | 350 | 66.15 | 10°49' | 95 | 30 | 73 | | | | | 65 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 8 |
| 4 | tangente | 47.17 | | | | | 30 | 73 | 133.00 | N | 0.85 | 87 | 57 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 9 |
| 5 | 11 | curva | 150 | 30.93 | 11°48' | 78 | 30 | 73 | | | | | 48 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 6 |
| 6 | tangente | 37.41 | | | | | 30 | 73 | 78.00 | N | 0.85 | 72 | 42 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 6 |
| 7 | 12 | curva | 90 | 26.26 | 16°42' | 66 | 30 | 73 | | | | | 36 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 4 |
| 8 | tangente | 36.65 | | | | | 30 | 73 | 50.00 | N | 0.85 | 62 | 32 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 5 |
| 9 | 13 | curva | 70 | 35.59 | 29°07' | 57 | 30 | 73 | | | | | 27 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 12 |
| 10 | tangente | 36.29 | | | | | 30 | 73 | 150.00 | N | 0.85 | 69 | 39 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 12 |
| 11 | 14 | curva | 180 | 31.84 | 10°08' | 81 | 30 | 73 | | | | | 51 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| 12 | tangente | 29.40 | | | | | 30 | 73 | 0.00 | 111.84 | 0.85 | 83 | 53 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| 13 | 15 | curva | 180 | 11.81 | 3°45' | 81 | 30 | 73 | | | | | 51 | |

Continúa...

| SITIO Nº | PI | VALORES EN CURVAS HORIZONTALES | | | | | | | VALORES EN TANGENTES | | | | C - I | C - II |
|----------|----------|--------------------------------|-------|-------|--------|-------|------|------|----------------------|--------|------|-------|----------|---------|
| | | LONG. TANGENTE | RADIO | LC | DELTA | V85,C | VDIS | VDES | L.TMÍN | L.TMÁX | a | V85,T | V85-VDIS | V85-V85 |
| | | m | m | m | °' | km/h | km/h | km/h | m | m | m/s2 | km/h | km/h | km/h |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| | | | | | | | 30 | 73 | 49.25 | 62.59 | 0.85 | 73 | 43 | 8 |
| 14 | tangente | 91.13 | | | | | | | | | | | | 1 |
| 15 | 16 | curva | 120 | 40.45 | 19°19' | 74 | 30 | 73 | | | | | 44 | 1 |
| 16 | tangente | 47.03 | | | | | 30 | 73 | 24.56 | 33.91 | 0.85 | 73 | 43 | 4 |
| 17 | 17 | curva | 120 | 14.13 | 6°44' | 77 | 30 | 73 | | | | | 47 | 14 |
| 18 | tangente | 34.24 | | | | | 30 | 73 | 164.53 | N | 0.85 | 63 | 33 | 15 |
| 19 | 18 | curva | 60 | 25.97 | 24°48' | 48 | 30 | 73 | | | | | 18 | 0 |
| 20 | tangente | 27.67 | | | | | 30 | 73 | 24.51 | 299.11 | 0.85 | 48 | 18 | 6 |
| 21 | 19 | curva | 50 | 46.67 | 53°28' | 42 | 30 | 73 | | | | | 12 | 16 |
| 22 | tangente | 30.13 | | | | | 30 | 73 | 168.48 | N | 0.85 | 58 | 28 | 16 |
| 23 | 20 | curva | 120 | 34.53 | 16°29' | 74 | 30 | 73 | | | | | 44 | 12 |
| 24 | tangente | 17.01 | | | | | 30 | 73 | 130.49 | N | 0.85 | 63 | 33 | 12 |
| 25 | 21 | curva | 60 | 28.80 | 27°30' | 51 | 30 | 73 | | | | | 21 | 15 |
| 26 | tangente | 50.21 | | | | | 30 | 73 | 179.74 | N | 0.85 | 66 | 36 | 15 |
| 27 | 22 | curva | 180 | 21.55 | 6°51' | 81 | 30 | 73 | | | | | 51 | 15 |
| 28 | tangente | 33.66 | | | | | 30 | 73 | 179.74 | N | 0.85 | 66 | 36 | 15 |
| 29 | 23 | curva | 60 | 32.67 | 31°12' | 51 | 30 | 73 | | | | | 21 | 19 |
| 30 | tangente | 137.602 | | | | | 30 | 73 | 241.47 | N | 0.85 | 70 | 30 | 19 |
| 31 | 24 | curva | 350 | 30.19 | 4°56' | 89 | 30 | 73 | | | | | 59 | 37 |
| 32 | tangente | 66.28 | | | | | 30 | 73 | 339.31 | N | 0.85 | 52 | 22 | 37 |

Continúa...

| SITIO Nº | PI | VALORES EN CURVAS HORIZONTALES | | | | | | | VALORES EN TANGENTES | | | | C - I | C - II |
|----------|----------|--------------------------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|----------------------|--------|------|-------|----------|---------|
| | | LONG. TANGENTE | RADIO | LC | DELTA | V85,C | VDIS. | VDES. | L.TMÍN | L.TMÁX | a | V85,T | V85-VDIS | V85-V85 |
| | | m | m | m | °' | km/h | km/h | km/h | m | m | m/s2 | km/h | km/h | km/h |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 33 | 25 | curva | 40 | 30.97 | 44°21' | 15 | 30 | 73 | | | | | 15 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 32 |
| 34 | tangente | 21.164 | | | | | 30 | 73 | 265.63 | N | 0.85 | 47 | 17 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 31 |
| 35 | 26 | curva | 150 | 26.20 | 10°00' | 78 | 30 | 73 | | | | | 48 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 16 |
| 36 | tangente | 72.785 | | | | | 30 | 73 | 184.23 | N | 0.85 | 62 | 32 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 17 |
| 37 | 27 | curva | 60 | 40.51 | 38°41' | 45 | 30 | 73 | | | | | 15 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 15 |
| 38 | tangente | 15.916 | | | | | 30 | 73 | 81.7 | N | 0.85 | 30 | 0 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 15 |
| 39 | 28 | curva | 40 | 40.52 | 58°02' | 15 | 30 | 73 | | | | | 15 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 34 |
| 40 | tangente | 11.63 | | | | | 30 | 73 | 294.98 | N | 0.85 | 49 | 19 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 33 |
| 41 | 29 | curva | 160 | 64.09 | 22°57' | 82 | 30 | 73 | | | | | 52 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 6 |
| 42 | tangente | 78.33 | | | | | 30 | 73 | 89.1 | N | 0.85 | 76 | 46 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 7 |
| 43 | 30 | curva | 100 | 9.15 | 5°14' | 69 | 30 | 73 | | | | | 39 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| 44 | tangente | 37.96 | | | | | 30 | 73 | 12.35 | 44 | 0.85 | 71 | 41 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 4 |
| 45 | 31 | curva | 90 | 16.34 | 10°24' | 67 | 30 | 73 | | | | | 37 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 6 |
| 46 | tangente | 41.67 | | | | | 30 | 73 | 72.39 | N | 0.85 | 73 | 43 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 5 |
| 47 | 32 | curva | 150 | 17.11 | 6°32' | 78 | 30 | 73 | | | | | 48 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 5 |
| 48 | tangente | 76.82 | | | | | 30 | 73 | 0 | 69 | 0.85 | 73 | 43 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 5 |
| 49 | 33 | curva | 150 | 29.73 | 11°21' | 78 | 30 | 73 | | | | | 48 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 6 |
| 50 | tangente | 38.81 | | | | | 30 | 73 | 83.38 | N | 0.85 | 84 | 54 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 6 |
| 51 | 34 | curva | 350 | 38.25 | 6°15' | 89 | 30 | 73 | | | | | 59 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 8 |
| 52 | tangente | 48.67 | | | | | 30 | 73 | 110.97 | N | 0.85 | 82 | 52 | |

Continúa...

| SITIO N° | PI | VALORES EN CURVAS HORIZONTALES | | | | | | | VALORES EN TANGENTES | | | | C - I | C - II |
|----------|----------|--------------------------------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|----------------------|--------|------|-------|----------|---------|
| | | LONG. TANGENTE | RADIO | LC | DELTA | V85,C | VDIS. | VDES. | L.TMÍN | L.TMÁX | a | V85,T | V85-VDIS | V85-V85 |
| | | m | m | m | ° | km/h | km/h | km/h | m | m | m/s2 | km/h | km/h | km/h |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| | | | | | | | | | | | | | | 8 |
| 53 | 35 | curva | 120 | 53.57 | 25°34' | 74 | 30 | 73 | | | | | 44 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 9 |
| 54 | tangente | 48.42 | | | | | 30 | 73 | 106.21 | N | 0.85 | 65 | 35 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 9 |
| 55 | 36 | curva | 70 | 35.20 | 28°48' | 56 | 30 | 73 | | | | | 26 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 14 |
| 56 | tangente | 75.12 | | | | | 30 | 73 | 109.25 | N | 0.85 | 42 | 12 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 15 |
| 57 | 37 | curva | 46 | 53.07 | 66°06' | 27 | 30 | 73 | | | | | 3 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 26 |
| 58 | tangente | 79.34 | | | | | 30 | 73 | 243.06 | N | 0.85 | 53 | 23 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 25 |
| 59 | 38 | curva | 150 | 9.37 | 3°34' | 78 | 30 | 73 | | | | | 48 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 5 |
| 60 | tangente | 120.22 | | | | | 30 | 73 | 101.67 | N | 0.85 | 73 | 43 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 11 |
| 61 | 39 | curva | 80 | 38.57 | 27°37' | 62 | 30 | 73 | | | | | 32 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 11 |
| 62 | tangente | 131.14 | | | | | 30 | 73 | 108.8 | N | 0.85 | 73 | 43 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 6 |
| 63 | 40 | curva | 160 | 66.49 | 23°48' | 79 | 30 | 73 | | | | | 49 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| 64 | tangente | 42.32 | | | | | 30 | 73 | 14.16 | 69 | 0.85 | 81 | 51 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 4 |
| 65 | 41 | curva | 140 | 69.24 | 28°20' | 77 | 30 | 73 | | | | | 47 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 66 | tangente | 43.42 | | | | | 30 | 73 | 28.69 | 83 | 0.85 | 78 | 48 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 3 |
| 67 | 42 | curva | 180 | 119.92 | 38°10' | 81 | 30 | 73 | | | | | 51 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 8 |
| 68 | tangente | 318.32 | | | | | 30 | 73 | N | 224 | 0.85 | 73 | 43 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 22 |
| 69 | 43 | curva | 350 | 35.63 | 5°50' | 95 | 30 | 73 | | | | | 65 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 4 |
| 70 | tangente | 108.23 | | | | | 30 | 73 | 33.77 | 302 | 0.85 | 99 | 69 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 8 |
| 71 | 44 | curva | 250 | 6.52 | 1°29' | 91 | 30 | 73 | | | | | 61 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 6 |

Continúa...

| SITIO Nº | PI | VALORES EN CURVAS HORIZONTALES | | | | | | | VALORES EN TANGENTES | | | | C - I | C - II |
|----------|----------|--------------------------------|-------|--------|---------|-------|-------|-------|----------------------|--------|------|-------|----------|---------|
| | | LONG. TANGENTE | RADIO | LC | DELTA | V85,C | VDIS. | VDES. | L.TMÍN | L.TMÁX | a | V85,T | V85-VDIS | V85-V85 |
| | | m | m | m | °' | km/h | km/h | km/h | m | m | m/s2 | km/h | km/h | km/h |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 72 | tangente | 115.26 | | | | | 30 | 73 | 8.22 | 260 | 0.85 | 97 | 67 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 7 |
| 73 | 45 | curva | 450 | 73.98 | 9°25' | 90 | 30 | 73 | | | | | 60 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 11 |
| 74 | tangente | 97.27 | | | | | 30 | 73 | 145.24 | N | 0.85 | 80 | 50 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 10 |
| 75 | 46 | curva | 98 | 81.97 | 47°55' | 70 | 30 | 73 | | | | | 40 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 22 |
| 76 | tangente | 156.83 | | | | | 30 | 73 | 194.04 | N | 0.85 | 48 | 18 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 23 |
| 77 | 47 | curva | 45 | 52.50 | 66°50' | 25 | 30 | 73 | | | | | 5 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 29 |
| 78 | tangente | 48.32 | | | | | 30 | 73 | 276.82 | N | 0.85 | 54 | 24 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 28 |
| 79 | 48 | curva | 150 | 15.22 | 5°48' | 82 | 30 | 73 | | | | | 52 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 51 |
| 80 | tangente | 10.74 | | | | | 30 | 73 | 287.04 | N | 0.85 | 31 | 1 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 51 |
| 81 | 49 | curva | 27.5 | 53.22 | 110°53' | -20 | 30 | 73 | | | | | 50 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 53 |
| 82 | tangente | 257.26 | | | | | 30 | 73 | 317.74 | N | 0.85 | 33 | 3 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 53 |
| 83 | 50 | curva | 250 | 15.99 | 3°39' | 86 | 30 | 73 | | | 0.85 | | 56 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 24 |
| 84 | tangente | 156.42 | | | | | 30 | 73 | 273.56 | N | 0.85 | 62 | 32 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 25 |
| 85 | 51 | curva | 50 | 116.15 | 133°05' | 37 | 30 | 73 | | | | | 7 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 25 |
| 86 | tangente | 53.52 | | | | | 30 | 73 | 273.56 | N | 0.85 | 62 | 32 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 24 |
| 87 | 52 | curva | 250 | 12.30 | 2°49' | 86 | 30 | 73 | | | | | 56 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 3 |
| 88 | tangente | 73.32 | | | | | 30 | 73 | 30.5 | 157 | 0.85 | 89 | 59 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 7 |
| 89 | 53 | curva | 150 | 17.51 | 6°41' | 82 | 30 | 73 | | | | | 52 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 27 |
| 90 | tangente | 18.35 | | | | | 30 | 73 | 269.61 | N | 0.85 | 55 | 25 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 27 |
| 91 | 54 | curva | 40 | 35.07 | 50°13' | 28 | 30 | 73 | | | | | 2 | |

Continúa...

| SITIO N° | PI | VALORES EN CURVAS HORIZONTALES | | | | | | | VALORES EN TANGENTES | | | | C - I | C - II |
|----------|----------|--------------------------------|-------|-------|--------|-------|------|------|----------------------|--------|------|-------|----------|---------|
| | | LONG. TANGENTE | RADIO | LC | DELTA | V85,C | VDIS | VDES | L.TMÍN | L.TMÁX | a | V85,T | V85-VDIS | V85-V85 |
| | | m | m | m | ° | km/h | km/h | km/h | m | m | m/s2 | km/h | km/h | km/h |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| | | | | | | | | | | | | | | 3 |
| 92 | tangente | 30.78 | | | | | 30 | 73 | 13.84 | 399 | 0.85 | 31 | 1 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| 93 | 55 | curva | 43 | 44.86 | 59°46' | 33 | 30 | 73 | | | | | 3 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 23 |
| 94 | tangente | 11.1 | | | | | 30 | 73 | 226.72 | N | 0.85 | 56 | 26 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 23 |
| 95 | 56 | curva | 150 | 11.98 | 4°34' | 78 | 30 | 73 | | | | | 48 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 9 |
| 96 | tangente | 59.28 | | | | | 30 | 73 | 112.75 | N | 0.85 | 69 | 39 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 9 |
| 97 | 57 | curva | 75 | 39.19 | 29°56' | 60 | 30 | 73 | | | | | 30 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 55 |
| 98 | tangente | 20.69 | | | | | 30 | 73 | 43.34 | N | 0.85 | 5 | 25 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 56 |
| 99 | 58 | curva | 22 | 34.68 | 90°19' | -51 | 30 | 73 | | | | | 81 | |
| 100 | 59 | curva | 22 | 34.68 | 90°19' | -51 | 30 | 73 | | | | | 81 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 65 |
| 101 | tangente | 38.92 | | | | | 30 | 73 | 158.09 | N | 0.85 | 14 | 16 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 64 |
| 102 | 60 | curva | 150 | 43.56 | 16°38' | 78 | 30 | 73 | | | | | 48 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 18 |
| 103 | tangente | 24.53 | | | | | 30 | 73 | 196.08 | N | 0.85 | 60 | 30 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 18 |
| 104 | 61 | curva | 50 | 34.66 | 39°43' | 42 | 30 | 73 | | | | | 12 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 10 |
| 105 | tangente | 31.44 | | | | | 30 | 73 | 94.41 | N | 0.85 | 52 | 22 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 10 |
| 106 | 62 | curva | 80 | 22.87 | 16°22' | 62 | 30 | 73 | | | | | 32 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 10 |
| 107 | tangente | 16.2 | | | | | 30 | 73 | 94.41 | N | 0.85 | 52 | 22 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 10 |
| 108 | 63 | curva | 50 | 21.95 | 25°08' | 42 | 30 | 73 | | | | | 12 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 8 |
| 109 | tangente | 36.63 | | | | | 30 | 73 | 67.4 | N | 0.85 | 50 | 20 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 8 |
| 110 | 64 | curva | 70 | 43.16 | 35°19' | 57 | 30 | 73 | | | | | 27 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 0 |
| 111 | tangente | 69.73 | | | | | 30 | 73 | 67.4 | 256 | 0.85 | 57 | 27 | |

Continúa...

| SITIO N° | PI | VALORES EN CURVAS HORIZONTALES | | | | | | | VALORES EN TANGENTES | | | | C - I | C - II |
|----------|----------|--------------------------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|----------------------|--------|------|-------|----------|---------|
| | | LONG. TANGENTE | RADIO | LC | DELTA | V85,C | VDIS. | VDES. | L.TMÍN | L.TMÁX | a | V85,T | V85-VDIS | V85-V85 |
| | | m | m | m | ° ' | km/h | km/h | km/h | m | m | m/s2 | km/h | km/h | km/h |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| | | | | | | | | | | | | | | 15 |
| 112 | 65 | curva | 50 | 30.38 | 34°48' | 42 | 30 | 73 | | | | | 12 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 18 |
| 113 | tangente | 51.24 | | | | | 30 | 73 | 196.08 | N | 0.85 | 60 | 30 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 18 |
| 114 | 66 | curva | 150 | 53.16 | 20°18' | 78 | 30 | 73 | | | | | 48 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 115 | tangente | 6.41 | | | | | 30 | 73 | 21.65 | 90 | 0.85 | 77 | 47 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 4 |
| 116 | 67 | curva | 150 | 29.94 | 11°26' | 81 | 30 | 73 | | | | | 51 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 5 |
| 117 | tangente | 51.84 | | | | | 30 | 73 | 78.07 | N | 0.85 | 86 | 56 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 5 |
| 118 | 68 | curva | 250 | 20.03 | 4°35' | 91 | 30 | 73 | | | | | 61 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 18 |
| 119 | tangente | 204.62 | | | | | 30 | 73 | N | 67 | 0.85 | 73 | 43 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 11 |
| 120 | 69 | curva | 80 | 33.81 | 24°13' | 62 | 30 | 73 | | | | | 32 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 36 |
| 121 | tangente | 38.77 | | | | | 30 | 73 | 170.8 | N | 0.85 | 27 | 4 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 36 |
| 122 | 70 | curva | 26 | 43.51 | 94°31' | -9 | 30 | 73 | | | | | 39 | |
| 123 | 71 | curva | 26 | 42.27 | 94°29' | -9 | 30 | 73 | | | | | 39 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 35 |
| 124 | tangente | 18.14 | | | | | 30 | 73 | 159.72 | N | 0.85 | 26 | 4 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 34 |
| 125 | 72 | curva | 80 | 20.03 | 14°20' | 60 | 30 | 73 | | | | | 30 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| 126 | tangente | 48.98 | | | | | 30 | 73 | 28.37 | 129 | 0.85 | 62 | 32 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 3 |
| 127 | 73 | curva | 90 | 38.00 | 24°11' | 65 | 30 | 73 | | | | | 35 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 9 |
| 128 | tangente | 34.46 | | | | | 30 | 73 | 113.43 | N | 0.85 | 74 | 44 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 8 |
| 129 | 74 | curva | 150 | 29.27 | 11°10' | 82 | 30 | 73 | | | | | 52 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| 130 | tangente | 44.51 | | | | | 30 | 73 | 7.4 | 119 | 0.85 | 84 | 54 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 3 |
| 131 | 75 | curva | 150 | 33.55 | 12°48' | 81 | 30 | 73 | | | | | 51 | |

Continúa...

| SITIO N° | PI | VALORES EN CURVAS HORIZONTALES | | | | | | | VALORES EN TANGENTES | | | | C - I | C - II |
|----------|----------|--------------------------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|----------------------|--------|------------------|-------|----------|---------|
| | | LONG. TANGENTE | RADIO | LC | DELTA | V85,C | VDIS. | VDES. | L.TMÍN | L.TMÁX | a | V85,T | V85-VDIS | V85-V85 |
| | | m | m | m | ° | km/h | km/h | km/h | m | m | m/s ² | km/h | km/h | km/h |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| | | | | | | | | | | | | | | 3 |
| 132 | tangente | 72.67 | | | | | 30 | 73 | 28.69 | 83 | 0.85 | 84 | 54 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 7 |
| 133 | 76 | curva | 120 | 39.39 | 18°48' | 77 | 30 | 73 | | | | | 47 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 7 |
| 134 | tangente | 9.19 | | | | | 30 | 73 | 94.64 | N | 0.85 | 70 | 40 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 8 |
| 135 | 77 | curva | 80 | 24.22 | 17°20' | 62 | 30 | 73 | | | | | 32 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 4 |
| 136 | tangente | 34.09 | | | | | 30 | 73 | 41.62 | N | 0.85 | 66 | 36 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 4 |
| 137 | 78 | curva | 100 | 36.52 | 20°55' | 69 | 30 | 73 | | | | | 39 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 4 |
| 138 | tangente | 269.51 | | | | | 30 | 73 | N | 163 | 0.85 | 73 | 43 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 121 |
| 139 | 79 | curva | 19 | 30.95 | 93°19' | -48 | 30 | 73 | | | | | 78 | |
| 140 | 80 | curva | 19 | 30.95 | 93°19' | -48 | 30 | 73 | | | | | 78 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 59 |
| 141 | tangente | 32.02 | | | | | 30 | 73 | 111.52 | N | 0.85 | 11 | 19 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 58 |
| 142 | 81 | curva | 100 | 32.03 | 18°21' | 69 | 30 | 73 | | | | | 39 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 4 |
| 143 | tangente | 129.93 | | | | | 30 | 73 | N | 60 | 0.85 | 73 | 43 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 12 |
| 144 | 82 | curva | 180 | 41.16 | 13°06' | 85 | 30 | 73 | | | | | 55 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 22 |
| 145 | tangente | 42.52 | | | | | 30 | 73 | 255.31 | N | 0.85 | 63 | 33 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 23 |
| 146 | 83 | curva | 55 | 37.40 | 38°57' | 40 | 30 | 73 | | | | | 10 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 4 |
| 147 | tangente | 44.52 | | | | | 30 | 73 | 7.44 | 331 | 0.85 | 44 | 14 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| 148 | 84 | curva | 50 | 70.55 | 80°51' | 42 | 30 | 73 | | | | | 12 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 9 |
| 149 | tangente | 47.34 | | | | | 30 | 73 | 83.33 | N | 0.85 | 51 | 21 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 9 |
| 150 | 85 | curva | 75 | 56.20 | 42°56' | 60 | 30 | 73 | | | | | 30 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 7 |
| 151 | tangente | 40.78 | | | | | 30 | 73 | 85.15 | N | 0.85 | 67 | 37 | |

Continúa...

| SITIO N° | PI | VALORES EN CURVAS HORIZONTALES | | | | | | | VALORES EN TANGENTES | | | | C - I | C - II |
|----------|----------|--------------------------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|----------------------|--------|------------------|-------|----------|---------|
| | | LONG. TANGENTE | RADIO | LC | DELTA | V85,C | VDIS. | VDES. | L.TMÍN | L.TMÁX | a | V85,T | V85-VDIS | V85-V85 |
| | | m | m | m | ° ' | km/h | km/h | km/h | m | m | m/s ² | km/h | km/h | km/h |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| | | | | | | | | | | | | | | 7 |
| 152 | 86 | curva | 120 | 16.23 | 7°44' | 74 | 30 | 73 | | | | | 44 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 6 |
| 153 | tangente | 34.38 | | | | | 30 | 73 | 74.07 | N | 0.85 | 68 | 38 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 6 |
| 154 | 87 | curva | 80 | 31.54 | 22°35' | 62 | 30 | 73 | | | | | 32 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 3 |
| 155 | tangente | 35.28 | | | | | 30 | 73 | 0 | 135 | 0.85 | 65 | 35 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 3 |
| 156 | 88 | curva | 80 | 8.95 | 6°24' | 62 | 30 | 73 | | | | | 32 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 4 |
| 157 | tangente | 46.62 | | | | | 30 | 73 | 0 | 135 | 0.85 | 66 | 36 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 4 |
| 158 | 89 | curva | 80 | 15.13 | 10°50' | 62 | 30 | 73 | | | | | 32 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 6 |
| 159 | tangente | 45.71 | | | | | 30 | 73 | 74.07 | N | 0.85 | 68 | 38 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 6 |
| 160 | 90 | curva | 120 | 20.59 | 9°49' | 74 | 30 | 73 | | | | | 44 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 20 |
| 161 | tangente | 74.48 | | | | | 30 | 73 | 199.12 | N | 0.85 | 54 | 24 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 21 |
| 162 | 91 | curva | 50 | 27.12 | 31°04' | 33 | 30 | 73 | | | | | 3 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 20 |
| 163 | tangente | 26.92 | | | | | 30 | 73 | 185.87 | N | 0.85 | 53 | 23 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 19 |
| 164 | 92 | curva | 110 | 61.06 | 31°48' | 72 | 30 | 73 | | | | | 42 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 165 | tangente | 79.53 | | | | | 30 | 73 | N | 42 | 0.85 | 73 | 43 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 7 |
| 166 | 93 | curva | 170 | 40.60 | 13°37' | 80 | 30 | 73 | | | | | 50 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 7 |
| 167 | tangente | 191.17 | | | | | 30 | 73 | N | 174 | 0.85 | 73 | 43 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 17 |
| 168 | 94 | curva | 450 | 13.50 | 1°43' | 90 | 30 | 73 | | | | | 60 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 17 |
| 169 | tangente | 290.23 | | | | | 30 | 73 | N | 260 | 0.85 | 73 | 43 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 18 |
| 170 | 95 | curva | 250 | 61.77 | 14°09' | 91 | 30 | 73 | | | | | 61 | |

Fuente: Elaboración propia 2016.

PI: Punto de intersección.

LC: Longitud de curva.

DELTA: Ángulo de deflexión.

V85,C: Velocidad estimada del percentil 85 de curvas.

VDIS: velocidad de diseño.

VDES: Velocidad deseada.

LTMÍN: Longitud mínima de tangente.

LTMÁX: Longitud máxima de tangente.

a : aceleración m/s².

| | |
|--|------------------|
| | Diseño bueno |
| | Diseño tolerable |
| | Diseño pobre |

Comentarios de la tabla N° 71

- En la tabla se puede observar las columnas 14 y 15, se muestran los criterios de evaluación I y II, teniendo la siguiente referencia:
 - Diseño bueno (verde).
 - Diseño tolerable (anaranjado).
 - Diseño pobre (rojo).
- En la tabla, las velocidades estimadas de operación en curvas y tangentes se encuentran en las columnas 7 y 13 respectivamente.
- Para el caso de la evaluación de la consistencia de diseño se empezó desde el PI N°9 - Sitio 1, considerando que los tramos resaltados de color gris no se evaluaron para la consistencia de diseño geométrico, debido a la presencia de pendientes mayores a las máximas establecidas en las fórmulas de estimación de velocidades, pero si para la representación de estas en el perfil.
- Los sitios (81, 99, 100, 122, 123, 139 y 140) tienen velocidades negativas, esto indica que de acuerdo a las formulas propuestas para la estimación de velocidades en curvas horizontales, los radios se encuentran por debajo del mínimo establecido.
- Para la presente investigación se consideró como puntos de riesgo, los evaluados con el criterio II, Lamm afirma en sus investigaciones que este criterio es el más coherente y se asemeja más a la realidad.

Tabla: 72 Fluctuación en el rango de velocidades estimadas (30-80km/h)

| Cantidad de curvas | 90 | 100% |
|------------------------|----|--------|
| Velocidad (30-80) km/h | 54 | 60% |
| Velocidades dispersas | 36 | 40% |
| Cantidad de tangentes | 87 | 100% |
| Velocidad (30-80) km/h | 66 | 75.86% |
| Velocidades dispersas | 21 | 24.14% |

Fuente: Elaboración propia 2016.

Tabla: 73 Resultados de la evaluación de la consistencia de diseño de la carretera enaco – abra Ccorao

| EVALUACIÓN DE LA CONSISTENCIA DE LA CARRETERA ENACO ABRA CCORAO | | | | |
|---|--------------------|------------------|--------------------|------------------|
| Diseño | C I | | C II | |
| | Cantidad de sitios | Longitud (m / %) | Cantidad de sitios | Longitud (m / %) |
| Bueno | 13 | 737.76 / 8.44 | 84 | 3713.27 / 42.48 |
| Tolerable | 18 | 786.68 / 9.00 | 38 | 2293.41 / 26.23 |
| Pobre | 135 | 7086.49 / 81.06 | 39 | 2557.09 / 29.25 |
| sitios no evaluados | 4 | 131.25 / 1.50 | 6 | 178.43 / 2.04 |
| Total | 170 | 8742.20 / 100 | 167 | 8742.20 / 100 |

C I: Criterio de consistencia I.

C II: Criterio de consistencia II.

Fuente: Elaboración propia 2016.

Comentarios de la tabla N° 73

- De la tabla, se observa que hay una diferencia en la cantidad total de sitios, este resultado se debe a que se consideró como un solo sitio (curvas) al 99 y 100, 122 y 123, 139 y 140, por presentar tangentes reducidas.
- De acuerdo a la evaluación de la consistencia de diseño de la carretera Enaco – Abra Ccorao, según el criterio II de Lamm, se determinó que el 29.25% de la longitud total de la carretera califica como diseño pobre.

4.4. Velocidades medidas en campo

Tabla: 74 Resultados de las velocidades obtenidas

| VELOCIDADES DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCOARO | | | | | | | | |
|---|----------|-------------|------------------------|-----------------|------------------------|------------------------|-----------------|----------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| SITIO | ELEMENTO | PROGRESIVAS | V. Estimada (85)(km/h) | V. Diseño(km/h) | V. Medida Subida(km/h) | V. Medida Bajada(km/h) | V.Máxima (km/h) | V. Media(km/h) |
| - | tangente | 0+315 | 82 | 30 | 30 | 33 | 60 | 45 |
| PI 6 | curva | 0+379 | -41 | 30 | 27 | 26 | 60 | 45 |
| - | tangente | 0+431 | -49 | 30 | 27 | 21 | 60 | 45 |
| PI 7 | curva | 0+418 | -56 | 30 | 25 | 21 | 60 | 45 |
| - | tangente | 0+448 | 11 | 30 | 28 | 23 | 60 | 45 |
| PI 8 | curva | 0+456 | 78 | 30 | 29 | 25 | 60 | 45 |
| - | tangente | 0+495 | 87 | 30 | 15 | 15 | 60 | 45 |
| 1 | curva | 0+530 | 95 | 30 | 34 | 48 | 60 | 45 |
| 2 | tangente | 0+572 | 98 | 30 | 34 | 48 | 60 | 45 |
| 3 | curva | 0+638 | 95 | 30 | 37 | 52 | 60 | 45 |
| 4 | tangente | 0+695 | 87 | 30 | 38 | 52 | 60 | 45 |
| 5 | curva | 0+734 | 78 | 30 | 34 | 50 | 60 | 45 |
| 6 | tangente | 0+768 | 72 | 30 | 35 | 45 | 60 | 45 |
| 7 | curva | 0+800 | 66 | 30 | 39 | 40 | 60 | 45 |
| 8 | tangente | 0+831 | 62 | 30 | 40 | 44 | 60 | 45 |
| 9 | curva | 0+868 | 57 | 30 | 42 | 45 | 60 | 45 |
| 10 | tangente | 0+903 | 69 | 30 | 40 | 52 | 60 | 45 |
| 11 | curva | 0+937 | 81 | 30 | 40 | 52 | 60 | 45 |
| 12 | tangente | 0+968 | 83 | 30 | 40 | 52 | 60 | 45 |
| 13 | curva | 0+988 | 81 | 30 | 40 | 52 | 60 | 45 |
| 14 | tangente | 1+040 | 73 | 30 | 40 | 52 | 60 | 45 |
| 15 | curva | 1+106 | 74 | 30 | 37 | 52 | 60 | 45 |

Continúa...

| VELOCIDADES DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCOARO | | | | | | | | |
|---|----------|-------------|---------------------------|--------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------|-------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| SITIO | ELEMENTO | PROGRESIVAS | V. Estimada (85)(km/h) | V. Diseño(km/h) | V. Medida Subida(km/h) | V. Medida Bajada(km/h) | V.Máxima (km/h) | V. Media(km/h) |
| 16 | tangente | 1+149 | 73 | 30 | 39 | 55 | 60 | 45 |
| 17 | curva | 1+180 | 77 | 30 | 41 | 44 | 60 | 45 |
| 18 | tangente | 1+204 | 63 | 30 | 41 | 44 | 60 | 45 |
| 19 | curva | 1+234 | 48 | 30 | 37 | 41 | 60 | 45 |
| 20 | tangente | 1+261 | 48 | 30 | 39 | 43 | 60 | 45 |
| 21 | curva | 1+300 | 42 | 30 | 41 | 46 | 60 | 45 |
| 22 | tangente | 1+337 | 58 | 30 | 40 | 47 | 60 | 45 |
| 23 | curva | 1+369 | 74 | 30 | 40 | 47 | 60 | 45 |
| 24 | tangente | 1+395 | 63 | 30 | 40 | 47 | 60 | 45 |
| 25 | curva | 1+418 | 51 | 30 | 39 | 47 | 60 | 45 |
| 26 | tangente | 1+457 | 66 | 30 | 36 | 47 | 60 | 45 |
| 27 | curva | 1+493 | 81 | 30 | 36 | 47 | 60 | 45 |
| 28 | tangente | 1+521 | 66 | 30 | 36 | 47 | 60 | 45 |
| 29 | curva | 1+554 | 51 | 30 | 35 | 41 | 60 | 45 |
| 30 | tangente | 1+639 | 70 | 30 | 36 | 49 | 60 | 45 |
| 31 | curva | 1+723 | 89 | 30 | 36 | 49 | 60 | 45 |
| 32 | tangente | 1+771 | 52 | 30 | 38 | 47 | 60 | 45 |
| 33 | curva | 1+821 | 15 | 30 | 33 | 43 | 60 | 45 |
| 34 | tangente | 1+846 | 47 | 30 | 44 | 51 | 60 | 45 |
| 35 | curva | 1+869 | 78 | 30 | 44 | 51 | 60 | 45 |
| 36 | tangente | 1+919 | 62 | 30 | 44 | 51 | 60 | 45 |

Continúa...

| VELOCIDADES DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCOARO | | | | | | | | |
|---|----------|-------------|---------------------------|--------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------|-------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| SITIO | ELEMENTO | PROGRESIVAS | V. Estimada (85)(km/h) | V. Diseño(km/h) | V. Medida Subida(km/h) | V. Medida Bajada(km/h) | V.Máxima (km/h) | V. Media(km/h) |
| 37 | curva | 1+976 | 45 | 30 | 41 | 44 | 60 | 45 |
| 38 | tangente | 2+004 | 30 | 30 | 39 | 41 | 60 | 45 |
| 39 | curva | 2+034 | 15 | 30 | 39 | 41 | 60 | 45 |
| 40 | tangente | 2+058 | 49 | 30 | 42 | 42 | 60 | 45 |
| 41 | curva | 2+096 | 82 | 30 | 42 | 42 | 60 | 45 |
| 42 | tangente | 2+167 | 76 | 30 | 47 | 60 | 60 | 45 |
| 43 | curva | 2+211 | 69 | 30 | 47 | 60 | 60 | 45 |
| 44 | tangente | 2+234 | 71 | 30 | 47 | 60 | 60 | 45 |
| 45 | curva | 2+262 | 67 | 30 | 53 | 71 | 60 | 45 |
| 46 | tangente | 2+291 | 73 | 30 | 51 | 69 | 60 | 45 |
| 47 | curva | 2+320 | 78 | 30 | 41 | 69 | 60 | 45 |
| 48 | tangente | 2+367 | 73 | 30 | 51 | 69 | 60 | 45 |
| 49 | curva | 2+420 | 78 | 30 | 46 | 64 | 60 | 45 |
| 50 | tangente | 2+455 | 84 | 30 | 46 | 66 | 60 | 45 |
| 51 | curva | 2+493 | 89 | 30 | 48 | 66 | 60 | 45 |
| 52 | tangente | 2+536 | 82 | 30 | 46 | 63 | 60 | 45 |
| 53 | curva | 2+588 | 74 | 30 | 51 | 54 | 60 | 45 |
| 54 | tangente | 2+639 | 65 | 30 | 47 | 56 | 60 | 45 |
| 55 | curva | 2+681 | 56 | 30 | 46 | 53 | 60 | 45 |
| 56 | tangente | 2+736 | 42 | 30 | 48 | 55 | 60 | 45 |
| 57 | curva | 2+803 | 27 | 30 | 47 | 49 | 60 | 45 |
| 58 | tangente | 2+866 | 53 | 30 | 49 | 60 | 60 | 45 |

Continúa...

| VELOCIDADES DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCOARO | | | | | | | | |
|---|----------|-------------|---------------------------|--------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------|-------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| SITIO | ELEMENTO | PROGRESIVAS | V. Estimada (85)(km/h) | V. Diseño(km/h) | V. Medida Subida(km/h) | V. Medida Bajada(km/h) | V.Máxima (km/h) | V. Media(km/h) |
| 59 | curva | 2+910 | 78 | 30 | 49 | 60 | 60 | 45 |
| 60 | tangente | 2+975 | 73 | 30 | 49 | 60 | 60 | 45 |
| 61 | curva | 3+055 | 62 | 30 | 45 | 53 | 60 | 45 |
| 62 | tangente | 3+139 | 73 | 30 | 50 | 60 | 60 | 45 |
| 63 | curva | 3+239 | 79 | 30 | 47 | 54 | 60 | 45 |
| 64 | tangente | 3+292 | 81 | 30 | 47 | 54 | 60 | 45 |
| 65 | curva | 3+349 | 77 | 30 | 47 | 56 | 60 | 45 |
| 66 | tangente | 3+405 | 78 | 30 | 48 | 54 | 60 | 45 |
| 67 | curva | 3+489 | 81 | 30 | 48 | 55 | 60 | 45 |
| 68 | tangente | 3+705 | 73 | 30 | 58 | 64 | 60 | 45 |
| 69 | curva | 3+882 | 95 | 30 | 63 | 64 | 60 | 45 |
| 70 | tangente | 3+954 | 99 | 30 | 68 | 65 | 60 | 45 |
| 71 | curva | 4+012 | 91 | 30 | 68 | 65 | 60 | 45 |
| 72 | tangente | 4+073 | 97 | 30 | 68 | 65 | 60 | 45 |
| 73 | curva | 4+167 | 90 | 30 | 65 | 60 | 60 | 45 |
| 74 | tangente | 4+253 | 80 | 30 | 61 | 55 | 60 | 45 |
| 75 | curva | 4+345 | 70 | 30 | 54 | 52 | 60 | 45 |
| 76 | tangente | 4+462 | 48 | 30 | 56 | 55 | 60 | 45 |
| 77 | curva | 4+570 | 25 | 30 | 40 | 40 | 60 | 45 |
| 78 | tangente | 4+617 | 54 | 30 | 45 | 44 | 60 | 45 |
| 79 | curva | 4+649 | 82 | 30 | 45 | 44 | 60 | 45 |
| 80 | tangente | 4+662 | 31 | 30 | 45 | 44 | 60 | 45 |

Continúa...

| VELOCIDADES DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCOARO | | | | | | | | |
|---|----------|-------------|------------------------|-----------------|------------------------|------------------------|-----------------|----------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| SITIO | ELEMENTO | PROGRESIVAS | V. Estimada (85)(km/h) | V. Diseño(km/h) | V. Medida Subida(km/h) | V. Medida Bajada(km/h) | V.Máxima (km/h) | V. Media(km/h) |
| 81 | curva | 4+695 | -20 | 30 | 41 | 34 | 60 | 45 |
| 82 | tangente | 4+849 | 33 | 30 | 55 | 57 | 60 | 45 |
| 83 | curva | 4+986 | 86 | 30 | 55 | 57 | 60 | 45 |
| 84 | tangente | 5+072 | 62 | 30 | 54 | 58 | 60 | 45 |
| 85 | curva | 5+208 | 37 | 30 | 43 | 44 | 60 | 45 |
| 86 | tangente | 5+293 | 62 | 30 | 53 | 57 | 60 | 45 |
| 87 | curva | 5+326 | 86 | 30 | 53 | 57 | 60 | 45 |
| 88 | tangente | 5+369 | 89 | 30 | 53 | 57 | 60 | 45 |
| 89 | curva | 5+414 | 82 | 30 | 53 | 57 | 60 | 45 |
| 90 | tangente | 5+432 | 55 | 30 | 53 | 57 | 60 | 45 |
| 91 | curva | 5+460 | 28 | 30 | 46 | 47 | 60 | 45 |
| 92 | tangente | 5+492 | 31 | 30 | 53 | 57 | 60 | 45 |
| 93 | curva | 5+532 | 33 | 30 | 46 | 47 | 60 | 45 |
| 94 | tangente | 5+558 | 56 | 30 | 42 | 52 | 60 | 45 |
| 95 | curva | 5+569 | 78 | 30 | 42 | 52 | 60 | 45 |
| 96 | tangente | 5+605 | 69 | 30 | 42 | 52 | 60 | 45 |
| 97 | curva | 5+654 | 60 | 30 | 38 | 43 | 60 | 45 |
| 98 | tangente | 5+684 | 5 | 30 | 34 | 35 | 60 | 45 |
| 99 | curva | 5+716 | -51 | 30 | 30 | 31 | 60 | 45 |
| 100 | curva | 5+751 | -51 | 30 | 30 | 31 | 60 | 45 |
| 101 | tangente | 5+783 | 14 | 30 | 33 | 43 | 60 | 45 |

Continúa...

| VELOCIDADES DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCOARO | | | | | | | | |
|---|----------|-------------|---------------------------|--------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------|-------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| SITIO | ELEMENTO | PROGRESIVAS | V. Estimada (85)(km/h) | V. Diseño(km/h) | V. Medida Subida(km/h) | V. Medida Bajada(km/h) | V.Máxima (km/h) | V. Media(km/h) |
| 102 | curva | 5+824 | 78 | 30 | 35 | 54 | 60 | 45 |
| 103 | tangente | 5+858 | 60 | 30 | 37 | 51 | 60 | 45 |
| 104 | curva | 5+889 | 42 | 30 | 39 | 49 | 60 | 45 |
| 105 | tangente | 5+921 | 52 | 30 | 38 | 54 | 60 | 45 |
| 106 | curva | 5+948 | 62 | 30 | 38 | 54 | 60 | 45 |
| 107 | tangente | 5+968 | 52 | 30 | 38 | 54 | 60 | 45 |
| 108 | curva | 5+987 | 42 | 30 | 38 | 58 | 60 | 45 |
| 109 | tangente | 6+016 | 50 | 30 | 39 | 53 | 60 | 45 |
| 110 | curva | 6+057 | 57 | 30 | 41 | 51 | 60 | 45 |
| 111 | tangente | 6+112 | 57 | 30 | 39 | 49 | 60 | 45 |
| 112 | curva | 6+163 | 42 | 30 | 36 | 49 | 60 | 45 |
| 113 | tangente | 6+203 | 60 | 30 | 50 | 65 | 60 | 45 |
| 114 | curva | 6+256 | 78 | 30 | 54 | 70 | 60 | 45 |
| 115 | tangente | 6+285 | 77 | 30 | 54 | 70 | 60 | 45 |
| 116 | curva | 6+303 | 81 | 30 | 54 | 70 | 60 | 45 |
| 117 | tangente | 6+344 | 86 | 30 | 57 | 74 | 60 | 45 |
| 118 | curva | 6+380 | 91 | 30 | 57 | 74 | 60 | 45 |
| 119 | tangente | 6+493 | 73 | 30 | 57 | 74 | 60 | 45 |
| 120 | curva | 6+612 | 62 | 30 | 56 | 63 | 60 | 45 |
| 121 | tangente | 6+648 | 27 | 30 | 41 | 52 | 60 | 45 |
| 122 | curva | 6+696 | -9 | 30 | 34 | 35 | 60 | 45 |
| 123 | curva | 6+739 | -9 | 30 | 34 | 35 | 60 | 45 |

Continúa...

| VELOCIDADES DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCOARO | | | | | | | | |
|---|----------|-------------|---------------------------|--------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------|-------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| SITIO | ELEMENTO | PROGRESIVAS | V. Estimada (85)(km/h) | V. Diseño(km/h) | V. Medida Subida(km/h) | V. Medida Bajada(km/h) | V.Máxima (km/h) | V. Media(km/h) |
| 124 | tangente | 6+763 | 26 | 30 | 40 | 46 | 60 | 45 |
| 125 | curva | 6+782 | 60 | 30 | 40 | 46 | 60 | 45 |
| 126 | tangente | 6+816 | 62 | 30 | 40 | 46 | 60 | 45 |
| 127 | curva | 6+860 | 65 | 30 | 49 | 63 | 60 | 45 |
| 128 | tangente | 6+896 | 74 | 30 | 52 | 55 | 60 | 45 |
| 129 | curva | 6+928 | 82 | 30 | 52 | 65 | 60 | 45 |
| 130 | tangente | 6+965 | 84 | 30 | 52 | 65 | 60 | 45 |
| 131 | curva | 7+004 | 81 | 30 | 59 | 67 | 60 | 45 |
| 132 | tangente | 7+057 | 84 | 30 | 60 | 63 | 60 | 45 |
| 133 | curva | 7+113 | 77 | 30 | 62 | 58 | 60 | 45 |
| 134 | tangente | 7+137 | 70 | 30 | 62 | 58 | 60 | 45 |
| 135 | curva | 7+154 | 62 | 30 | 62 | 58 | 60 | 45 |
| 136 | tangente | 7+183 | 66 | 30 | 64 | 63 | 60 | 45 |
| 137 | curva | 7+219 | 69 | 30 | 64 | 63 | 60 | 45 |
| 138 | tangente | 7+372 | 73 | 30 | 64 | 63 | 60 | 45 |
| 139 | curva | 7+526 | -48 | 30 | 26 | 27 | 60 | 45 |
| 140 | curva | 7+557 | -48 | 30 | 26 | 27 | 60 | 45 |
| 141 | tangente | 7+584 | 11 | 30 | 28 | 32 | 60 | 45 |
| 142 | curva | 7+616 | 69 | 30 | 33 | 49 | 60 | 45 |
| 143 | tangente | 7+697 | 73 | 30 | 53 | 64 | 60 | 45 |
| 144 | curva | 7+783 | 85 | 30 | 53 | 64 | 60 | 45 |
| 145 | tangente | 7+825 | 63 | 30 | 52 | 61 | 60 | 45 |

Continúa...

| VELOCIDADES DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCOARO | | | | | | | | |
|---|----------|-------------|------------------------|-----------------|------------------------|------------------------|-----------------|----------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| SITIO | ELEMENTO | PROGRESIVAS | V. Estimada (85)(km/h) | V. Diseño(km/h) | V. Medida Subida(km/h) | V. Medida Bajada(km/h) | V.Máxima (km/h) | V. Media(km/h) |
| 146 | curva | 7+865 | 40 | 30 | 56 | 59 | 60 | 45 |
| 147 | tangente | 7+906 | 44 | 30 | 48 | 56 | 60 | 45 |
| 148 | curva | 7+970 | 42 | 30 | 45 | 52 | 60 | 45 |
| 149 | tangente | 8+022 | 51 | 30 | 47 | 55 | 60 | 45 |
| 150 | curva | 8+075 | 60 | 30 | 48 | 45 | 60 | 45 |
| 151 | tangente | 8+122 | 67 | 30 | 44 | 49 | 60 | 45 |
| 152 | curva | 8+151 | 74 | 30 | 45 | 52 | 60 | 45 |
| 153 | tangente | 8+176 | 68 | 30 | 45 | 52 | 60 | 45 |
| 154 | curva | 8+209 | 62 | 30 | 45 | 50 | 60 | 45 |
| 155 | tangente | 8+242 | 65 | 30 | 45 | 50 | 60 | 45 |
| 156 | curva | 8+265 | 62 | 30 | 45 | 50 | 60 | 45 |
| 157 | tangente | 8+292 | 66 | 30 | 45 | 50 | 60 | 45 |
| 158 | curva | 8+323 | 62 | 30 | 47 | 66 | 60 | 45 |
| 159 | tangente | 8+354 | 68 | 30 | 47 | 59 | 60 | 45 |
| 160 | curva | 8+387 | 74 | 30 | 47 | 59 | 60 | 45 |
| 161 | tangente | 8+434 | 54 | 30 | 47 | 59 | 60 | 45 |
| 162 | curva | 8+485 | 33 | 30 | 42 | 56 | 60 | 45 |
| 163 | tangente | 8+512 | 53 | 30 | 44 | 60 | 60 | 45 |
| 164 | curva | 8+557 | 72 | 30 | 45 | 65 | 60 | 45 |
| 165 | tangente | 8+626 | 73 | 30 | 47 | 65 | 60 | 45 |
| 166 | curva | 8+687 | 80 | 30 | 50 | 68 | 60 | 45 |
| 167 | tangente | 8+802 | 73 | 30 | 56 | 74 | 60 | 45 |
| 168 | curva | 8+905 | 90 | 30 | 56 | 74 | 60 | 45 |
| 169 | tangente | 9+057 | 73 | 30 | 58 | 67 | 60 | 45 |
| 170 | curva | 9+233 | 91 | 30 | 15 | 15 | 60 | 45 |

Fuente: Elaboración propia 2016.

Comentarios de la Tabla N° 74

- En las columnas 6 y 7 se aprecian las velocidades de operación medidas en campo, que resultan de la ronda de mediciones con la pistola radar de cada sitio de la vía en estudio, tanto de subida como de bajada.
- Con el objetivo de aislar los resultados de factores no relacionados con la geometría de la carretera, los PIS del 1 al 5 no se consideraron, debido a que se encontraban en zona de cruce, afluencia vehicular, malas condiciones de pavimento y zona urbana.

- La columna 8 representa la velocidad máxima, la cual deriva del cálculo de dos veces la velocidad media aritmética menos la velocidad de diseño (mínima).
- La columna 9 describe la velocidad media aritmética, la cual resulta del promedio de las velocidades medidas en campo entre el número de sitios.

Tabla: 75 Fluctuación de velocidades medidas en campo

| SENTIDO SUBIDA | | | SENTIDO DE BAJADA | | |
|------------------------|----|--------|------------------------|----|--------|
| Cantidad de curvas | 90 | 100% | Cantidad de curvas | 90 | 100% |
| Velocidad (30-80) km/h | 84 | 93% | Velocidad (30-80) km/h | 84 | 93% |
| Velocidades dispersas | 6 | 7% | Velocidades dispersas | 6 | 7% |
| Cantidad de tangentes | 87 | 100% | Cantidad de tangentes | 87 | 100% |
| Velocidad (30-80) km/h | 83 | 95.40% | Velocidad (30-80) km/h | 84 | 96.55% |
| Velocidades dispersas | 4 | 4.60% | Velocidades dispersas | 3 | 3.45% |

Fuente: Elaboración propia 2016.

4.5. Perfil de velocidades

Ver anexo 4

Comentarios del anexo 4

- Del diagrama de velocidades, se observa las marcas en las líneas (círculos, cuadrados, cruces) que representan el punto medio del sitio.
- Del diagrama de velocidades, se observa líneas de diferentes colores que representan: celeste (velocidad de operación estimada), lila (velocidad máxima), negro (velocidad media aritmética), azul (velocidad de operación medida en campo de bajada), verde (velocidad de operación medida en campo de subida), amarillo (velocidad de operación medida en campo de subida de vehículos pesados) y anaranjado (velocidad de diseño).

- Del diagrama de velocidades (perfil N°1), se observa al inicio, dos líneas entre cortadas de color rojo, esto se debe a que las velocidades en los tramos fueron estimadas aun así no cumpliendo los parámetros por las formulas propuestas para la estimación de velocidades.
- Del diagrama de velocidades se observa que la velocidad estimada en los sitios (PI6, PI7, 81, 99, 100, 122, 123, 139 y 140) presentan velocidades negativas esto indica que de acuerdo a las formulas propuestas para la estimación de velocidades, los radios están por debajo del radio mínimo establecido por el DG-2014.
- Del diagrama de velocidades se observa una ligera compatibilidad de las velocidades medidas y estimadas (verde, azul – celeste), lo cual indica que la estimación se asemeja a la realidad, pero no necesariamente nos indica que este bien diseñada.

4.6. Puntos de riesgo y seguridad vial - nominal

Tabla: 76 Resultados de la evaluación de la seguridad vial nominal

| Longitud total evaluada en metros | | | 8743.02 |
|-----------------------------------|------------------|--------------|-----------------|
| Diseño | Puntos de Riesgo | Longitud (m) | Inseguridad (%) |
| Pobre | 39 | 2557.09 | 29.25 |
| Tolerable | 17 | 1085.32 | 12.41 |
| Total | 56 | 3642.41 | 41.66 |

Fuente: Elaboración propia 2016.

Comentario de la tabla N° 76

- En la tabla, se observa la cantidad de sitios inconsistentes o puntos de riesgo, caracterizados con diseño pobre y tolerable, teniendo un total de 56 sitios inconsistentes de 170 evaluados por el criterio II, dichos sitios inconsistentes llamados también puntos de riesgo representan el 41.66 % de la longitud de la carretera evaluada, calificado también como porcentaje de inseguridad vial - nominal.
- Es importante recalcar que los 17 sitios evaluados calificados con un diseño tolerable, se incluye al porcentaje de inseguridad, debido a que se aproximan a un diseño pobre.

- Teniendo identificados los sitios inseguros, el siguiente paso para evaluar la seguridad vial – nominal es verificar el cumplimiento con el manual DG-2014.

Tabla: 77 Resultados de la evaluación del alineamiento horizontal

| DATOS DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL | | | | | | | | | EVALUACIÓN DE PARÁMETROS | | | | | |
|-----------------------------------|-----------|----------|--------|-----------|-----------|---------|---------------------------|--------------------------|-------------------------------|--------------|--------------|------------|---------------------------|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| SITIO | PI (km) | ELEMENTO | L (m) | Radio (m) | DEFLEXIÓN | | TIPO DE TANGENTE EN CURVA | SOBRE ANCHO EN CAMPO (m) | NECESIDAD DE CURVA HORIZONTAL | LC MÍN | VERIF. RMIN. | VERIF. LTG | SOBRE ANCHO NECESARIO (m) | |
| | | | | | Δ | SENTIDO | | | | | | | | |
| 21 | 1+300.601 | curva | 46.67 | 50 | 53°28' | I | | 1.5 | C | Usar Lc. Min | OK | | 2.68 | |
| 22 | 1+334.496 | tangente | 30.13 | | | | S | | | | | L.min. | | |
| 29 | 1+554.719 | curva | 32.67 | 60 | 31°12' | D | | 1.5 | C | Usar Lc. Min | OK | | 2.26 | |
| 30 | 1+639.031 | tangente | 137.60 | | | | S | | | | | OK | | |
| 31 | 1+723.344 | curva | 30.19 | 350 | 4°56' | D | | 0.9 | C | Usar Lc. Min | OK | | 0.48 | |
| 32 | 1+772.18 | tangente | 66.28 | | | | O | | | | | L.min. | | |
| 33 | 1+821.016 | curva | 30.97 | 40 | 44°21' | I | | 1.35 | C | Usar Lc. Min | OK | | 3.31 | |
| 34 | 1+845.494 | tangente | 21.16 | | | | S | | | | | L.min. | | |
| 35 | 1+869.973 | curva | 26.20 | 150 | 10°00' | D | | 1.5 | C | Usar Lc. Min | OK | | 0.74 | |
| 36 | 1+952.211 | tangente | 72.78 | | | | S | | | | | OK | | |
| 39 | 2+034.45 | curva | 40.52 | 40 | 58°02' | I | | 1.5 | C | Usar Lc. Min | OK | | 3.31 | |
| 40 | 2+065.655 | tangente | 11.63 | | | | S | | | | | L.min. | | |
| 57 | 2+803.56 | curva | 53.07 | 46 | 66°06' | I | | 1.5 | C | Usar Lc. Min | OK | | 2.89 | |
| 58 | 2+472.59 | tangente | 79.34 | | | | S | | | | | OK | | |
| 68 | 3+318.32 | tangente | 318.32 | | | | S | | | | | OK | | |
| 75 | 4+345.69 | curva | 81.97 | 98 | 47°55' | I | | 1.5 | C | Usar Lc. Min | OK | | 1.44 | |
| 76 | 4+458.165 | tangente | 156.83 | | | | S | | | | | OK | | |
| 77 | 4+570.64 | curva | 52.50 | 45 | 66°50' | I | | 1.5 | C | Usar Lc. Min | OK | | 2.96 | |
| 78 | 4+610.005 | tangente | 48.32 | | | | O | | | | | L.min. | | |
| 79 | 4+649.38 | curva | 15.22 | 150 | 5°48' | D | | 0.6 | C | Usar Lc. Min | OK | | 0.99 | |
| 80 | 4+672.515 | tangente | 10.74 | | | | S | | | | | L.min. | | |
| 81 | 4+695.65 | curva | 53.22 | 27.5 | 110°53' | D | | 2.4 | C | Usar Lc. Min | Usa R. min | | 4.78 | |
| 82 | 4+840.925 | tangente | 257.26 | | | | O | | | | | OK | | |
| 83 | 4+986.2 | curva | 15.99 | 250 | 3°39' | D | | 0.4 | C | Usar Lc. Min | OK | | 0.64 | |

Continúa...

| DATOS DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL | | | | | | | | | EVALUACIÓN DE PARÁMETROS | | | | | |
|-----------------------------------|-----------|----------|--------|-----------|-----------|---------|---------------------------|--------------------------|-------------------------------|--------------|--------------|------------|---------------------------|------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| SITIO | PI (km) | ELEMENTO | L (m) | Radio (m) | DEFLEXIÓN | | TIPO DE TANGENTE EN CURVA | SOBRE ANCHO EN CAMPO (m) | NECESIDAD DE CURVA HORIZONTAL | LC MÍN | VERIF. RMIN. | VERIF. LTG | SOBRE ANCHO NECESARIO (m) | |
| | | | | | Δ | SENTIDO | | | | | | | | |
| 84 | 5+097.53 | tangente | 156.42 | | | | | 0 | | | | | OK | |
| 85 | 5+208.86 | curva | 116.15 | 50 | 133°05' | D | | 1.3 | C | Usar Lc. Min | OK | | | 2.68 |
| 86 | 5+311.76 | tangente | 53.32 | | | | | 0 | | | | | L.min. | |
| 89 | 5+414.66 | curva | 17.51 | 150 | 6°41' | I | | 0.6 | C | Usar Lc. Min | OK | | | 0.99 |
| 90 | 5+473.485 | tangente | 18.35 | | | | | S | | | | | L.min. | |
| 93 | 5+532.31 | curva | 44.86 | 43 | 59°46' | D | | 1.3 | C | Usar Lc. Min | OK | | | 3.09 |
| 94 | 5+593.59 | tangente | 11.10 | | Δ | | | S | | | | | L.min. | |
| 97 | 5+654.87 | curva | 39.19 | 75 | 29°56' | D | | 0.9 | C | Usar Lc. Min | OK | | | 1.84 |
| 98 | 5+685.84 | tangente | 20.69 | | | | | 0 | | | | | L.min. | |
| 99-100 | 5+716.81 | curva | 69.36 | 22 | 90°19' | I | | 2 | C | Usar Lc. Min | Usa R. min | | | 6.03 |
| 101 | 5+788.195 | tangente | 38.92 | | | | | 0 | | | | | L.min. | |
| 102 | 5+824.9 | curva | 43.56 | 150 | 16°38' | I | | 1.5 | C | Usar Lc. Min | OK | | | 0.99 |
| 103 | 5+857.010 | tangente | 24.53 | | | | | 0 | | | | | L.min. | |
| 112 | 6+163.37 | curva | 30.38 | 50 | 34°48' | I | | 1.5 | C | Usar Lc. Min | OK | | | 2.68 |
| 113 | 6+209.765 | tangente | 51.24 | | | | | S | | | | | OK | |
| 118 | 6+380.69 | curva | 20.03 | 250 | 4°35' | I | | 1.5 | C | Usar Lc. Min | OK | | | 0.64 |
| 120 | 6+612.48 | curva | 33.81 | 80 | 24°13' | I | | 1.3 | C | Usar Lc. Min | OK | | | 1.73 |
| 121 | 6+654.595 | tangente | 38.77 | | | | | 0 | | | | | L.min. | |
| 122-123 | 6+696.71 | curva | 85.78 | 26 | 94°31' | D | | 2.27 | C | Usar Lc. Min | Usa R. min | | | 5.06 |
| 124 | 6+761.015 | tangente | 18.14 | | | | | 0 | | | | | L.min. | |
| 138 | 7+373.130 | tangente | 269.51 | | | | | S | | | | | OK | |
| 139-140 | 7+526.98 | curva | 61.89 | 19 | 93°19' | I | | 3.68 | C | Usar Lc. Min | Usa R. min | | | 7.08 |
| 141 | 7+587.420 | tangente | 32.02 | | | | | 0 | | | | | L.min. | |
| 144 | 7+783.38 | curva | 41.16 | 180 | 13°06' | D | | 1.5 | C | Usar Lc. Min | OK | | | 0.84 |
| 145 | 7+824.600 | tangente | 42.52 | | | | | 0 | | | | | L.min. | |
| 160 | 8+387.34 | curva | 20.59 | 120 | 9°49' | D | | 1.5 | C | Usar Lc. Min | OK | | | 0.93 |
| 161 | 8+436.665 | tangente | 74.48 | | | | | S | | | | | OK | |
| 162 | 8+485.99 | curva | 27.12 | 50 | 31°04' | I | | 1.5 | C | Usar Lc. Min | OK | | | 2.25 |
| 163 | 8+521.73 | tangente | 26.92 | | | | | S | | | | | L.min. | |
| 167 | 8+796.170 | tangente | 191.17 | | | | | S | | | | | OK | |
| 168 | 8+905.23 | curva | 13.50 | 450 | 1°43' | D | | 1.5 | NC | Usar Lc. Min | OK | | | 0.25 |
| 169 | 9+069.240 | tangente | 290.23 | | | | | S | | | | | OK | |

Fuente: Elaboración propia 2016.

PI: Punto de intersección

L: Longitud de curva o tangente

Δ: Ángulo de deflexión en ° ' .

| | |
|--|------------------|
| | Diseño bueno |
| | Diseño tolerable |
| | Diseño pobre |

Comentarios de la tabla N° 77

- De la tabla, columna 10, respecto a la evaluación de los parámetros del DG - 2014, para determinar la necesidad de curva horizontal en función al ángulo de deflexión, se observa que el sitio 168 no necesita de curva horizontal, debido a que tiene un ángulo de deflexión menor a $2^{\circ}30'$.
- De la tabla, columna 11, respecto a la evaluación de los parámetros del DG – 2014, para determinar la longitud de curva mínima en función a la velocidad de diseño, se observa que todas las curvas no cumplen con la longitud mínima, a excepción del sitio 85.
- De la tabla, columna 12, respecto a la evaluación de los parámetros del DG – 2014, para determinar el radio mínimo en función a los parámetros de la tabla N° 29, se observa que los sitios: 81, 99, 100, 122, 123, 139 y 140 no cumplen con el radio mínimo.
- De la tabla, columna 8 y 13, respecto a la evaluación de los parámetros del DG – 2014, para determinar el tipo de tangente en curva, se observa que 18 tangentes están entre curvas en S y 12 entre curvas en O, asimismo para la evaluación de longitud de tangente mínima, 17 de estos sitios no cumplen lo establecido.
- De la tabla, columna 9 y 14, respecto a la evaluación de los parámetros del DG – 2014, para determinar el sobre ancho, se puede observar que de 27 sitios evaluados, solamente los sitios 31, 35, 75, 102, 118, 144, 160 y 168 cumplen con la longitud de sobre ancho.

Tabla: 78 Resultados de la evaluación de la distancia de visibilidad en curvas horizontales.

| EVALUACIÓN DE DISTANCIAS DE VISIBILIDAD | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|-----------------|----------|-----------|--------|------------------|--------|-------|---------|------------------|--|--------------------------|--------------|
| SITIO | PI | PROGRESIVA (km) | ELEMENTO | RADIO (m) | LC (m) | VELOCIDAD (km/h) | tp (s) | f max | ± i (%) | Dp CALCULADO (m) | "a" DESPEJE REQUERIDO MÉTODO GRÁFICO (m) | "a" DESPEJE EN CAMPO (m) | CUMPLIMIENTO |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 39 | 28 | 2+034.45 | curva | 40 | 40.52 | 30 | 2 | 0.17 | 0.0274 | 35 | 4.50 | 2.30 | NO CUMPLE |
| 57 | 37 | 2+803.56 | curva | 46 | 53.07 | 30 | 2 | 0.17 | 0.0744 | 31 | 2.90 | 2.60 | NO CUMPLE |
| 81 | 49 | 4+695.65 | curva | 28 | 53.22 | 30 | 2 | 0.17 | 0.0568 | 32 | 5.60 | 2.10 | NO CUMPLE |
| 85 | 51 | 5+208.86 | curva | 50 | 116.15 | 30 | 2 | 0.17 | 0.0614 | 32 | 2.85 | 2.20 | NO CUMPLE |
| 99 | 58 | 5+716.81 | curva | 22 | 34.68 | 30 | 2 | 0.17 | 0.0722 | 31 | 6.54 | 2.10 | NO CUMPLE |
| 100 | 59 | 5+751.49 | curva | 22 | 34.68 | 30 | 2 | 0.17 | 0.0883 | 30 | 6.54 | 2.10 | NO CUMPLE |
| 122 | 70 | 6+696.71 | curva | 26 | 43.51 | 30 | 2 | 0.17 | 0.0726 | 31 | 5.41 | 2.20 | NO CUMPLE |
| 123 | 71 | 6+739.51 | curva | 26 | 42.27 | 30 | 2 | 0.17 | 0.0726 | 31 | 5.41 | 2.20 | NO CUMPLE |
| 139 | 79 | 7+526.98 | curva | 19 | 30.94 | 30 | 2 | 0.17 | 0.0737 | 31 | 9.31 | 2.15 | NO CUMPLE |
| 140 | 80 | 7.557.93 | curva | 19 | 30.94 | 30 | 2 | 0.17 | 0.0737 | 31 | 9.31 | 2.15 | NO CUMPLE |

PI: Punto de intersección.

tp: Tiempo de percepción

Dp: Distancia de parada.

a : Ancho de despeje necesario.

f máx: Coeficiente de fricción.

| | |
|--|------------------|
| | Diseño bueno |
| | Diseño tolerable |
| | Diseño pobre |

Fuente: Elaboración propia 2016.

Comentarios de la tabla N° 78

De la tabla, columna 12 y 13, respecto a la evaluación de los parámetros del DG - 2014, para determinar el ancho de despeje requerido por el método gráfico ("a"), se observa que todos los sitios evaluados no cumplen. Ver anexo 3



Tabla: 79 Resultados de la evaluación de las distancias de visibilidad de parada y de adelantamiento

| EVALUACIÓN DE LA CARRETERA CON VISIBILIDAD ADECUADA PARA ADELANTAR | | | | | | | |
|--|------------|------------------|------------|--|------------|-----------------------|------------|
| TRAMO I ENACO (0+530) - PUMAMARCA(05+100) | | | | TRAMO II PUMAMARCA (05+100)- ABRA CCORAO (FINAL) | | | |
| CONDICIÓN OROGRÁFICA | | ESCARPADO TIPO 4 | | CONDICIÓN OROGRÁFICA | | ACCIDENTADO TIPO3 | |
| LONGITUD TOTAL | | 4570 | 100% | LONGITUD TOTAL | | 4100 | 100% |
| dp | % | da | % | dp | % | da | % |
| 0+530 al 0+900 | 8% | 0+900 al 1+160 | 6% | 5+100 al 6+300 pendiente | 29% | 6+300 al 6+580 | 7% |
| 1+160 al 2+100 | 21% | 2+110 al 2+560 | 10% | 6+580 al 6+800 pendiente y curva | 5% | 6+800 al 7+440 | 16% |
| 2+560 al 2+820 | 6% | 2+820 al 4+240 | 31% | 7+440 al 7+620 curva | 4% | 7+620 al 7+880 | 6% |
| 4+240 al 4+740 | 11% | 4+740 al +5+100 | 8% | 7+880 al 8+020 | 3% | 8+020 al 9+200(final) | 29% |
| TOTAL | 45% | TOTAL | 55% | TOTAL | 42% | TOTAL | 58% |
| De acuerdo a la tabla 205.05 del DG 2014 el porcentaje de la carretera Enaco (0+530) a Pumamarca (05+100) con visibilidad adecuada de adelantamiento cumple con el mínimo establecido que es de 15%. | | | | De acuerdo a la tabla 205.05 del DG 2014 el porcentaje de la carretera Pumamarca (5+100) al Abra Ccorao (final) con visibilidad adecuada de adelantamiento cumple con el mínimo establecido que es de 25%. | | | |
| MÁXIMAS LONGITUDES SIN VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO O PASO ES DE 2070 m | | CUMPLE | | MÁXIMAS LONGITUDES SIN VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO O PASO ES DE 1740 m | | CUMPLE | |

Fuente: Elaboración propia 2016.

Tabla: 80 Resultados de la evaluación de la evaluación de alineamiento vertical

| ELEMENTOS DE ALINEAMIENTO VERTICAL DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO | | | | | | | | |
|--|-------------------|-------------------|--------------------------|-------------------------|---------------|--|--------|--------|
| DESCRIPCIÓN | | | | | | ELEMENTOS DE CURVA | | |
| PVI | PVI Estación (km) | PVI Elevación (m) | Pendiente de entrada (%) | Pendiente de salida (%) | Tipo de curva | (Diferencia algebraica de pendiente) (m) | Lc (m) | K |
| 1 | 0+025.13 | 3273.705 | 11.97 | 5.73 | Convexa | 6.24 | 30 | 4.81 |
| 2 | 0+189.57 | 3283.123 | 5.73 | 8.67 | Concava | 2.94 | 80 | 27.21 |
| 3 | 0+347.86 | 3296.854 | 8.67 | 12.04 | Cóncava | 3.37 | 60 | 17.80 |
| 4 | 0+514.56 | 3316.9 | 12.04 | 6.13 | Convexa | 5.91 | 65 | 11.00 |
| 5 | 0+652.75 | 3325.387 | 6.13 | 11.62 | Cóncava | 5.49 | 60 | 10.93 |
| 6 | 0+811.43 | 3343.832 | 11.62 | 7.26 | Convexa | 4.36 | 65 | 14.91 |
| 7 | 1+206.32 | 3372.487 | 7.26 | 9.57 | Cóncava | 2.31 | 75 | 32.47 |
| 8 | 1+775.08 | 3426.943 | 9.57 | 2.74 | Convexa | 6.83 | 205 | 30.01 |
| 9 | 2+268.89 | 3440.454 | 2.74 | 7.44 | Cóncava | 4.7 | 90 | 19.15 |
| 10 | 2+665.72 | 3469.971 | 7.44 | 8.59 | Cóncava | 1.15 | 60 | 52.17 |
| 11 | 2+832.64 | 3484.311 | 8.59 | 6.49 | Cóncava | 2.1 | 80 | 38.10 |
| 12 | 3+287.42 | 3513.816 | 6.49 | 5.61 | Convexa | 0.88 | 80 | 90.91 |
| 13 | 3+565.48 | 3529.41 | 5.61 | 1.15 | Convexa | 4.46 | 76 | 17.04 |
| 14 | 3+796.39 | 3532.066 | 1.15 | 2.28 | Cóncava | 1.13 | 60 | 53.10 |
| 15 | 4+169.65 | 3540.564 | 2.28 | -1.01 | Convexa | 3.29 | 95 | 28.88 |
| 16 | 4+331.84 | 3538.919 | -1.01 | 0.91 | Cóncava | 1.92 | 95 | 49.48 |
| 17 | 4+630.22 | 3541.635 | 0.91 | 5.68 | Cóncava | 4.77 | 150 | 31.45 |
| 18 | 4+769.41 | 3549.537 | 5.68 | 3.08 | Convexa | 2.6 | 65 | 25.00 |
| 19 | 4+989.44 | 3556.311 | 3.08 | 1.18 | Convexa | 1.9 | 105 | 55.26 |
| 20 | 5+169.70 | 3558.434 | 1.18 | 6.14 | Cóncava | 4.96 | 90 | 18.15 |
| 21 | 5+380.80 | 3571.398 | 6.14 | 8.09 | Cóncava | 1.95 | 60 | 30.77 |
| 22 | 5+586.50 | 3587.962 | 8.09 | 7.22 | Convexa | 0.87 | 90 | 103.45 |
| 23 | 5+740.24 | 3599.131 | 7.22 | 8.83 | Cóncava | 1.61 | 80 | 49.69 |
| 24 | 6+225.39 | 3641.975 | 8.83 | 3.97 | Convexa | 4.86 | 90 | 18.52 |
| 25 | 6+464.50 | 3651.498 | 3.97 | 7.26 | Cóncava | 3.29 | 95 | 28.88 |
| 26 | 6+754.64 | 3672.495 | 7.26 | 1.69 | Convexa | 5.57 | 70 | 12.57 |
| 27 | 6+907.61 | 3675.078 | 1.69 | 3.24 | Cóncava | 1.55 | 60 | 38.71 |
| 28 | 7+119.16 | 3681.928 | 3.24 | 5.53 | Cóncava | 2.29 | 40 | 17.47 |
| 29 | 7+398.57 | 3697.37 | 5.53 | 7.37 | Cóncava | 1.84 | 85 | 46.20 |
| 30 | 7+596.28 | 3711.95 | 7.37 | 2.69 | Convexa | 4.68 | 90 | 19.23 |
| 31 | 7+926 | 3720.842 | 2.69 | 6.18 | Cóncava | 3.49 | 185 | 53.01 |
| 32 | 8+092.96 | 3731.112 | 6.18 | 7.99 | Cóncava | 1.81 | 60 | 33.15 |
| 33 | 8+447.39 | 3759.433 | 7.99 | 4.88 | Convexa | 3.11 | 120 | 38.59 |
| 34 | 8+644.08 | 3769.035 | 4.88 | 6.88 | Cóncava | 2 | 80 | 40.00 |
| 35 | 8+912.97 | 3787.533 | 6.88 | 3.81 | Convexa | 3.07 | 45 | 14.66 |
| 36 | 9+049.89 | 3792.747 | 3.81 | 8.1 | Cóncava | 4.29 | 140 | 32.63 |
| 37 | 9+198.62 | 3804.801 | 8.1 | -0.68 | Convexa | 8.78 | 40 | 4.56 |

Fuente: Elaboración propia 2016.

A: Diferencia algebraica de pendiente

Comentarios de la tabla N° 80

- De la tabla, columna 5, de acuerdo a las pendientes de entrada y salida se obtuvo 16 curvas convexas y 21 curvas cóncavas.
- De la tabla, columna 6, de acuerdo a los parámetros de evaluación de pendientes mínimas, se aprecia que todas las curvas cumplen.
- De la tabla, columna 7, de acuerdo a los parámetros de evaluación de pendientes máximas mostradas en la tabla 33, se observa que no cumplen las curvas 1, 4, 6 y 8.
- De la tabla, columna 8, de acuerdo a los parámetros de evaluación de necesidad de curva vertical, las curvas 12 y 22 no cumplen con dichos parámetros.

Tabla: 81 Resultados de la evaluación de la distancia de visibilidad en curvas verticales

| EVALUACIÓN DE LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS VERTICALES | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|--------|-------|---------------|-----------------|----------|--------|--------|----------------------------|------------|------------|-----------------------------------|--------------|
| VISIBILIDAD | | | | | | | | | LONGITUD DE CURVA VERTICAL | | | | |
| PIV | A (%) | K (%) | P (%) | TIPO DE CURVA | PROGRESIVA (km) | Dp vs Da | Dp (m) | Da (m) | POR SEGURIDAD | | | | |
| | | | | | | | | | LC (m) | D > LC (m) | D < LC (m) | LONGITUD MÍNIMA (m) (RECOMENDADA) | CUMPLIMIENTO |
| 4 | 5.91 | 11.00 | 12.04 | Convexa | 0+514.56 | Dp | 28.87 | 110 | 65 | - | 12.19 | 14 | CUMPLE |
| 6 | 4.36 | 14.91 | 11.62 | Convexa | 0+811.43 | Dp | 29.05 | 110 | 65 | - | 9.11 | 10 | CUMPLE |
| 8 | 6.83 | 30.01 | 9.57 | Convexa | 1+775.08 | Dp | 30.00 | 110 | 205 | - | 15.22 | 16 | CUMPLE |
| 12 | 0.88 | 90.91 | 6.49 | Convexa | 3+287.42 | Da | 31.75 | 110 | 80 | -855 | - | SN | CUMPLE |
| 13 | 4.46 | 17.04 | 5.61 | Convexa | 3+565.48 | Da | 32.34 | 110 | 76 | 7.89 | - | 8 | CUMPLE |
| 15 | 3.29 | 28.88 | 2.28 | Convexa | 4+169.65 | Da | 35.04 | 110 | 95 | -67.54 | - | SN | CUMPLE |
| 18 | 2.6 | 25.00 | 5.68 | Convexa | 4+769.41 | Da | 32.29 | 110 | 65 | -143.85 | - | SN | CUMPLE |
| 19 | 1.9 | 55.26 | 3.08 | Convexa | 4+989.44 | Da | 34.31 | 110 | 105 | -277.89 | - | SN | CUMPLE |
| 22 | 0.87 | 103.45 | 8.09 | Convexa | 5+586.50 | Dp | 30.79 | 110 | 90 | - | 2.04 | 4 | CUMPLE |
| 24 | 4.86 | 18.52 | 8.83 | Convexa | 6+225.39 | Dp | 30.38 | 110 | 90 | - | 11.11 | 12 | CUMPLE |
| 26 | 5.57 | 12.57 | 7.26 | Convexa | 6+754.64 | Dp | 31.27 | 110 | 70 | - | 13.48 | 14 | CUMPLE |
| 30 | 4.68 | 19.23 | 7.37 | Convexa | 7+596.28 | Dp | 31.21 | 110 | 90 | - | 11.28 | 12 | CUMPLE |
| 33 | 3.11 | 38.59 | 7.99 | Convexa | 8+447.39 | Da | 30.85 | 110 | 120 | 39.78 | - | 40 | CUMPLE |
| 35 | 3.07 | 14.66 | 6.88 | Convexa | 8+912.97 | Da | 31.50 | 110 | 45 | -88.14 | - | SN | CUMPLE |
| 37 | 8.78 | 4.56 | 8.1 | Convexa | 9+198.62 | Dp | 30.78 | 110 | 40 | - | 20.59 | 22 | CUMPLE |

Fuente: Elaboración propia 2016.

A: Diferencia algebraica de pendiente. (%)

Da: Distancia de adelantamiento. (m)

K: Parámetro de curvatura.

LC: Longitud de curva. (m)

P: Pendiente. (%)

Dp: Distancia de parada (m)

Comentarios de la tabla N° 81

- De la tabla, columna 7, de acuerdo a los parámetros de evaluación del DG – 2014, se observa la clasificación de cada curva vertical, en función a: si se encuentra dentro de tramos con distancia de visibilidad de parada o de adelantamiento.
- De la tabla, en las columnas 8 y 9, de acuerdo a los parámetros de evaluación del DG – 2014, se observa el resultado de la distancia de visibilidad de parada calculado por formulas y el resultado de distancia de visibilidad de adelantamiento obtenido de la tabla 32.
- De la tabla, en las columnas 11 y 12, verificamos si la longitud de curva vertical es mayor o menor que la D_p o D_a , dependiendo de la condición en la que se encuentre la curva, de esta manera calculamos la longitud mínima que debería tener la curva evaluada, ver figuras 11 y 12.
- De la tabla, columna 13, se observa el valor de la longitud mínima de curva vertical redondeada al inmediato superior par, así mismo se observa que las curvas verticales 12, 15, 18, 19 y 35, presentan valores negativos, lo que significa que no necesitan de longitud de curva respecto a la distancia de adelantamiento ya que el conductor asume que es una recta, y puede optar por adelantar en estos tramos.

Tabla: 82 Resultados de la evaluación de peraltes máximos

| EVALUACIÓN DE PERALTES MÁXIMOS | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|----------|----------|-----------|------------------|--|----------|-------------------------------|---|------------|
| DATOS DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL | | | | | ANÁLISIS DE PARÁMETROS | | | | |
| SITIO | PI (Km) | ELEMENTO | RADIO (m) | VELOCIDAD (km/h) | PERALTE SEGÚN EL TIPO DE OROGRAFÍA ACCIDENTADO - ESCARPADO | | MEDICIÓN CON EL ECLÍMETRO (°) | CONVERSIÓN DE PENDIENTE EN (°) A PENDIENTE EN (%) | EVALUACIÓN |
| | | | | | NORMAL | ABSOLUTO | | | |
| 39 | 2+034.45 | curva | 40 | 30 | 8% | 12% | 3.0 ° | 6.67 | no cumple |
| 53 | 2+803.56 | curva | 46 | 30 | 8% | 12% | 1°30' | 3.33 | no cumple |
| 81 | 4+695.65 | curva | 27.5 | 30 | 8% | 12% | 5°15' | 11.67 | cumple |
| 85 | 5+208.86 | curva | 50 | 30 | 8% | 12% | 5°30' | 12.22 | cumple |
| 99 | 5+716.81 | curva | 22 | 30 | 8% | 12% | 6.0 ° | 13.33 | no cumple |
| 100 | 5+751.49 | curva | 22 | 30 | 8% | 12% | 6.0 ° | 13.33 | no cumple |
| 122 | 6+696.71 | curva | 26 | 30 | 8% | 12% | 5.0 ° | 11.11 | no cumple |
| 123 | 6+739.51 | curva | 26 | 30 | 8% | 12% | 5.0 ° | 11.11 | no cumple |
| 139 | 7+526.98 | curva | 19 | 30 | 8% | 12% | 5.0 ° | 11.11 | no cumple |
| 140 | 7+557.93 | curva | 19 | 30 | 8% | 12% | 5.0 ° | 11.11 | no cumple |

PI: Punto de intersección.

| | |
|--|------------------|
| | Diseño bueno |
| | Diseño tolerable |
| | Diseño pobre |

Fuente: Elaboración propia 2016.

CAPÍTULO V: DISCUSIONES

- **Discusión N° 1:** ¿Por qué los resultados de la evaluación de la consistencia de diseño según los criterios establecidos por Lamm (criterio I y criterio II), tienden a ser diferentes?
 - ❖ Los resultados son diferentes porque el criterio I requiere el paso adicional de inferir la velocidad de diseño, lo cual en ocasiones puede ser muy complejo por el mismo hecho de tomar solo la evaluación de un elemento geométrico.
 - ❖ Mientras que el criterio II, evalúa elementos sucesivos esto quiere decir que toma en cuenta la velocidad de operación del elemento evaluado y del que le sigue, asimismo es más utilizado, ya que su relación con la siniestralidad es clara (es totalmente intuitivo que una mayor reducción de velocidad a priori presentará más problemas para el conductor), además de que localiza la zona sobre la que hay que actuar.

- **Discusión N° 2** ¿Para qué clase de proyecto y porqué se puede utilizar la evaluación de la consistencia de diseño?
 - ❖ La evaluación de la consistencia de diseño se puede utilizar para proyectos de nuevo trazados, porque durante la etapa de diseño el proyectista puede modificar los tramos inconsistentes.
 - ❖ También para proyectos de mejoramiento puntual, porque se puede modificar el eje existente después de una evaluación de su consistencia.

- **Discusión N° 3** ¿En qué parte del proceso de diseño geométrico debe aplicarse la evaluación de la consistencia de diseño?
 - ❖ La respuesta es que debe aplicarse después del trazado en planta y antes del diseño de la rasante, debido a que se tiene radios y tangentes ya casi definidos y pendientes en campo existentes donde aún se puede modificar.

- **Discusión N° 4** ¿Cómo comprobar si la pistola radar, Bushnell Speedster III, está calibrada, para la medición de velocidades de operación en campo?
 - ❖ Para comprobar la calibración del equipo, los investigadores utilizaron un vehículo ligero particular (pick up) donde el copiloto tomo fotos al velocímetro del vehículo y por otra parte en el mismo punto se midió la velocidad con la pistola radar, concluyendo que el error del equipo de acuerdo a sus especificaciones, estaba dentro de lo establecido.

- **Discusión N° 5** ¿Por qué es imprescindible aislar las mediciones de velocidades en campo, de las zonas urbanas?
 - ❖ Porque en zonas urbanas existen diversos factores que interfieren la medición de velocidades de operación en campo tales como: cruces, intersecciones, vehículos estacionados invadiendo el carril, transitabilidad de peatones etc.

- **Discusión N° 6** ¿Cuál es el trabajo para medir velocidades de operación en campo a vehículos ligeros? ¿Por qué?
 - ❖ La toma de muestras de velocidad se realiza a automóviles ligeros que transiten a flujo libre, durante el día, en pavimento seco y en buen estado, con el empleo de pistola láser. Los estudios de velocidad deben ser realizados en el lugar de la curva donde se propicia un aumento de la velocidad de operación (Fitzpatrick, 2000), según los estudios realizados estos lugares están localizados en el centro para curvas horizontales donde estos tienden a desarrollar mayores velocidades que los vehículos pesados.

- **Discusión N° 7** ¿Cuál es la diferencia entre el concepto de la velocidad de operación del percentil 85 estimada y la velocidad deseada?

La diferencia de los conceptos de velocidades se muestra a continuación:

- ❖ La velocidad de operación del percentil 85 estimada, es la velocidad por debajo del cual viaja el 85% de los conductores y se utiliza con frecuencia para establecer los límites de velocidad.
 - ❖ La velocidad deseada, es aquella que se obtiene de medir la velocidad en secciones en tangentes muy largas o curvas de gran desarrollo en donde los conductores no se vean limitados por gradientes verticales o curvas verticales.
- **Discusión N° 8** ¿Por qué se hizo la evaluación de la consistencia de diseño de la carretera Enaco - Abra Ccorao?
 - ❖ Se evaluó la consistencia de la carretera Enaco - Abra Ccorao debido a:
 - Según la Actualización del Clasificador de Rutas del Sistema Nacional de Carreteras – SINAC se encuentra entre una de carreteras ejecutadas en los últimos años en la ciudad del Cusco
 - Es una red vial importante de descongestionamiento de tránsito alterno hacia otras provincias y distritos, entre (Calca, Pisac, San Sebastián, San Jerónimo, Saylla y los distritos de Wanchaq, Santiago de la parte sureste de la ciudad del Cusco).
 - Accesibilidad de información (expediente técnico).
 - **Discusión N °9** ¿Por qué la velocidad de diseño del expediente técnico (30 km/h), no tiene relación con las velocidades de operación medidas en campo?
 - ❖ La velocidad de diseño del expediente técnico no tiene relación con las velocidades de operación medidas en campo, debido a que las Normas peruanas olvidan enlazar las ecuaciones con la realidad, quiere decir que en la etapa de diseño de los elementos geométricos no consideran las expectativas del conductor.

- **Discusión N° 10** ¿Por qué se estimó las velocidades en los sitios con pendientes mayores a 9%?
 - ❖ El cálculo de estas velocidades se estimó netamente para la representación gráfica en el perfil de velocidades aun así no cumpliendo con los parámetros de la pendiente longitudinal, la cual va desde -9% a 9% mostrados en la tabla 3, asimismo a criterio de los investigadores las velocidades estimadas de una vía no deberían representarse de manera incompleta en un perfil de velocidades y acomodarse como en este caso a los parámetros más cercanos, estos sitios se muestran en el perfil 1 con líneas rojas continuas.

- **Discusión N° 11** ¿Cuál debió ser la velocidad de diseño apropiada para el diseño de los elementos geométricos de la carretera Enaco Abra Ccoraro?
 - ❖ De las mediciones de velocidades realizadas en campo, se calculó la velocidad media aritmética para el sentido de subida de 45 km/h y para el de bajada 52 km/h. a criterio de los investigadores la velocidad de diseño debió ser 52 km/h, el cual fue redondeado al inmediato superior que es 60 km/h, debido a que las Normas Peruanas consignan velocidades de diseño que varían de 10 en 10 km/h.

- **Discusión N° 12** ¿Bajo qué estudios Lamm determino los criterios de evaluación de la consistencia de diseño de una vía?
 - ❖ Lamm propuso para sus criterios valores para calificar la consistencia, en base a estudios de correlación entre tasa de ocurrencia de accidentes, tasa de cambio de curvatura, velocidad de operación y fricción lateral.

Para desarrollar estos criterios Lamm realizó estudios en Nueva York y Alemania. A partir de bases de datos de accidentes realizó un análisis de conglomerados para agrupar las distintas clases de tasa de cambio de curvatura (CCR) que otorgarán

valores estadísticamente diferentes de tasa media de accidentes. Para ello, primero determinó diversas clases de CCR. Luego para cada clase de CCR calculó la tasa media de accidentes. Posteriormente aplicó sucesivamente un test “t” de diferencia de medias, modificando los rangos de CCR hasta llegar a valor vecinos de tasa media de accidentes estadísticamente diferentes.

Tabla: 83 Criterios de consistencia de Lamm 1986 - 1991

| Criterio | Elemento Geométrico | Intervalo de Tasa de Cambio de Curvatura (CCR) | Criterio de Consistencia | Calificación del Diseño |
|----------|---------------------|---|--|-------------------------|
| I | Curvas Simples | $CCR_i \leq 180 \text{ g}$ | $IC_i \leq 10 \text{ (km/h)}$ | Bueno (Good) |
| | | $180 \leq CCR_i \leq 360 \text{ g}$ | $10 \leq IC_i \leq 20 \text{ (km/h)}$ | Regular (Fair) |
| | | $CCR_i > 360 \text{ g}$ | $IC_i > 20 \text{ (km/h)}$ | Malo (Poor) |
| II | Curvas Sucesivas | $ CCR_i - CCR_{i+1} \leq 180 \text{ g}$ | $IC_{II} \leq 10 \text{ (km/h)}$ | Bueno (Good) |
| | | $180 \leq CCR_i - CCR_{i+1} \leq 360 \text{ g}$ | $10 \leq IC_{II} \leq 20 \text{ (km/h)}$ | Regular (Fair) |
| | | $ CCR_i - CCR_{i+1} > 360 \text{ g}$ | $IC_{II} > 20 \text{ (km/h)}$ | Malo (Poor) |

Fuente: Echaveguren T. (2001)

- **Discusión N° 13** ¿Por qué se utilizó la velocidad de operación del percentil 85, en la evaluación de la consistencia de diseño?
 - ❖ Se recurrió al percentil 85 de la distribución de velocidades a la que operan los vehículos ligeros en condiciones de circulación libre y sin restricciones ambientales, debido a que representa aproximadamente la velocidad considerada segura a la que operan los conductores. Por otra parte, el percentil 95 está considerado también (aunque en menor medida que el anterior) como un percentil representativo de la velocidad máxima segura a la que pueden circular los vehículos, donde presentan unas prestaciones mecánicas mucho mayores que el percentil 85. (Pérez. A, Camacho. F, García. A, 2011).



GLOSARIO

1. **CCR:** Tasa de cambio de curvatura o grado de curvatura.
2. **Características geométricas:** Refiere al estado de cómo se encuentra los elementos geométricos de la vía en campo.
3. **Curva aislada:** Curva que se encuentra entre tangentes mayores de 400m, de acuerdo a la normatividad chilena.
4. **Elementos geométricos:** Refiere a los factores de diseño en planta, perfil longitudinal y sección transversal.
5. **FHWA:** Federal Highway Administration (Administración de Carreteras Federales).
6. **Grado de curvatura:** Corresponde al ángulo central subtendido por un arco o una cuerda de unidad de determinada longitud.
7. **IHDSM:** Interactive Highway Safety Desing Model (Modelo Interactivo de Diseño de Seguridad de la Carretera).
8. **Manual DG – 2014:** Refiere al Manual de Diseño Geométrico de Carreteras 2014, elaborado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
9. **Perfil de velocidades:** Es una línea de velocidades de operación en el eje vertical contra la distancia a lo largo de la carretera en el eje horizontal.
10. **Radio:** Es el valor límite de la curvatura para una velocidad de diseño dada, que se relaciona con la sobreelevación máxima y la máxima fricción lateral escogida para diseño.
11. **Seguridad vial:** Es la descripción de una situación futura deseable, fundamentada en una teoría de cómo interactúan o deberían interactuar los distintos componentes del sistema de circulación.
12. **Sitio:** Se considera sitio a la agrupación de una o varias curvas de características geométricas similares de la misma condición, ya sea, tangente, curva horizontal, vertical o la combinación (Fitzpatrick, 2000).
13. **Tramos homogéneos:** Son aquellos que el diseñador identifica a lo largo de una carretera, a los que por las condiciones orográficas, se les asigna una misma velocidad de diseño. Por lo general, una carretera tiene varios tramos homogéneos.



14. **V85:** Es el percentil 85 de una muestra de velocidades observadas en la estadística general utilizado en la descripción de velocidades de operación en una característica geométrica. Es la velocidad a la cual o por debajo del cual operan el 85% de los conductores.
15. **Velocidad de diseño:** Es la velocidad seleccionada utilizada para determinar las distintas características geométricas de la carretera.
16. **Velocidad deseada:** Es la velocidad que seleccionan los conductores cuando no están impedidos por el trazado vertical u horizontal.
17. **Velocidad máxima:** Es la velocidad calculada de dos veces la velocidad media aritmética menos la velocidad de diseño (mínima)
18. **Velocidad media aritmética:** Es la suma de todas las velocidades medidas en campo sobre la cantidad de sitios.
19. **Velocidad medida en campo:** Es aquella velocidad a la cual circulan realmente los vehículos. Está estrechamente relacionada con la accidentalidad.

CONCLUSIONES

1. Se logró demostrar la sub hipótesis N° 1 **“Las velocidades de operación del percentil 85 estimadas en curvas y tangentes, de la carretera Enaco - Abra Ccorao, fluctuaran en un rango de 30km/h a 80km/h”** por cuanto según las formulas propuestas por Fitzpatrick para la estimación de velocidades en curvas, relacionando el radio de curvatura y el tipo de pendiente, el 60% se encuentra dentro del rango establecido y el 40% por debajo, de igual forma en cuanto a las ecuaciones propuestas por Lamm para velocidades de operación estimadas en tangentes el 75.86% se encuentra dentro del parámetro determinado y solo el 24.14% se encuentra por debajo (ver tabla 72).
2. Se logró demostrar la sub hipótesis N° 2 **“Las velocidades de operación en curvas y tangentes medidas en campo, de la carretera Enaco - Abra Ccorao, fluctuaran en un rango de 30km/h a 80km/h”**, de acuerdo al promedio de las 63 mediciones realizadas en cada uno de los 177 sitios, para el sentido de subida el 93% de las mediciones en curvas horizontales, se encuentra dentro del rango establecido y el 7% se encuentra fuera, para tangentes el 95.4% se encuentra dentro del rango establecido y el 4.6% se encuentra fuera; de igual manera para el sentido de bajada el 93% de las mediciones en curvas horizontales se encuentra dentro del parámetro determinado y el 7% se encuentra fuera del rango establecido, para tangentes el 96.55% se encuentra dentro del rango establecido y el 3.45% se encuentra fuera del rango establecido (ver tabla 75).
3. No se logró demostrar la sub hipótesis N° 3 **“Los puntos de riesgo para la evaluación de la seguridad vial - nominal representaran más del 50% de la longitud total de la carretera Enaco - Abra Ccorao, conforme a la consistencia de diseño geométrico y al perfil de velocidades”**, para su demostración se evaluó la consistencia de diseño de acuerdo al criterio II de Lamm y al perfil de velocidades, en el que se obtuvo que 56 sitios califican como diseño pobre y tolerable, representando el 41.66% de la longitud total de la carretera, considerándose como insegura (ver tabla 76).



4. Se logró demostrar la hipótesis general **“La seguridad vial – nominal de la carretera Enaco - Abra Ccorao dependerá significativamente de la evaluación de la consistencia de diseño geométrico, de acuerdo a los criterios establecidos por Lamm y al perfil de velocidades”**, para su demostración se utilizó el criterio II propuesto por Lamm y el perfil de velocidades, identificando 56 puntos de riesgo con diseño pobre y tolerable, a partir del cual se pudo evaluar el cumplimiento de su seguridad vial - nominal respecto a los parámetros establecidos en el manual de diseño geométrico de carreteras DG – 2014, con los siguientes resultados: el alineamiento en planta (ver tablas 77, 78 y 79), perfil y peraltes (ver tablas 80, 81 y 82) no cumplen en su totalidad con los parámetros. Sobre las bases de los resultados expuestos podemos afirmar que la carretera Enaco – Abra Ccorao es insegura.

Por otra parte llegamos a la convicción que la seguridad vial – nominal dependerá significativamente de la evaluación de la consistencia de diseño geométrico, mediante los criterios de Lamm y el Perfil de Velocidades, cuyos resultados son efectivos e importantes en el diseño de una carretera, para evitar accidentes de tránsito.

RECOMENDACIONES

Con el fin de complementar y ampliar la labor emprendida en esta Tesis se sugieren a continuación líneas de investigación complementarias y otros temas que deben ser abordados:

1. A partir del presente estudio se recomienda, para futuras investigaciones profundizar en el tema de seguridad vial, evaluando la consistencia de diseño, con el uso de los umbrales de aceleración y desaceleración para curvas.
2. Se recomienda profundizar en futuras investigaciones la evaluación de la seguridad vial – nominal concernientes a los parámetros de pendientes máximas excepcionales respecto a la longitud de un tramo establecidos en el manual DG-2014. (pendientes mayores al 5% se proyectara un tramo de descanso de longitud no menor a 500m cada 3km., pendientes mayores a 10%, los tramos con tales pendientes no excederán de 180 m, en curvas con radios menores a 50m de longitud debe evitarse pendientes no mayores al 8% y la máxima pendiente promedio en tramos de longitud mayor a 2000m no deberá superar el 6%.)
3. Utilizar la evaluación de consistencia de diseño (estimación de velocidades, medición de velocidades, aplicación de los criterios de consistencia y representación gráfica del perfil de velocidades) en la etapa de proyecto y durante la ejecución de una obra vial, debido a que los proyectistas y ejecutores no interactúan con el conductor al momento de modificar el diseño de la vía.
4. Recomendar a los entes rectores de vialidad (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones, Gobiernos regionales y locales), se involucren en la evaluación de la consistencia de diseño de las carreteras, debido a que la mayor limitante para la investigación fue la falta de información, la efectividad de la herramienta se demostró, ahora corresponde formar una base de datos suficientemente amplia para futuras investigaciones, que pueden desarrollar los estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil.



5. El 41.66 % de la longitud total de la carretera Enaco - Abra Ccorao es insegura (ver tabla 76), se recomienda a las autoridades competentes (Gobierno Regional o Local), intervenir en la modificación de los sitios o puntos de riesgo que se muestra en la tabla 77, para brindar mayor seguridad a los conductores y peatones; así mismo incrementar y mejorar las señalizaciones verticales y horizontales.
6. Incluir la evaluación de la consistencia de diseño (Lamm 1999) de carretera en las Normas Peruanas, siendo la más utilizada a nivel internacional y aplicable a nuestra realidad (topografía) como se demostró en esta investigación.
7. Se recomienda al departamento de coordinación y plana de docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la rama de transportes, abordar temas de consistencia de diseño de carreteras, dada la importancia y beneficios de la metodología.
8. Se recomienda para la evaluación de la consistencia de diseño de acuerdo a los criterios propuestos por Lamm. Para la **calificación buena**, las velocidades evaluadas tendrán que ser menores o iguales a 10 km/h lo cual significa que no necesitan cambios y que están de acuerdo a las expectativas del conductor. Para la **calificación tolerable** las velocidades evaluadas tendrán que ser mayores a 10 km/h y menores o iguales a 20 km/h, asimismo dependerá a que margen se acerque, si se acerca a la calificación buena que son menores o iguales a 15 km/h se acepta como tal y no necesitara cambios, caso contrario si se acercan a la calificación pobre que son mayores a 15 km/h, este necesitara cambios en el elemento geométrico. Para la **calificación pobre** la evaluación de las velocidades tendrán que ser mayores a 20 km/h, lo que significa que dicho sitio atenta contra los conductores y es necesario rediseñarlo.

**REFERENCIAS**

- ALTAMIRA A, G. A. (2008). *Herramienta para la Evaluación del Diseño Geométrico de Caminos Rurales*. San Juan.
- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. (2011). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets (6a. Ed.)*. Washington, D.C.
- BASUALTO J. (2003). *Análisis de Aceleración en la Consistencia de Elementos Simples de Alineamientos Horizontales*. Concepcion.
- BERARDO M., B. A. (2006). *Análsis de Consistencia de Diseño en una Ruta de la Provincia de Cordova*. Cordova.
- BERNAL, C. (2006). *Metodología de la Investigación (Segunda ed.)*. México D.F.: Pearson.
- CARDENAS, J. (2002). *Diseño Geométrico de Carreteras*. Cali: Eco Ediciones.
- CASTRO M, .. (2006). *Desarrollo de un Sistema para el Análisis de la Consistencia del Trazado de Carreteras*. Madrid.
- CESPEDES, J. M. (2001). *Carreteras Diseño Moderno*. Cajamarca: Limusa.
- COMUNICACIONES, M. d. (2008). *MANUAL DE DISEÑO DE CARRETERAS PAVIMENTADAS DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO* . Lima.
- COMUNICACIONES, M. d. (2014). *Manual de Carreteras Diseño Geométrico 2014*. Lima.
- DEPESTRE, R., DELGADO, D., & DIAZ, E. (2012). *Modelos de Perfil de Velocidad para Evaluación de Consistencia del Trazado en Carreteras de la Provincia de Villa Clara Cuba*. Villa Clara.
- ECHAVEGUREN T., D. A. (2013). *Perfiles de Velocidad de Operacion en Curvas Horizontales Aisladas*. Concepcion.
- ECHAVEGUREN T., S. J. (2001). *Relaciones Velocidad - Geometría Horizontal en Vías de la VIII Region* . Santiago.



- ELIFIO, Q. R. (2011). *Planeamiento y Diseño Preliminar de Carriles de Sobrepaso para Vías de Primer Orden en Zonas Accidentadas y de Altura*. Lima.
- FELIPE, E. (2014). *Análisis de Consistencia del Trazado en Caminos de Montaña en la República de Guatemala*. Guatemala.
- FERNANDO, S. O. (2011). *Metodología para la Evaluación de la Consistencia del Trazado de Carreteras Interurbanas de dos Carreles*. Madrid.
- FITZPATRICK, K., WOOLDRIDGE, K., TSIMHONI, O., COLLINS, J., GREEN, P., BAUER, K. ET AL. (2000). *Alternative design consistency rating methods for two-lane rural highways*. Washington: Federal Highway Administration, Report No. FHWA-RD-99-172.
- GALLEGOS, G. (2013). *Análisis de consistencia en el diseño geométrico de curvas Sucesivas Inversas*. Concepción.
- GARCIA Y, .. (2014). *Aceleración y Desaceleraciones de Vehículos Livianos en Caminos de Montaña*. San Juan.
- GARCIA, A., CAMACHO, F., PEREZ, A., MORENO, A., & LLORCA, C. (2013). Nuevo Proceso de Diseño Geométrico para unas Carreteras Convencionales más Seguras. *Plataforma Tecnológica Española de la Carretera*, 77.
- LAMM, R., PSARIANOS, B., AND MAILAENDER, T. (1999). *Highway Design and Traffic Safety Engineering Handbook* (1ª. Ed). New York: Mcgraw-Hill.
- LAURNA, R. (2009). *Evaluación de la Seguridad Vial a Partir de la Consistencia del Trazado de la Carretera*. Santa Clara.
- MEXICANAS, M. D. (2001). *Programa de Asistencia Técnica en Transporte Urbano para las Ciudades medias Mexicanas: Manual Normativo*. Mexico DF: SEDESOL.
- MILTON, M. Y. (2016). *Apuntes , Recopilaciones de Transportes I, Resumen del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2014*. Cusco.
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. (2014). *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2014*. Lima.



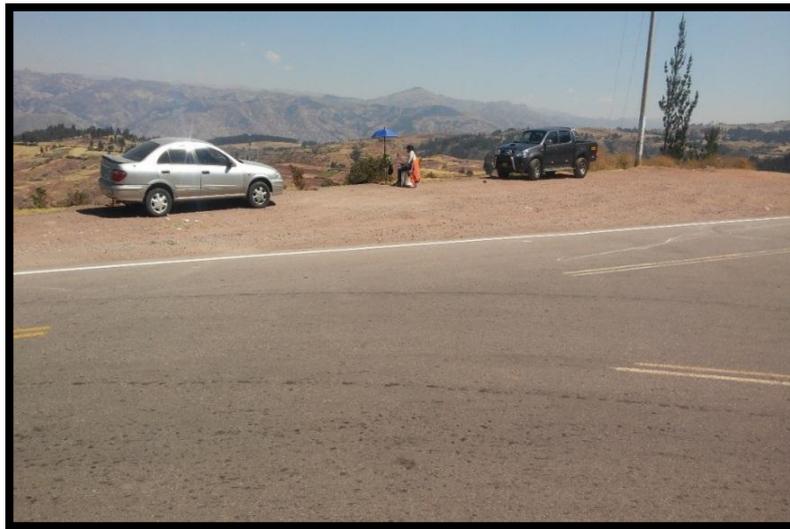
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. (2016). *Oficina General de Planeamiento y Presupuesto*. Obtenido de Oficina General de Planeamiento y Presupuesto: <http://mtcgeo2.mtc.gob.pe/imdweb/>
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2016). *Actualización del Clasificador de Rutas del Sistema Nacional de Carreteras - SINAC. Anexo - decreto supremo n° 011-2016-mtc*. Lima.
- GOBIERNO REGIONAL CUSCO. (2011). *Expediente Tecnico Enaco Abra Ccorao*. Cusco.
- POSADA, J., CADAVID, S., & CASTRO, L. (2014). *Consistencia en el Diseño: Predicción de la Velocidad de Operación en Carretera*. Medellín.
- REINOSO, V. (2013). *Análisis de las Características Geométricas de la Ruta PE-06 A en el Departamento de Lambayeque con Propuesta de Solución al Empalme E-1N en el Área Metropolitana de Chiclayo*. Lima.
- ROSALES, E. R. (2011). *Planeamiento y Diseño Preliminar de Carriles de Sobrepaso para Vías de Primer Orden en Zonas Accidentadas y de Altura*. Lima.
- TOMÁS, E., & ÁLVARO, D. (2013). *Perfil de Velocidad Operación en Curvas Horizontales Aisladas*. Santiago. Obtenido de <http://www.sochitran.cl/wp-content/uploads/Acta-2013-05-02.pdf>



ANEXOS

ANEXO 1 PANEL FOTOGRÁFICO

REFIERE AL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 32 Conteo vehicular en la estación N°3 hora 12:30 pm



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 33 Conteo vehicular estación N° 2 hora 6:30 am



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 34 Estacionamiento del BM N°1

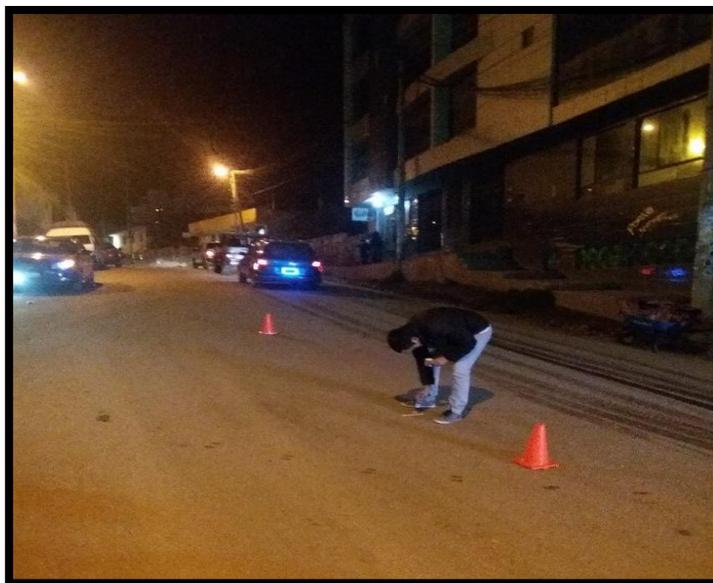


Figura: 35 Ubicación del eje de la vía tramo Enaco



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 36 Medidas de seguridad conos, chalecos y carteles



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 37 Ubicación de los prismas



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 38 Radiación de puntos



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 39 Marcación de las progresivas en el eje de la vía



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 40 Inconvenientes al momento de realizar la radiación de puntos



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 41 Ubicación de prismas en curvas



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 42 Equipo técnico e instrumentos de trabajo



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 43 Movilidad del equipo técnico



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 44 Radiación de puntos C.C Pumamarca



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 45 Preparación de balizas para la medición de velocidades de operación en campo



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 46 Medición de velocidades de vehículos ligeros (moto)



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 47 Medición de velocidades de vehículos ligeros (minibús)



Figura: 48 Recolección de datos de velocidades de operación en campo

Fuente: Elaboración propia 2016.



ANEXO 2 PLANOS TOPOGRÁFICOS (PLANTA Y PERFIL)

REFIERE A LA REPRESENTACIÓN TOPOGRÁFICA DE LA VÍA EN ESTUDIO.



ANEXO 3 MÉTODO GRÁFICO PARA LA EVALUACIÓN DEL ANCHO MÁXIMO DE DESPEJE
(DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS HORIZONTALES).



ANEXO 4 PERFIL DE VELOCIDADES

REFIERE AL DIAGRAMA DE VELOCIDADES ESTIMADAS, MEDIDAS, DESEADAS, MEDIAS
Y DE DISEÑO.



ANEXO 5 DISCO COMPACTO

INFORMACIÓN DE DATOS DE LA RECOLECCIÓN EN CAMPO, FORMATOS Y PLANOS.



**ANEXO 6 CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA PISTOLA
RADAR BUSHNELL SPEEDSTER III**



Fuente: Radarguns.com

Figura: 49 Pistola Radar de Velocidades Bushnell Speedster III

Bushnell Speedster™ III.

El Speedster III es un instrumento de precisión de velocidades. Estas instrucciones le ayudarán a lograr un rendimiento óptimo explicando las características y ajustes de este instrumento de medición precisa de la velocidad. Para garantizar un rendimiento óptimo y la longevidad, por favor, lea estas instrucciones antes de usar su Bushnell Speedster III.

INSTALACIÓN DE LA BATERÍA

El Bushnell Speedster III funciona con dos pilas alcalinas tamaño "C". Para instalar, retirar la batería cubrir mediante la rotación de la tapa de la batería hacia la izquierda. Inserte ambas baterías extremo positivo primero y volverla casquillo de las agujas del reloj presionando y girando.

CÓMO UTILIZAR

1. Girar el Speedster III "ON" pulsando el botón de encendido en la parte posterior de la unidad, por debajo la pantalla LCD.
2. Enfoque el Speedster a su objetivo, a continuación, pulse y suelte el botón del disparador en la empuñadura de una vez. Un icono de "radar" aparecerá en la parte superior derecha de la pantalla LCD, y el Speedster comenzara a leer la velocidad actual de lo que se apunta a, la actualización de la pantalla constantemente como los cambios de velocidad del objetivo. Para obtener los mejores resultados con la máxima precisión, mantener la dirección de su destino de viaje en una línea directa con usted (que se mueve en línea recta hacia o lejos de) y no perpendicular (en ángulo) para ti. Presione y suelte el gatillo de nuevo cuando termine de medir la velocidad de su objetivo.
3. El icono de radar ya no se muestra en la pantalla, y la pantalla indica la velocidad más alta que era medida entre la primera y la segunda prensa del gatillo. Para comprobar la velocidad del blanco de nuevo (O después de apuntar a una nueva diana), repita el proceso.
4. Girar el Speedster "OFF" pulsando el botón de encendido debajo de la pantalla LCD durante 3 segundos o hasta que la pantalla se apague.

NOTA: El Speedster tiene una función de apagado automático para prolongar la vida útil de la batería. Después de 10 minutos de inactividad, el Speedster se apagará automáticamente.



Cuando aparece un símbolo de batería en la esquina inferior derecha de la pantalla, esto indica que voltaje de la batería es baja y las nuevas baterías se deben insertar. Retire las pilas cuando vaya a guardarlo Speedster durante un largo período.

OBJETIVO VELOCIDAD DE ADQUISICIÓN

Un objetivo puede ser cualquier cosa que se mueve más rápido que 10 millas por hora. Para adquirir la velocidad de un objetivo, con el Speedster III encendido, un icono aparecerá en la esquina superior derecha de la pantalla LCD. Esto indica que el radar está funcionando.

El radar seguirá buscando la velocidad hasta que se suelta el gatillo. Tras la liberación de se mostrará automáticamente el disparador, la velocidad más rápida capturado dentro de esa serie. La velocidad del objetivo aparecerá en la pantalla LCD en MPH.

Hay ciertas propiedades matemáticas de radar Doppler que afectan a la precisión de su Bushnell Speedster III. Por favor lea "EFECTO SOBRE COSINE Velocidad blanco" a continuación. Para garantizar una óptima exactitud, recuerde mantener sus objetivos sentidos de la marcha en una línea directa con usted, y no perpendiculares.

COSENO EFECTO SOBRE VELOCIDAD DE DESTINO

El Speedster III medirá la velocidad relativa de un objetivo, ya que se acerca al Speedster III. Si el objetivo está en una línea directa (curso de colisión) con el Speedster III, la velocidad medida será exacta. Como el ángulo de incidencia aumenta (si se mueve a la derecha o a la izquierda de esta línea directa), la precisión disminución. La velocidad medida disminuirá a medida que se mueve fuera de esta línea central. Este fenómeno se llama el "Efecto coseno". Se llama así debido a que la velocidad medida se relaciona directamente con el coseno del ángulo entre el Speedster III y la dirección del destino del viaje.

AJUSTES



El Speedster III registrará velocidades, tanto en millas por hora (mph) y los kilómetros por hora (kph). Velocidad unidades pueden cambiarse desde MPH a KPH y viceversa pulsando el gatillo y luego el poder botón situado debajo de la pantalla LCD.

ESPECIFICACIONES:

Rendimiento Velocidad: Pelota: 10-110 MPH, de hasta 90 pies

Coche: 10-200 MPH, hasta 1500 pies

Precisión: +/- Uno MPH

Tipo de batería: C (2)

Tiempo de funcionamiento: Hasta 20 horas

Temperatura de funcionamiento: 32-104 F / C 0-40

Béisbol, softbol, tenis Rango: 10-110 mph hasta 90 pies de distancia

Carreras de Coches (pilas): 10-200 MPH hasta 1500 pies de distancia

Precisión: +/- 1 mph (+/- 2 kilómetros por hora)

Operación: Apunta y dispara - cuenta con función de lectura continua

Unidades de velocidad: millas por hora (mph) y kilómetros por hora (kph)

GARANTÍA / REPARACIÓN - GARANTÍA LIMITADA

Su producto Bushnell está garantizado de estar libre de defectos en materiales y mano de obra durante dos años después de la fecha de compra. En el caso de un defecto bajo esta garantía, nosotros, a nuestra opción, reparación o sustituir el producto, siempre y cuando se devuelva con portes pagados. Esta garantía no cubre los daños causados por mal uso, manipulación indebida, instalación o mantenimiento realizados por alguien que un departamento de servicio autorizado de Bushnell.



+ANEXO 7 MATRIZ DE CONSISTENCIA DE LA INVESTIGACIÓN