

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

TESIS:

**INCIDENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS VÍAS AVENIDA
INDEPENDENCIA - JIRÓN SUCRE EN LA SEGURIDAD VIAL,
CAJAMARCA – 2018**

Para optar el Grado Académico de

MAESTRO EN CIENCIAS

MENCIÓN: INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN

Presentado por:

Bachiller: HOMER DANIEL SANGAY SANGAY

Asesor:

M.Cs. SERGIO MANUEL HUAMÁN SANGAY

Cajamarca – Perú

2021

COPYRIGHT © 2021 by
HOMER DANIEL SANGAY SANGAY
Todos los derechos reservados

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

TESIS APROBADA:

**INCIDENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS VÍAS AVENIDA
INDEPENDENCIA - JIRÓN SUCRE EN LA SEGURIDAD VIAL,
CAJAMARCA – 2018**

Para optar el Grado Académico de

MAESTRO EN CIENCIAS

MENCIÓN: INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN

Presentado por:

Bachiller: HOMER DANIEL SANGAY SANGAY

JURADO EVALUADOR

M.Cs. Sergio Manuel Huamán Sangay
Asesor

M.Cs. Marco Antonio Silva Silva
Jurado Evaluador

Dra. Yvone Katherine Fernández León
Jurado Evaluador

M.Cs. María Salomé De La Torre Ramírez
Jurado Evaluador

Cajamarca – Perú

2021



PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS

Siendo las 4:30 pm. horas del día 12 de marzo de dos mil veintiuno, reunidos a través de Gmeet meet.google.com/jjm-oyer-cuj, creado por la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el **M.Cs. MARCO ANTONIO SILVA SILVA**, **Dra. YVONNE KATHERINE FERNÁNDEZ LEÓN**, **M.Cs. MARÍA SALOMÉ DE LA TORRE RAMÍREZ**, y en calidad de Asesor el **M.Cs. SERGIO MANUEL HUAMÁN SANGAY**. Actuando de conformidad con el Reglamento Interno de la Escuela de Posgrado y la Directiva para la Sustentación de Proyectos de Tesis, Seminarios de Tesis, Sustentación de Tesis y Actualización de Marco Teórico de los Programas de Maestría y Doctorado, se dio inicio a la Sustentación de la Tesis titulada: **INCIDENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS VÍAS AVENIDA INDEPENDENCIA – JIRÓN SUCRE EN LA SEGURIDAD VIAL, CAJAMARCA – 2018**; presentada por el Bach. en Ing. Civil. **HOMER DANIEL SANGAY SANGAY**.

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó...**APROBAR**. con la calificación de dieciséis (16)...la mencionada Tesis; en tal virtud, el Bach. en Ing. Civil. **HOMER DANIEL SANGAY SANGAY**, está apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, con Mención en **INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

Siendo las 6 pm. horas del mismo día, se dio por concluido el acto.

.....
M.Cs. Sergio Manuel Huamán Sangay
Asesor

.....
M.Cs. Marco Antonio Silva Silva
Jurado Evaluador

.....
Dra. Yvonne Katherine Fernández León
Jurado Evaluador

.....
M.Cs. María Salomé De La Torre Ramírez
Jurado Evaluador

DEDICATORIA

A Dios por otorgarme una familia
maravillosa: mis padres, mi hermana y
Sandra, quienes son mi motivación y
soporte para todas las cosas que
emprendo, estoy infinitamente
agradecido de tenerlos en mi vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la vida y la salud, porque todo lo que tengo es de Él; a mi familia que me ha ayudado en este trabajo, a mi hermana Nancy que me apoyó en la realización de este estudio, a mis primos que me ayudaron en la toma de datos de campo, especialmente a Cristian Sangay, deseo de todo corazón que con la ayuda de Dios logre terminar la carrera que está iniciando; les expreso mi sincera gratitud, deseo que sigan mostrando bondad y apoyo a la familia, finalmente agradezco al director de la escuela de posgrado, los docentes y personal que fue parte de mi formación académica.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
CAPÍTULO 1.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.1.1. Contextualización.....	1
1.1.2. Descripción del problema.....	2
1.1.3. Formulación del problema.....	3
1.2. Justificación e importancia.....	3
1.3. Delimitación de la investigación.....	4
1.4. Limitaciones.....	4
1.5. Objetivos.....	5
1.5.1. Objetivo General.....	5
1.5.2. Objetivos Específicos.....	5

CAPÍTULO 2	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes de la investigación.....	6
2.1.1. <i>Antecedentes Internacionales</i>	6
2.1.2. <i>Antecedentes Nacionales</i>	9
2.1.3. <i>Antecedentes Locales</i>	10
2.2. Bases teóricas	11
2.2.1. <i>Diseño geométrico de vías</i>	11
2.2.1.1. <i>Diseño geométrico en planta</i>	11
2.2.1.2. <i>Diseño geométrico en perfil</i>	13
2.2.1.3. <i>Diseño geométrico en sección transversal</i>	13
2.2.2. <i>Criterios y controles para el diseño de vías</i>	15
2.2.2.1. <i>Clasificación de las vías</i>	15
2.2.2.2. <i>Características del tránsito</i>	16
2.2.3. <i>Clasificación de vías urbanas</i>	17
2.2.3.1. <i>Ancho de carriles para vías urbanas</i>	18
2.2.3.2. <i>Pendientes máximas para vías urbanas</i>	18
2.2.3.3. <i>Bombeo de la calzada</i>	19
2.2.4. <i>Metodología del índice de condición del pavimento para evaluación de pavimentos</i>	22
2.2.4.1. <i>Evaluación de la condición superficial del pavimento</i>	24
2.2.4.2. <i>División de las unidades de muestreo</i>	24
2.2.4.3. <i>Determinación de las unidades de muestreo para evaluación</i>	24
2.2.4.4. <i>Evaluación de la condición del pavimento</i>	25

2.2.4.5.	<i>Daños en vías con superficie de concreto asfáltico (ASTM D6433-07)</i>	26
2.2.4.6.	<i>Daños en vías con superficie de concreto hidráulico (ASTM D6433-07)</i>	34
2.2.5.	<i>Índices de accidentalidad vehicular</i>	41
2.2.5.1.	<i>Frecuencia</i>	42
2.2.5.2.	<i>Tasa de accidentes de tránsito</i>	43
2.2.5.3.	<i>Severidad</i>	44
2.2.5.4.	<i>Sitios críticos</i>	45
2.3.	Marco conceptual.....	46
2.4.	Definición de términos básicos.....	47
CAPÍTULO 3		49
PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES		49
3.1.	Hipótesis.....	49
3.2.	Variables/categorías.....	49
3.3.	Operacionalización / categorización de los componentes de las hipótesis.....	49
CAPÍTULO 4		50
MARCO METODOLÓGICO		50
4.1.	Ubicación geográfica.....	50
4.2.	Diseño de la investigación.....	50
4.3.	Métodos de investigación.....	51
4.4.	Población, muestra, unidad de análisis y unidades de observación.....	52
4.5.	Técnicas e instrumentos de recopilación de información.....	53
4.6.	Técnicas para el procesamiento y análisis de información.....	53

4.7.	Equipos, materiales e insumos.	53
4.8.	Matriz de consistencia metodológica.....	54
CAPÍTULO 5		55
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		55
5.1.	Datos de la vía en estudio.....	55
5.1.1.	<i>Características de las vías de estudio.</i>	<i>55</i>
5.1.2.	<i>Estudio del tránsito.....</i>	<i>61</i>
5.1.2.1.	<i>Cálculo de la tasa de crecimiento para proyección de tráfico</i>	<i>64</i>
5.1.2.2.	<i>Producto bruto interno para proyección de tráfico</i>	<i>65</i>
5.1.3.	<i>Clasificación de las vías de estudio.....</i>	<i>68</i>
5.1.4.	<i>Consistencia del diseño geométrico</i>	<i>68</i>
5.2.	Determinación del índice de condición del pavimento de la avenida Independencia y el jirón Sucre.	70
5.3.	Accidentalidad vehicular	71
5.4.	Accidentalidad por tipo de evento	73
5.5.	Accidentalidad por gravedad de suceso.....	74
5.6.	Puntos críticos	75
5.7.	Medición de la frecuencia de los accidentes	75
5.8.	Determinación de los índices de accidentalidad.....	78
5.9.	Análisis de la accidentalidad y las características de la vía.....	80
5.10.	Análisis, interpretación y discusión de resultados	81
5.11.	Contrastación de hipótesis.....	84

CONCLUSIONES	85
RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS	86
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
ANEXOS	91
ANEXO 01. Formato de exploración de la condición por unidad de muestra para pavimentos rígidos.....	92
ANEXO 02. Vista satelital de las vías en estudio.....	93
ANEXO 03. Accidentes de tránsito registrados en la Primera comisaría - Policía Nacional de Perú.....	94
ANEXO 04. Panel fotográfico.....	101
ANEXO 05. Planos.....	114
Ubicación del estudio.....	115
Localización del estudio.....	116
Planta y perfil Av. Independencia KM 0+000 – 1+000.....	117
Planta y perfil Av. Independencia KM 1+000 – 2+000.....	118
Planta y perfil Av. Independencia KM 2+000 – 2+364.....	119
Planta y perfil Jr. Sucre KM 0+000 – 0+400.....	120
Ubicación de accidentes mediante pines Av. Independencia KM 0+000 - 1+000.....	121
Ubicación de accidentes mediante pines Av. Independencia KM 1+000 - 2+000.....	122
Ubicación de accidentes mediante pines Jr. Sucre KM 0+000 - 0+400.....	123
Plano de sentido de circulación vehicular KM 0+000 – 1+000.....	124
Plano de sentido de circulación vehicular KM 1+000 – 2+000.....	125
Plano de sentido de circulación vehicular jirón sucre KM 0+000 – 0+400.....	126

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Longitud de tramos en tangente</i>	12
Tabla 2 <i>Pendientes máximas según la velocidad</i>	13
Tabla 3 <i>Anchos mínimos de calzada en tangente</i>	14
Tabla 4 <i>Clasificación de carreteras por su demanda</i>	15
Tabla 5 <i>Clasificación de carreteras por su orografía</i>	15
Tabla 6 <i>Ancho de carril para vías urbanas</i>	18
Tabla 7 <i>Pendientes máximas para vías urbanas</i>	19
Tabla 8 <i>Bombeo de la calzada</i>	19
Tabla 9 <i>Parámetros de diseño vinculados a la clasificación de vías urbanas</i>	20
Tabla 10 <i>Rangos de calificación del PCI</i>	23
Tabla 11 <i>Tipo de falla: Peladuras</i>	26
Tabla 12 <i>Tipo de falla: Exudación de asfalto</i>	27
Tabla 13 <i>Tipo de falla: Baches</i>	27
Tabla 14 <i>Tipo de falla: Desintegración de bordes</i>	28
Tabla 15 <i>Tipo de falla: Hundimiento</i>	29
Tabla 16 <i>Tipo de falla: Corrugaciones y desplazamientos</i>	29
Tabla 17 <i>Tipo de falla: Ahuellamiento</i>	30
Tabla 18 <i>Tipo de falla: Fisuramiento longitudinal</i>	30
Tabla 19 <i>Tipo de falla: Fisuramiento transversal</i>	31
Tabla 20 <i>Tipo de falla: Fisuramiento de borde</i>	32
Tabla 21 <i>Tipo de falla: Fisuramiento en bloque</i>	32
Tabla 22 <i>Tipo de falla: Fisuramiento piel de cocodrilo</i>	33
Tabla 23 <i>Tipo de falla: Fisuramiento por reflexión de juntas</i>	34
Tabla 24 <i>Tipo de falla: Grietas de esquina</i>	35
Tabla 25 <i>Tipo de falla: Losa dividida</i>	35
Tabla 26 <i>Tipo de falla: Escalamientos</i>	36

Tabla 27 <i>Tipo de falla: Daño del sello de la junta</i>	36
Tabla 28 <i>Tipo de falla: Agrietamientos Lineales</i>	37
Tabla 29 <i>Tipo de falla: Parches</i>	37
Tabla 30 <i>Tipo de falla: Baches</i>	38
Tabla 31 <i>Tipo de falla: Grietas de contracción</i>	38
Tabla 32 <i>Tipo de falla: Punzonamiento</i>	39
Tabla 33 <i>Tipo de falla: Escamadura de esquina</i>	39
Tabla 34 <i>Tipo de falla: Escamadura de junta</i>	40
Tabla 35 <i>Niveles de severidad para escamadura de junta</i>	40
Tabla 36 <i>Operacionalización de variables</i>	49
Tabla 37 <i>Matriz de consistencia metodológica</i>	54
Tabla 38 <i>Elementos de curva del alineamiento horizontal de la avenida Independencia</i> . 55	
Tabla 39.....	56
Tabla 40 <i>Características de la avenida Independencia en sección transversal</i>	56
Tabla 41 <i>Elementos de curva del alineamiento vertical – avenida Independencia</i>	59
Tabla 42 <i>Pendientes del alineamiento vertical – avenida independencia</i>	59
Tabla 43 <i>Características en sección transversal - jirón sucre</i>	60
Tabla 44.....	60
Tabla 45 <i>Conteo de tráfico de la avenida Independencia y jirón Sucre de la ciudad de Cajamarca</i>	61
Tabla 46 <i>Tránsito vehicular promedio diario de la semana de conteo</i>	62
Tabla 47 <i>Tránsito promedio diario anual</i>	63
Tabla 48 <i>Distribución porcentual de la población censada año 2007 y 2017</i>	64
Tabla 49 <i>Variación porcentual de Valor Agregado Bruto por año según actividades económicas</i>	65
Tabla 50 <i>Proyección del tránsito</i>	66
Tabla 51 <i>Tránsito promedio diario (TPD)</i>	66
Tabla 52 <i>Consistencia del diseño geométrico</i>	69

Tabla 53 <i>Índice de Condición del Pavimento (PCI) para la vía con superficie de rodadura de concreto asfáltico (avenida Independencia).</i>	70
Tabla 54 <i>Índice Condición del Pavimento (PCI) para la vía con superficie de rodadura de concreto hidráulico (jirón Sucre).</i>	71
Tabla 55 <i>Accidentalidad vehicular de los años 2014 - 2017.</i>	71
Tabla 56 <i>Número de accidentes por tipo de evento</i>	73
Tabla 57 <i>Valores de $\mu+k\sigma$ con $k=1$ para la determinación de la frecuencia crítica de accidentalidad.</i>	76
Tabla 58 <i>Frecuencia de accidentabilidad</i>	77
Tabla 59 <i>Índices de accidentalidad IPat, IPav, Is</i>	79
Tabla 60 <i>Sitios críticos</i>	80
Tabla 61 <i>Análisis de la accidentalidad y las características de la vía.</i>	80
Tabla 62 <i>Incidencia de las características de la vía en la accidentalidad vehicular.</i>	81
Tabla 63 <i>Accidentes de tránsito registrados en la primera comisaría - Policía Nacional de Perú - Cajamarca I 2013-2017 (avenida Independencia).</i>	94
Tabla 64 <i>Accidentes de tránsito registrados en la primera comisaría - Policía Nacional de Perú - Cajamarca I 2013-2017 (jirón Sucre).</i>	98

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Rangos de velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía DG-2018.	17
<i>Figura 2.</i> Software UnalPCIA y UnalPCIC.....	41
<i>Figura 3.</i> Variación de vehículos por día.....	67
<i>Figura 4.</i> Porcentaje vehicular por tipo de vehículo.....	67
<i>Figura 5.</i> Accidentalidad vehicular 2014-2017	72
<i>Figura 6.</i> Accidentalidad general por evento	74
<i>Figura 7.</i> Accidentalidad general por suceso	74
<i>Figura 8.</i> Vista en planta de la avenida Independencia y jirón Sucre.	93

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo de determinar la incidencia de las características geométricas de la avenida Independencia y jirón Sucre de la ciudad de Cajamarca, en la seguridad vial; se inició con un análisis basado en la determinación de las características actuales de la vía y la contrastación mediante las normas de diseño geométrico; además, se hizo el estudio de tránsito, evaluación del estado del pavimento mediante el método de índice de condición de pavimento (PCI) y la determinación de los índices de accidentalidad vehicular. Luego del análisis, se determinó que las características de la vía inciden en 66.67% en los accidentes de tránsito; del mismo modo, las características geométricas de las vías cumplen con las normas de diseño geométrico, a excepción de la primera cuadra del jirón Sucre, que tiene pendiente de 13.16%; el pavimento flexible de la avenida Independencia presenta fallas de tipo: piel de cocodrilo, hundimientos, baches, grietas longitudinales de severidad alta; y el pavimento rígido del jirón Sucre presenta grietas de esquina, losas divididas, daño del sello en las juntas, grietas lineales, escamaduras de esquina y punzonamientos de severidad alta. Además, se obtuvo información de los registros de accidentes de tránsito de la Policía Nacional del Perú, con lo cual se determinó que las progresivas 0+000 - 0+100, 1+200 – 1+300, 1+400 - 1+500, 2+100 – 2+200 de la avenida Independencia y 0+000 – 0+98.24, 0+198.35 – 0+299.12 del jirón Sucre, son sitios críticos de ocurrencia de accidentes de tránsito.

Palabras Clave: pavimentos, accidentalidad, tránsito, fallas

ABSTRACT

The present investigation was carried out with the objective of determining the incidence of the geometric characteristics of Avenida Independencia and Jirón Sucre in the city of Cajamarca, on road safety; It began with an analysis based on the determination of the current characteristics of the road and the contrast using geometric design standards; In addition, a traffic study was carried out, evaluation of the state of the pavement using the pavement condition index (PCI) method and the determination of the vehicle accident rates. After the analysis, it was determined that the characteristics of the road affect 66.67% in traffic accidents; in the same way, the square characteristics of the roads comply with the geometric design standards, an exception of the first one of the Sucre shred, which has a slope of 13.16%; the flexible pavement of Avenida Independencia has faults of the type: crocodile skin, subsidence, potholes, longitudinal cracks of high severity; and the rigid pavement of Jirón Sucre exhibits corner cracks, split slabs, seal damage at joints, linear cracks, corner flakes, and high severity punctures. In addition, information was obtained from the traffic accident records of the Peruvian National Police, with which it was determined that the progressive 0 + 000 - 0 + 100, 1 + 200 - 1 + 300, 1 + 400 - 1 + 500 , 2 + 100 - 2 + 200 from Avenida Independencia and 0 + 000 - 0 + 98.24, 0 + 198.35 - 0 + 299.12 from Jirón Sucre, are critical sites for the occurrence of traffic accidents.

Keywords: pavements, accidents, transit, faults,

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

1.1.1. Contextualización

Según la Organización Mundial de la Salud (2018), cada año, cerca de 1,3 millones de personas fallecen a raíz de un accidente de tránsito, más de 3000 defunciones diarias, entre 20 millones y 50 millones de personas, sufren traumatismos no mortales provocados por accidentes de tránsito, y tales traumatismos constituyen una causa de discapacidad en todo el mundo. El 90% de las defunciones por accidentes de tránsito tienen lugar en los países de ingresos bajos y medianos, donde se halla menos de la mitad de los vehículos matriculados en todo el mundo. Según las previsiones, si no se adoptan medidas inmediatas y eficaces, dichos traumatismos se convertirán en la quinta causa mundial de muerte, con unos 2,4 millones de fallecimientos anuales. Esto se debe, en parte, al rápido aumento del mercado de vehículos de motor, sin que haya mejoras suficientes en las estrategias de seguridad vial.

De acuerdo a los datos estadísticos de la Policía Nacional del Perú (2017), muestra que en el Perú fallecen diez personas cada veinticuatro horas por accidentes de tránsito, evidenciando un necesario replanteamiento en la seguridad vial enfocada en las principales causas que se han registrado, que muestran a la vía como un factor principal de ocurrencia de accidentes de tránsito.

Para conocer la incidencia de la vía en los accidentes de tránsito, en la presente investigación se realizó el análisis de las características geométricas, el estado actual del pavimento y los accidentes de tránsito ocurridos en la avenida Independencia y jirón Sucre desde el año 2014 hasta el 2017, donde se identificó las zonas críticas de ocurrencia de accidentes de tránsito; información que servirá, primeramente para conocer los factores referidos a la infraestructura vial que influyen en los accidentes de tránsito, y como

antecedente para el diseño de vías; finalmente, tomar medidas preventivas para mejorar la seguridad vial.

1.1.2. Descripción del problema

En nuestro país el índice de lesiones por accidentes de tránsito es muy elevado, en el año 2017 se registraron 36 853 lesionados y va en aumento, para el año 2018 se registraron 38 323 lesionados, siendo el departamento de Lima el que tiene la mayor cantidad de lesionados (37.29%) de los 24 departamentos del Perú, y el departamento de Cajamarca ocupa el onceavo lugar según los registros del Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades del Perú. (Ministerio de Salud, 2019)

Vásquez (2017) proporciona datos estadísticos de la Policía Nacional del Perú, donde se cataloga dos causas de accidentes de tránsito atribuibles a una vía que son: la pista en mal estado y la señalización defectuosa teniendo un porcentaje de 2.9% dentro de una clasificación de 12 causas de accidentes”(p. 6) y en los registros de accidentes de las comisarías de la Policía Nacional del Perú de la ciudad de Cajamarca, existe información sobre los accidentes de tránsito, ocurridos en las diversas avenidas de la ciudad, dejando consecuencias fatales: como es el caso de la avenida Héroes del Cenepa donde registra la muerte de 11 personas, entre los años 2015 al 2017.

En la ciudad de Cajamarca, la avenida Héroes del Cenepa, es una vía de ingreso a la ciudad, presenta elevado flujo vehicular; en esta vía se han suscitado accidentes de tránsito con consecuencias fatales, razón por la cual, se restringió la circulación en sentido descendente de la vía; de ahí que, actualmente se tiene como única vía de ingreso por la parte sur a nuestra ciudad, la avenida Independencia y jirón Sucre, donde se llevó a cabo la investigación.

Debido a la limitación de tránsito vehicular en sentido descendente de la avenida Héroes del Cenepa por donde era el ingreso y salida de gran cantidad de vehículos, ha

generado que dichos vehículos estén haciendo uso de la avenida Independencia y jirón Sucre; además, en estas vías se tiene registrado en la primera comisaría de Cajamarca de la Policía Nacional del Perú, 182 accidentes de tránsito desde el año 2014 hasta el 2017, como se observa en las tablas del anexo 3; estos accidentes han ocasionado daños materiales y daños físicos a personas; en el año 2017 se han incrementado a 59 la cantidad de accidentes registrados en dichas vías. Estos accidentes están clasificados de la siguiente manera: choques, despistes y atropellos. (Policía Nacional del Perú, 2017)

1.1.3. Formulación del problema

Pregunta general

¿Cuál es la incidencia de las características de las vías avenida Independencia y jirón Sucre en la seguridad vial, Cajamarca - 2018?

Preguntas auxiliares

- ¿Cuáles son las características geométricas de las vías avenida Independencia y jirón Sucre?
- ¿Cuál es el estado actual del pavimento de las vías avenida Independencia y jirón Sucre?
- ¿Cuáles son los sitios de mayor ocurrencia de accidentes de tránsito de las vías avenida Independencia y jirón Sucre?

1.2. Justificación e importancia

Esta investigación se realizó con el propósito de aportar conocimiento sobre las deficiencias de la vía avenida Independencia y jirón Sucre con respecto a la seguridad vial, lo cual se denota mediante la accidentabilidad vehicular, esto generará conocimiento en la influencia de las características de la vía en la accidentalidad vehicular, criterios que se deben considerar en la realización del diseño de carreteras y vías urbanas, contribuyendo a mejorar la seguridad de circulación en las vías.

La identificación de las fallas en cada una de las vías estudiadas en la presente tesis, contribuirá para la realización de proyectos de mejoramiento de las vías, este análisis realizado detalla la ubicación de los tramos deteriorados de las vías que deberían ser atendidos para mejorar la circulación vehicular.

El estudio realizado también abarca la determinación de los índices de accidentalidad vehicular y la recopilación de datos estadísticos de los accidentes de tránsito registrados en la comisaría de la Policía Nacional del Perú, que son importantes, para localizar las zonas críticas de ocurrencia de accidentes de tránsito.

1.3. Delimitación de la investigación

En la presente tesis se analizó las características geométricas de las vías: avenida Independencia desde la avenida Héroes del Cenepa, punto donde se estableció la progresiva inicial km 0+000, continuando con el jirón Sucre desde la cuadra 1 hasta la intersección con la avenida Atahualpa (como se muestra en el plano de ubicación del anexo 5), en este estudio se realizó la evaluación de la vía y se analizaron los datos de accidentes de tránsito recopilados desde el año 2014 hasta el año 2017, y así conocer la incidencia de las características de las vías en la seguridad vial.

1.4. Limitaciones

En las comisarías de la Policía Nacional del Perú, de la ciudad de Cajamarca, no se tiene registro de accidentes de tránsito posteriores al año 2013; por lo que, se ha trabajado con datos estadísticos desde el año 2013 hasta el año 2017, donde se tiene información detallada de los accidentes registrados en las comisarías de la Policía Nacional del Perú de la ciudad de Cajamarca, además la información correspondiente al último semestre del año 2018 en adelante no está actualizada en su base de datos hasta el momento.

Este estudio sólo contempló el análisis de las características geométricas y el estado del pavimento para ver la incidencia en la accidentabilidad vehicular; no se consideró las velocidades de operación y las expectativas del conductor.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Determinar la incidencia de las características de las vías avenida Independencia - jirón Sucre en la seguridad vial, Cajamarca - 2018.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Determinar las características geométricas de las vías avenida Independencia y jirón Sucre.
- Evaluar el estado actual del pavimento de las vías avenida Independencia y jirón Sucre.
- Identificar las zonas críticas de ocurrencia de accidentes de tránsito de las vías avenida Independencia y jirón Sucre.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

De la revisión bibliográfica efectuada sobre accidentes de tránsito atribuibles a las características de las vías, se ha encontrado estudios de diferentes vías en otros países, las cuales se presentan en los siguientes párrafos:

Asprilla, Gutiérrez y Córdoba (2014), en su investigación sobre la Influencia que tienen los elementos de la infraestructura en la seguridad vial, analizó la accidentalidad del tramo Guaduas-Villeta del departamento de Cundinamarca (Colombia) y explica que en los accidentes de tránsito influyen tres factores: el conductor, el vehículo y la infraestructura de la vía, siendo éste último motivo de análisis, asimismo los elementos relevantes para analizar son: el ancho de carril, la presencia y ancho de bermas y medianas, el alineamiento horizontal y vertical de la carretera y la señalización, además menciona que de acuerdo con la International Road Assessment Programme (IRAP) (Programa Internacional de Evaluación de Carreteras), para evaluar los elementos que influyen en el nivel de seguridad vial de una carretera, estos deben ser analizados dentro de los siguientes grupos: características de la vía, geometría de la vía, estado de la vía, características de las intersecciones, severidad y flujos.

En los estudios sobre caracterización de accidentalidad vehicular, se presenta un aspecto de vital importancia en el contexto de la investigación sobre seguridad vial, que es, establecer las causas de la accidentalidad, para determinar el peso de los elementos componentes del sistema de seguridad vial, y accionar sobre ellas con el propósito de eliminar o disminuir sus efectos de la accidentalidad. Con objetivos similares, diferentes autores emplearon distintas técnicas investigativas, como es el caso del estudio realizado en las carreteras de la provincia de Villa Clara en Cuba, donde

se realizó la caracterización de la accidentalidad vehicular a partir de los análisis de reportes de accidentes de tránsito y utilizando índices de accidentalidad vehicular, lo que permitió determinar las carreteras de mayor peligrosidad y ordenar tramos en función a la seguridad vial. Se destaca el uso de análisis de documentos oficiales, entrevistas, encuestas; para determinar las causas de accidentalidad; dentro de las causas relacionadas con la carretera, se determinó tres aspectos: diseño de la vía, que alcanza un 20.4% de los accidentes relacionados con la carretera; el tránsito caracterizado por los flujos de vehículos que representa el 9.1% de los accidentes causados por la vía y el estado del pavimento que fue el aspecto con mayor porcentaje de incidencia con 70.5%. (García, Delgado, Díaz, & García, 2012)

Díaz (2017), en su estudio sobre la identificación de factores que afectan la severidad de los accidentes de tráfico en la ciudad de Cartagena, examinaron tres niveles de severidad: fatal, lesión y daños materiales, indentificaron algunos factores de riesgo que afectan los niveles de gravedad: el vehículo, la infraestructura vial, el tráfico, hora y fecha, además muestran que al comparar la cantidad de accidentes de carreteras interprovinciales, vías rurales y vías urbanas, esta última tiene el 93.57% de los accidentes de tránsito ocurrido en Colombia y determinaron que los elementos más significativos que aumentan los accidentes fatales son la presencia de vías colectoras, vehículos pesados y el uso del suelo industrial por los peatones (pp. 53-56).

En la evaluación de la seguridad vial en intersecciones basada en el análisis cuantitativo de conflictos entre vehículos de la provincia de Talagante de la región metropolitana de Santiago de Chile, se indica que la influencia de las características de la vía en los accidentes no se debe a un solo parámetro; debido a las distintas necesidades de los posibles usuarios de la vía, por esta razón se debe analizar una combinación de varios o las variaciones según los tramos, para alcanzar una óptima seguridad, dentro de las características de la vía que influyen en la seguridad vial se menciona: las secciones transversales, trazado en planta, estado del pavimento, diseño

de los márgenes y nudos refiriéndose a las zonas donde concurren varias vías o intersecciones que constituyen puntos críticos, ya que por ellos pasan vehículos con distintas trayectorias, originándose puntos de conflicto en donde estos se encuentren. (Torres, 2012)

Gómez, Escobar y Urazán (2017), en su estudio sobre la relación técnica entre seguridad vial, accidentabilidad y lineamientos de diseño geométrico de la vía Manizales – Neira del país de Colombia, basado en los registros de accidentes de tránsito de los años 2014 al 2016 y las características geométricas actuales de la vía mencionada, realizaron el inventario de los accidentes de tránsito por medio de la base de datos de la secretaría de tránsito y transporte de Manizales donde registran la fecha, gravedad y ubicación del accidente para poder localizar puntos críticos que son atribuibles al pavimento deteriorado y el incumplimiento de las dimensiones mínimas para carreteras del manual de diseño geométrico INVIAS, donde se evidenció que hay gran porcentaje de incumplimiento de las normas de diseño, y se encontró 5 puntos de la vía clasificados como críticos que demuestran que hay mayor probabilidad de accidentes; sostienen que este estudio es de gran importancia para tomar acciones estratégicas para disminuir y sobre todo prevenir accidentes de tránsito, de tal manera que se pueda mejorar la seguridad vial de los usuarios de dicha vía.

Atauchi y Quispe (2019), en su investigación sobre el análisis de la influencia de las características geométricas, dispositivos de control e intensidad del tránsito en la accidentabilidad de la carretera Nacional PE-3S, obtuvo como resultados, que la metodología peruana de diseño de pavimentos es cualitativa y solo realiza un análisis general de la vía, ya que las vías estudiadas no cumplían con las características geométricas que eviten la ocurrencia de accidentes, las vías están diseñadas sin tomar en cuenta lo que puede ocasionar accidentes de tránsito, y proponen para diseño de carreteras, el uso de metodologías que considere la frecuencia de accidentes de acuerdo a las condiciones de la vía, para obtener un factor de calibración de los tramos

de vía, con el fin de reducir la cantidad de accidentes esperado y mitigar el problema de accidentabilidad.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

En el estudio realizado por los miembros de la Adjuntía del Medio Ambiente y Servicios Públicos de la defensoría del Pueblo sobre la supervisión de las condiciones de infraestructura vial en puntos críticos de accidentes de tránsito en los distritos de Lima y Callao, donde inspeccionaron las condiciones para el tránsito de peatones y conductores en 245 puntos de Lima y Callao, 226 de estos resultaron ser zonas de mayor incidencia de accidentes de tránsito y los otros 19 aún no constituían puntos críticos pero presentaban varias características que podrían ser un factor desencadenante de accidentes de tránsito; esto refleja los aspectos deficientes de las vías, especialmente en aquellos puntos críticos de accidentes de tránsito que deben ser atendidos para prevenir la ocurrencia de accidentes de tránsito; y así contribuir a una visión inclusiva, con espacios públicos, calles, veredas y pistas con condiciones adecuadas para el desplazamiento seguro de toda la población. (Montoya & Avendaño, 2015)

Arias (2019), en su investigación de las características geométricas de la vía Puno – Laraquerí y su incidencia en los accidentes de tránsito, identificó siete tramos de concentración de accidentes ocurrido desde el año 2017 hasta el 2018 , mediante la metodología de evaluación de la Research Board de los Estados Unidos, que consistió en determinar la tasa, calidad de la tasa, número de accidentes y su localización para verificar las características de la vía con los tramos de alta tasa de accidentes de tránsito, y concluyeron que en dichos tramos, los anchos de calzada, bermas y radio mínimo de curvatura incumplen los valores mínimos que indica la norma de Diseño Geométrico DG-2018.

En el estudio elaborado por la Secretaría Técnica del Consejo de Transporte de Lima y Callao sobre la evaluación del tránsito y la seguridad vial en la intersección de la Panamericana Norte y Av. Próceres – Lima Norte Perú 2009, se realizó la evaluación de tránsito y seguridad vial en la intersección de dos avenidas de la ciudad, debido a la problemática de accidentes de tránsito en la zona, se centró principalmente en analizar el aspecto físico de la carretera como el estado del pavimento, la señalización de seguridad vial, el estudio de tráfico vehicular y análisis de giros de los vehículos en la zona. Los principales riesgos encontrados se deben al mal estado de la vía y la señalización de seguridad vial, en el caso del factor humano se observa que incumplen las normas de seguridad vial arriesgando su integridad. Finalmente se establece acciones de mejora que son principalmente en base a la infraestructura de la carretera tales como, reemplazo de señales de seguridad en mal estado, mejora de la calzada e inclusión de elementos de control para el factor humano, como cambios en la ubicación de paraderos y colocación de barandas de corte de flujo de peatones; para ello crea un programa de costos y beneficios donde explica las mejoras a conseguir para la seguridad vial en este tramo evaluado. (Secretaría Técnica del Consejo de Transportes de Lima y Callao, 2009)

2.1.3. Antecedentes Locales

Según Medina (2016), en su estudio de los efectos del diseño geométrico sobre la seguridad vial utilizando la norma DG-2013 en la carretera Cajamarca – Bambamarca, determinó que la vía estudiada presenta mayor índice de inseguridad en las curvas horizontales, ya que 8 curvas de la carretera estudiada no cumplen con la banqueta de visibilidad y ninguno de los tramos rectos llega a cumplir con la distancia mínima de visibilidad de adelantamiento, finalmente concluyó que las características de la carretera no están de acuerdo a la normatividad vigente, y como consecuencia afirma que la vía no presenta las condiciones necesarias para un tráfico seguro.

En el estudio sobre los accidentes de tránsito y la relación con las características geométricas de la avenida Héroes del Cenepa de la ciudad de Cajamarca, identificaron los tipos de accidentes y sus causas, con lo cual determinaron que el diseño geométrico incide 75% en la causalidad de los accidentes de tránsito, de los cuales la mayoría son por la elevada pendiente y concluyó que la vía no cumple con los parámetros mínimos de diseño que garanticen seguridad en el tránsito peatonal como vehicular de dicha vía. (Villacorta, 2018)

Chingay (2017), en su tesis sobre las características geométricas de la carretera Sunuden – San Miguel para la seguridad vial en base a la norma de diseño geométrico DG-2014, verificó los parámetros de planta, perfil y secciones transversales, y al realizar la comparación con la norma de diseño geométrico DG-2014, verificó que en algunos tramos de la carretera no se cumple los valores mínimos de las dimensiones en tangente, curvas, sobreelevaciones y peraltes establecidos en la norma, y determinó que el nivel de seguridad para la vía estudiada es 57.66%, lo que califica a dicha vía como carretera insegura.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Diseño geométrico de vías

Al definir la geometría de la vía, no debe perderse de vista que el objetivo es diseñar una carretera que reúna las características apropiadas, con dimensiones y alineamientos tales que su capacidad resultante satisfaga la demanda del proyecto, dentro del marco de la viabilidad económica, capacidad y niveles de servicio. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

2.2.1.1. Diseño geométrico en planta

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, asimismo entre dos curvas circulares de curvatura diferente. El alineamiento horizontal debe permitir la operación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad de diseño en la mayor longitud de carretera que sea posible. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

2.2.1.1.1 Longitud de tramos en tangente

Son tramos rectos de la vía que unen las curvas, la longitud de tangente máxima o demasiado cortas condicionan la seguridad, y son causa potencial de accidentes.

Tabla 1

Longitud de tramos en tangente

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

Nota: L mín.s : Longitud mínima (m) para trazados en "S" (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura de sentido contrario).

L mín. o: Longitud mínima (m) para el resto de casos (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura del mismo sentido).

L máx: Longitud máxima deseable (m).

V: Velocidad de diseño (km/h).

Fuente: Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG-2018.

2.2.1.2. Diseño geométrico en perfil

El diseño geométrico en perfil o alineamiento vertical, está constituido por una serie de rectas enlazadas por curvas verticales parabólicas, a los cuales dichas rectas son tangentes; en cuyo desarrollo, el sentido de las pendientes se define según el avance del kilometraje, en positivas, aquellas que implican un aumento de cotas y negativas las que producen una disminución de cotas. El alineamiento vertical deberá permitir la operación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad de diseño en la mayor longitud de carretera que sea posible. En general, el relieve del terreno es el elemento de control del radio de las curvas verticales que pueden ser cóncavas o convexas, y el de la velocidad de diseño. Las curvas verticales entre dos pendientes sucesivas permiten lograr una transición paulatina entre pendientes de distinta magnitud y/o sentido, eliminando el quiebre de la rasante. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

Tabla 2

Pendientes máximas según la velocidad

Demanda	Carretera				Carretera				Carretera			
Vehículos/día	4000-2001				2000-400				< 400			
Características	Primera clase				Segunda clase				Tercera clase			
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
velocidad de diseño	30 km/h										10	10
	40 km/h							9	8	9	10	
	50 km/h			7	7			8	9	8	8	8
	60 km/h	6	6	7	7	6	7	8	9	8	8	
	70 km/h	6	6	7	7	6	6	7		7	7	
	80 km/h	6	6	6		6	6			7	7	
	90 km/h	5	5			6				6	6	
	100 km/h	5				6						

Fuente: Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG-2018.

2.2.1.3. Diseño geométrico en sección transversal

El diseño geométrico de la sección transversal, consiste en la descripción de los elementos de la vía en un plano de corte vertical normal al alineamiento horizontal, el

cual permite definir la disposición y dimensiones de dichos elementos, en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural. La sección transversal varía de un punto a otro de la vía, ya que resulta de la combinación de los distintos elementos que la constituyen, cuyos tamaños, formas e interrelaciones dependen de las funciones que cumplan y de las características del trazado además del terreno. El elemento más importante de la sección transversal es la zona destinada a la superficie de rodadura o calzada, cuyas dimensiones deben permitir el nivel de servicio previsto en el proyecto, sin perjuicio de la importancia de los otros elementos de la sección transversal, tales como bermas, aceras, cunetas, taludes y elementos complementarios. En zonas de concentración de personas, comercio y/o tránsito de vehículos menores, maquinaria agrícola, animales y otros, la sección transversal debe ser proyectada de tal forma que constituya una solución de carácter integral a tales situaciones extraordinarias, y así posibilitar, que el tránsito por la carretera se desarrolle con seguridad. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

Tabla 3

Anchos mínimos de calzada en tangente

Demanda	Carretera				Carretera				Carretera			
Vehículos/día	4000-2001				2000-400				< 400			
Características	Primera clase				Segunda clase				Tercera clase			
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
30 km/h											6.00	6.00
40 km/h								6.60	6.60	6.60	6.00	
50 km/h			7.20	7.20			6.60	6.60	6.60	6.60	6.00	
60 km/h	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60	6.60	6.60	6.60		
70 km/h	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60		6.60	6.60		
80 km/h	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20			6.60	6.60		
90 km/h	7.20	7.20			7.20				6.60	6.60		
100 km/h	7.20				7.20							

Fuente: Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG-2018.

2.2.2. Criterios y controles para el diseño de vías

2.2.2.1. Clasificación de las vías

a. Por su demanda

Las vías de las carreteras del Perú en función a su demanda de flujo vehicular se clasifican de la siguiente manera:

Tabla 4

Clasificación de carreteras por su demanda

TIPO	DESCRIPCIÓN
Autopistas de Primera Clase	Carreteras con Índice Medio Diario Anual (IMDA) mayor a 6000 veh./día.
Autopistas de Segunda Clase	Carreteras con un IMDA entre 6.000 y 4001 veh./día
Carretera de primera clase	Carreteras con IMDA entre 4 000 y 2 001 veh./día
Carretera de segunda clase	Carreteras con IMDA entre 2000 y 400 veh./día
Carretera de tercera clase	Carreteras con IMDA menores a 400 veh./día
Trochas carrozables	Tienen un IMDA menor a 200 veh./día

Fuente: Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG-2018.

b. Por su orografía

Tabla 5

Clasificación de carreteras por su orografía

TIPO	DESCRIPCIÓN
Terreno plano tipo 1	Pendiente longitudinal < 3%, pendiente transversal menor o igual a 10%.
Terreno ondulado tipo 2	Pendiente longitudinal entre 3 y 6%, pendiente transversal entre 11% y 50%.
Terreno accidentado tipo 3	Pendiente longitudinal entre 6% y 8%, pendiente transversal entre 51% y 100%.
Terreno escarpado tipo 4	Pendiente longitudinal superiores al 8%, pendiente transversal superior al 100%.

Fuente: Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG-2018.

2.2.2.2. Características del tránsito

a. Índice medio diario anual (IMDA)

La intensidad diaria media anual (IMDA) se utiliza para la proyección de vías, programas de acondicionamiento de pavimentos, determinación de uso de vías, determinación de características geométricas de carácter general, entre otros, y representa el promedio aritmético de los volúmenes diarios para todos los días del año, previsible o existente en una sección de la vía. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

b. Crecimiento del tránsito

Para que una vía se comporte adecuadamente para la vida útil para la cual se diseña se debe proyectar el volumen de tráfico que es probable que ocurra en la vida útil del proyecto. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

A continuación, se establece la metodología para el estudio de la demanda de tránsito:

$$T_n = T_0(1 + r)^n \quad \dots\dots\dots \text{Ecuación 1}$$

Donde:

- T_n: Proyección de tráfico en años “n”.
- T₀: Tránsito actual (año base).
- r: tasa de crecimiento anual por tipo de vehículo.
- n: número de años.

c. Velocidad de diseño

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. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

Clasificación	Orografía	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											

Figura 1. Rangos de velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía DG-2018.

2.2.3. Clasificación de vías urbanas

El sistema de clasificación planteado por el Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas (2005) es aplicable a todo tipo de vías públicas urbanas terrestres, ya sean calles, jirones, avenidas, alamedas, plazas, malecones, paseos, destinados al tráfico de vehículos, personas y/o mercaderías; habiéndose considerado los siguientes criterios:

- Funcionamiento de la red vial.
- Tipo de tráfico que soporta.
- Uso del suelo colindante (acceso a los lotes urbanizados y desarrollo de establecimientos comerciales).
- Espaciamiento (considerando a la red vial en su conjunto).

- Nivel de servicio y desempeño operacional.
- Características físicas.
- Compatibilidad con sistemas de clasificación vigentes.

La clasificación adoptada considera cuatro categorías principales: Vías expresas, arteriales, colectoras y locales.

2.2.3.1. Ancho de carriles para vías urbanas

El ancho de carril para vías urbanas depende del tipo de vía de acuerdo a la velocidad de diseños que se tenga.

Tabla 6

Ancho de carril para vías urbanas.

CLASIFICACION DE VIAS	Velocidad (Km/hr)	Ancho Recomendable (m)	Ancho Mínimo de Carril en Pista Normal (m)	Ancho Mínimo de Carril único del tipo Solo Bus (m)	Ancho de dos carriles juntos (m)
LOCAL	30 a 40	3.00	2.75	3.50 (4)	6.50
COLECTORA	40 a 50	3.30	3.00	3.50 (4)	6.50
	50 a 60	3.30	3.25	3.50	6.75
ARTERIAL	60 a 70	3.50	3.25	3.75	6.75
	70 a 80	3.50	3.50	3.75	7.0
	80 a 90	3.60	3.50	3.75	7.25
EXPRESAS	90 a 100	3.60	3.50	No aplicable	No aplicable

Fuente: (Chávez, 2005)

2.2.3.2. Pendientes máximas para vías urbanas

El valor de pendiente máxima se debe tener en cuenta los aspectos constructivos para una adecuada operación vehicular.

Tabla 7

Pendientes máximas para vías urbanas.

TIPO DE VÍA	Terreno plano	Terreno ondulado	Terreno montañoso
Vía Expresa	3%	4%	4%
Vía Arterial	4%	5%	7%
Vía Colectora	6%	8%	9%
Vía Local	Según topografía	10%	10%
Rampas de acceso o salidas a vías libres de Intersecciones	6% - 7%	8% - 9%	8% - 9%

Fuente: (Chávez, 2005)

2.2.3.3. Bombeo de la calzada.

La calzada de la vía debe tener una pendiente transversal facilitar el drenaje de agua superficial, dicho valor de pendiente esta dado en relación a la precipitación de lluvia durante un año.

Tabla 8

Bombeo de la calzada.

Ancho Mínimo de Carril en Pistas	Bombeo %	
	Precipitación < 500 mm/año	Precipitación > 500 mm/año
Normal (m) (2,3) 2.75		
Pavimento Superior	2.00	2.50
Tratamiento Superficial	2.50	2.5-3
Afirmado	3.0-3.5	3-4.9

Fuente: (Chávez, 2005)

Tabla 9

Parámetros de diseño vinculados a la clasificación de vías urbanas

ATRIBUTOS Y RESTRICCIONES	VÍAS EXPRESAS	VÍAS ARTERIALES	VÍAS COLECTORAS	VÍAS LOCALES
VELOCIDAD DE DISEÑO	Entre 80 y 100 km/h Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del Reglamento Nacional de Tránsito (RNT vigente)	Entre 50 y 80 Km/h Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente, su volumen de tráfico varía entre 4000 a 30000 veh/día.	Entre 40 y 60 Km/h Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente, su volumen de tráfico varía entre 1000 a 8000 veh/día.	Entre 30 y 40 Km/h, su volumen de tráfico varía entre 200 a 1000 veh/día.
CARACTERÍSTICAS DEL FLUJO	Flujo interrumpido. Presencia mayoritaria de vehículos livianos. Cuando es permitido, también por vehículos pesados. No se permite la circulación de vehículos menores, bicicletas ni circulación de peatones.	Debe minimizarse las interrupciones del tráfico, los semáforos cercanos deberán sincronizarse para minimizar interferencias. Se permite tránsito de diferentes tipos de vehículos, correspondiendo el flujo mayoritario a vehículos livianos. Las bicicletas están permitidas en ciclovías.	Se permite el tránsito de diferentes tipos de vehículos y el flujo es interrumpido frecuentemente por intersecciones a nivel. En áreas comerciales e industriales se presentan porcentajes elevados de camiones. Se permite el tránsito de bicicletas recomendándose la implementación de ciclovías.	Está permitido el uso de vehículos medianos y el tránsito peatonal es irrestricto. El flujo de vehículos semipesados es eventual. Se permite el tránsito de bicicletas.
CONTROL DE ACCESOS Y RELACIÓN CON OTRAS VÍAS	Control total de los accesos. Los cruces peatonales y vehiculares se realizan a desnivel o con intercambios especialmente diseñados. Se conectan sólo con otras vías expresas o vías arteriales en puntos distantes y mediante enlaces. En casos especiales, se puede prever algunas conexiones con vías colectoras, especialmente en el área central de la ciudad, a través de vías auxiliares.	Los cruces peatonales y vehiculares deben realizarse en pasos a desnivel o en intersecciones o cruces semaforizados. Se conectan vías expresas, a otras vías arteriales y a vías colectoras. Eventual uso de pasos a desnivel y/o intercambios. Las intersecciones a nivel con otras vías arteriales y/o colectoras deben ser necesariamente semaforizadas y consideraran carriles adicionales para volteo.	Incluyen intersecciones semaforizadas en cruces con vías arteriales y solo señalizadas en los cruces con otras vías colectoras o vías locales. Reciben soluciones especiales para los cruces donde existían volúmenes de vehículos y/o peatones de magnitud apreciable.	Se conectan a nivel entre ellas y con las vías colectoras.
NÚMERO DE CARRILES	Bidireccionales: 3 o más carriles/sentido	Unidireccionales: 2 ó 3 carriles Bidireccionales: 2 ó 3 carriles/sentido	Unidireccionales: 2 ó 3 carriles Bidireccionales: 1 ó 2 carriles/sentido	Unidireccionales: 2 carriles Bidireccionales: 1 carril/sentido

ATRIBUTOS Y RESTRICCIONES	VÍAS EXPRESAS	VÍAS ARTERIALES	VÍAS COLECTORAS	VÍAS LOCALES
SERVICIO A PROPIEDADES ADYACENTES	Vías auxiliares laterales	Deberán contar preferentemente con vías de servicio laterales.	Prestan servicio a las propiedades adyacentes.	Prestan servicio a las propiedades adyacentes, debiendo llevar únicamente su tránsito propio generado.
SERVICIO DE TRANSPORTE PÚBLICO	En caso se permita debe desarrollarse por buses, preferentemente en "carriles exclusivos" o "carriles sólo bus" con paraderos diseñados al exterior de la vía.	El transporte público autorizado debe desarrollarse por buses, preferentemente en "carriles exclusivos" o "carriles solo bus" con paraderos diseñados al exterior de la vía o en bahía.	El transporte público, cuando es autorizado, se da generalmente en carriles mixtos, debiendo establecerse paraderos especiales y/o carriles adicionales para volteo.	No permitido.
ESTACIONAMIENTO, CARGA Y DESCARGA DE MERCADERÍAS	No permitido salvo emergencias.	No permitido salvo en emergencia o en las vías de servicio laterales diseñadas para tal fin. Se regirá por lo establecido en los artículos 203 al 225 del RNT vigente.	El estacionamiento de vehículos se realiza en estas vías en áreas adyacentes, especialmente destinadas para este objeto. Se regirá por lo establecido en los artículos 203 al 225 del RNT vigente.	El estacionamiento está permitido y se regirá por lo establecido en los artículos 203 al 225 del RNT vigente.

Fuente: (Chávez, 2005)

2.2.4. Metodología del índice de condición del pavimento para evaluación de pavimentos.

El método de índice de condición del pavimento (PCI) para evaluación de pavimentos fue desarrollado entre los años 1974 a 1976 por encargo del Centro de Ingeniería de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos y ejecutado por los ingenieros Mohamed Y. Shahin, Michael I. Darter y Starr D. Kohn, con el objetivo de obtener un sistema de administración de pavimentos, a través del Pavement Condition Index P.C.I., inicialmente fue desarrollado para aplicarse en pavimentos de aeropuertos y posteriormente fue ampliado su rango de aplicación en autopistas, carreteras y estacionamientos. Este índice sirve para representar las degradaciones superficiales que se presentan en los pavimentos rígidos y flexibles.

Este método se enfoca en la inspección visual, procedimiento recomendado para la evaluación de los pavimentos urbanos de concreto. Ello permite identificar de manera segura y económica los diferentes tipos de daños, posibilitar prioridades en las reparaciones y reducir los costos de futuras rehabilitaciones.

El presente método de evaluación para pavimentos de aeropuertos, carreteras y estacionamientos ha sido ampliamente aceptado y formalmente adoptado, como procedimiento estandarizado, por diversas agencias como, por ejemplo: la Federal Aviation Administration (FAA 1982), el U.S. Department of Defence (U.S. Air Force 1981 y U.S Army 1982), la American Public Work Association (APWA 1984), etc. Además, la metodología del PCI ha sido publicada por la American Society of Testing Materials (ASTM) como método de análisis para pavimentos dentro de sus normas estándar con la designación ASTM D6433-99 en el año 1999 y su actualización más reciente es del año 2007 ASTM D6433-07.

En 1982 la Federal Aviation Administration FAA, a través de su Circular AC 150/5380-6, denominada "Guidelines and Procedures for Maintenance for Airport Pavement", recomendó este método, teniendo amplio uso en los aeropuertos de EE UU.

Según la metodología de índice de condición del pavimento (PCI) el deterioro de la estructura de un pavimento, es una función del tipo de deterioro, su severidad y densidad o cantidad del mismo. La formulación del índice que tuviese en cuenta los tres factores mencionados ha sido problemática debido al gran número de posibles condiciones, para superar esta dificultad se introdujeron en este método los valores deducidos, como un arquetipo de factor de ponderación, con el fin de indicar el grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad que tiene sobre la condición del pavimento. (Shahin, 2005)

El Índice de Condición del Pavimento (PCI) es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. En la siguiente tabla se presenta los rangos del PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento. (ASTM D6433-07, 2007)

Tabla 10

Rangos de calificación del PCI

RANGO	CLASIFICACIÓN
100 - 85	Excelente
85 - 70	Muy bueno
70 - 55	Bueno
55 - 40	Regular
40 - 25	Malo
25 - 10	Muy malo
10 - 0	Fallado

Fuente: ASTM D6433-07, 2007

El índice de condición del pavimento (PCI) proporciona una medida de la condición actual del pavimento en base a las fallas observadas en la superficie del pavimento, lo que también indica las condiciones de funcionamiento y la integridad de la superficie estructural. El PCI no mide la capacidad estructural, sino que proporciona

objetivamente y racionalmente bases para determinar y priorizar la necesidad de mantenimiento o reconstrucción del pavimento y la temprana identificación de las principales necesidades de reparación del pavimento (ASTM D6433-07, 2007).

Diversos estudios realizados en Brasil comparando varios métodos para evaluación de pavimentos, entre ellos el IGG, VSA, el índice de gravedad Global extendido (IGGE), el índice de condición del pavimento (PCI), recomiendan la utilización de este último método, por ser el más completo y consistente en la validación de los defectos y en la estimación de las condiciones de confort en pavimentos urbanos (Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, 2008).

2.2.4.1. Evaluación de la condición superficial del pavimento.

Para la evaluación del pavimento de la avenida Independencia y jirón Sucre, se determinó secciones de vía con características homogéneas y luego se dividió en unidades de muestra siguiendo los pasos que se explican a continuación.

2.2.4.2. División de las unidades de muestreo

Se divide la vía en secciones o unidades de muestreo, cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía y capa de rodadura, en nuestro caso tenemos toda la avenida Independencia con pavimento flexible y el jirón Sucre con pavimento rígido. Para el presente estudio se dividieron las unidades de muestreo de acuerdo a las cuadras de las vías que se analizó, que tiene una longitud promedio de 100 metros, por efectos de realizar la comparación con los lugares de ocurrencia de accidentes de tránsito.

2.2.4.3. Determinación de las unidades de muestreo para evaluación

En la evaluación de un proyecto se deben inspeccionar todas las unidades; sin embargo, de no ser posible, el número mínimo de unidades de muestreo que deben

evaluarse se obtiene mediante la ecuación 2, la cual produce un estimado de $PCI \pm 5$ del promedio verdadero con una confiabilidad de 95%.

$$n = \frac{N \times s^2}{\frac{e^2}{4} \times (N - 1) + s^2} \dots\dots\dots \text{Ecuación 2}$$

Dónde:

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

N: Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento.

e: Error admisible en el estimado del PCI de la sección (e=5%).

s: Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Durante la inspección inicial se asume una desviación estándar (s) del PCI de 10 para pavimentos de asfalto y de 15 para pavimentos rígidos, en inspecciones subsiguientes se usará la desviación estándar real (o el rango PCI) de la inspección previa en la determinación del número mínimo de unidades que deben evaluarse. Cuando el número mínimo de unidades a evaluar es menor que 5 ($n < 5$), todas las unidades deberán evaluarse. Para nuestro estudio necesitamos conocer las fallas de todo el pavimento de las 2 vías, por lo cual se evaluó todas las unidades de muestreo.

2.2.4.4. Evaluación de la condición del pavimento

El procedimiento varía de acuerdo al tipo de superficie del pavimento que se inspecciona. Se debe seguir estrictamente la definición y medición de daños del manual de daños de pavimento de la norma ASTM D6433-07 “Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index” para obtener un valor de PCI confiable.

El procedimiento consiste en inspeccionar cada unidad de muestreo para identificar el tipo de daño, medir la cantidad y severidad de los daños de acuerdo con el manual de daños y registrar la información en formatos adecuados, para lo cual se debe conocer y seguir las definiciones y procedimientos de medida de daños. Para cada

unidad de muestra y se debe registrar el tipo de daño, su extensión y su nivel de severidad.

2.2.4.5. Daños en vías con superficie de concreto asfáltico (ASTM D6433-07)

Las siguientes tablas contienen la descripción de las fallas típicas de los pavimentos con superficie de concreto asfáltico, además indica la forma de medición para determinar su severidad y poder clasificarla.

Tabla 11

Tipo de falla: Peladuras

DENOMINACIÓN	PELADURAS
DESCRIPCIÓN	<p>Desintegración superficial de la carpeta asfáltica debido a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pérdida del ligante bituminoso. - Desprendimiento del agregado. - Aumento de la textura del pavimento y exposición de los agregados a la acción del clima y el tránsito. <p>Esta falla indica las siguientes causas probables:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Asfalto defectuoso o endurecido, perdió sus propiedades ligantes. - Agregados defectuosos (sucios o muy absorbentes). - Defectos de construcción. - Efecto de agentes agresivos (solventes, agua, etc.).
NIVELES DE SEVERIDAD	<p>Baja: pequeñas peladuras distribuidas aleatoriamente en la superficie del pavimento. El agregado fino y/o el ligante ha empezado a desprenderse en sectores. Cuando hay acción de aceites y solventes, pueden observarse residuos de estos, la superficie se mantiene firme y no puede penetrarse con una moneda.</p> <p>Moderada: desprendimientos extensivos de agregados pétreos finos y/o ligante. Superficie abierta y rugosa. Bajo la acción de aceites, la superficie se ablanda y puede ser penetrada por una moneda.</p> <p>Alta: desprendimientos extensivos de agregados pétreos gruesos y finos, textura muy rugosa, cavidades de menos de 15 mm de profundidad. Bajo la acción de aceites, el agregado ha quedado suelto por la pérdida de las propiedades ligantes del asfalto.</p>

Fuente: (ASTM D6433-07, 2007)

Tabla 12

Tipo de falla: Exudación de asfalto

DENOMINACIÓN	EXUDACIÓN DE ASFALTO
DESCRIPCIÓN	<p>Afloramiento de material bituminoso de la mezcla a la superficie del pavimento. Forma una superficie brillante, reflectante, resbaladiza y pegajosa.</p> <p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Excesivo contenido de asfalto en la mezcla - Aplicación de material bituminoso en los sellos - Bajo contenido de vacíos, con el calor el asfalto llena los vacíos y aflora a la superficie - Disminuye la resistencia al deslizamiento, causa inseguridad.
NIVELES DE SEVERIDAD	<p>Baja: se hace visible la coloración de la superficie por efecto de pequeñas migraciones de asfalto, aun aisladas.</p> <p>Moderada: exceso de asfalto forma una película continua en huellas de canalización del tránsito.</p> <p>Alta: presencia de una cantidad significativa de asfalto libre, aspecto húmedo del pavimento (mancha negra).</p>

Fuente: (ASTM D6433-07, 2007)

Tabla 13

Tipo de falla: Baches

DENOMINACIÓN	BACHES DESCUBIERTOS
DESCRIPCIÓN	<p>Descomposición o desintegración total de la mezcla asfáltica y su remoción en una cierta extensión, formando cavidades de bordes netos.</p> <p>Causas:</p> <p>Fundaciones y capas inferiores inestables.</p> <p>Espesores insuficientes.</p> <p>Defectos constructivos.</p> <p>Retención de agua en zonas hundidas y/o fisuradas.</p> <p>Fisuras, piel de cocodrilo, etc. no remediadas a tiempo.</p> <p>Alto impacto sobre el tránsito y la seguridad. Se llega a esta falla por evolución de otras fallas y carencia de mantenimiento</p>

	Profundidad Máxima	Diámetro Promedio del Bache		
	del bache	< 200 mm	200 - 500 mm	> 500 mm
NIVELES DE SEVERIDAD	< 25 mm	Baja	Baja	Moderada
	25 - 50 mm	Baja	Moderada	Alta
	> 50 mm	Moderada	Moderada	Alta
MEDICIÓN	<p>Dos opciones:</p> <p>Contando el número de baches según diferentes tipos de niveles.</p> <p>Computando los baches en metros cuadrados de superficie afectada según nivel de severidad.</p>			

Fuente: (ASTM D6433-07, 2007)

Tabla 14

Tipo de falla: Desintegración de bordes

DENOMINACIÓN	DESINTEGRACIÓN DE BORDES
DESCRIPCIÓN	<p>Destrucción progresiva de los bordes del pavimento por acción del tránsito. Común en pistas con bermas no pavimentadas y sin sardinel.</p> <p>Causas: acción localizada del tránsito, ausencia de confinamiento lateral, deficiente compactación del borde.</p>
NIVELES DE SEVERIDAD	<p>Baja: fisuras paralelas al borde. Pequeñas roturas (< 25 mm) desde el borde del pavimento. No hay pérdida de pedazos de pavimento, o se observa muy pocos pedazos faltantes.</p> <p>Moderada: fisuras paralelas al borde de severidad alta, y/o peladuras de cualquier tipo sin llegar a la rotura o desintegración total de los mismos. Roturas entre 25 y 75 mm desde el borde. Los pedazos que faltan le dan al borde del pavimento una apariencia de sierra.</p> <p>Alta: considerable desintegración de los bordes (> 75 mm del borde), con pedazos considerables removidos por el tránsito. El borde tiene una apariencia serpenteante, reduciendo el ancho de la calzada.</p>

Fuente: (ASTM D6433-07, 2007)

Tabla 15

Tipo de falla: Hundimiento

DENOMINACIÓN	HUNDIMIENTO
DESCRIPCIÓN	<p>Depresión de la superficie del pavimento en un área localizada del mismo, las causas pueden ser las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Asentamiento de la fundación. - Deficiencias en la construcción. - Se localizan en bordes (debido al menor confinamiento lateral) o en cualquier otro lugar de la superficie del pavimento.
NIVELES DE SEVERIDAD	<p>Baja: profundidad máxima de 13 mm a 25 mm.</p> <p>Moderada: profundidad máxima de 26 mm a 50 mm.</p> <p>Alta: profundidad máxima mayor a 50 mm.</p>

Fuente: (ASTM D6433-07, 2007)

Tabla 16

Tipo de falla: Corrugaciones y desplazamientos

DENOMINACIÓN	CORRUGACIONES Y DESPLAZAMIENTOS
DESCRIPCIÓN	<p>Distorsiones y ondulaciones de la superficie del pavimento por desplazamientos de la mezcla asfáltica. Levantamientos del material formando cordones. Irregularidades del perfil y serpenteo de la demarcación son signos típicos de estas fallas.</p> <p>Causas:</p> <p>Acción del tránsito (zonas de aceleración y frenado son afectadas)</p> <p>Exceso de asfalto, falta de vacíos</p> <p>Altas temperaturas favorecen el desarrollo de esta falla.</p>
NIVELES DE SEVERIDAD	<p>Baja: causa cierta vibración en el vehículo sin llegar a generar incomodidad al transitar.</p> <p>Media: causa una vibración significativa en el vehículo. Cierta incomodidad.</p> <p>Alta: causa vibración excesiva y continua del vehículo. Riesgo a la seguridad y obliga a una reducción de la velocidad.</p>

Fuente: (ASTM D6433-07, 2007)

Tabla 17

Tipo de falla: Ahuellamiento

DENOMINACIÓN	AHUELLAMIENTO
DESCRIPCIÓN	<p>Depresiones continuas longitudinales (> 6 m.) a lo largo de las huellas de los vehículos. Cuando el radio de influencia de la zona a huellada es pequeño, el origen está en el pavimento, cuando es amplio, el origen está en el suelo y fundación.</p> <p>Causas:</p> <p>Acción del tránsito.</p> <p>Insuficiencia estructural del pavimento.</p> <p>Estabilidad deficiente del pavimento fundación.</p>
NIVELES DE SEVERIDAD	<p>Baja: profundidad promedio < 13 mm</p> <p>Media: profundidad promedio entre 13 mm y 25 mm</p> <p>Alta: profundidad promedio > 25 mm</p>

Fuente: (ASTM D6433-07, 2007)

Tabla 18

Tipo de falla: Fisuramiento longitudinal

DENOMINACIÓN	FISURAMIENTO LONGITUDINAL
DESCRIPCIÓN	<p>Fractura del pavimento paralelo al eje de la vía.</p> <p>Causas:</p> <p>Acción del tránsito, fatiga del pavimento</p> <p>Proceso constructivo deficiente de las juntas longitudinales (pavimento mixto).</p> <p>Contracción de la mezcla asfáltica por endurecimiento del bitumen o reflexión de fisuras causadas por grietas existentes debajo de la superficie de rodamiento.</p> <p>Confinamiento lateral deficiente. En ese caso, las fisuras ocurren a una distancia de 0.30 a 0.60 cm. del borde.</p>
NIVELES DE SEVERIDAD	<p>Baja: cualquiera de las siguientes condiciones:</p> <p>Fisuras sin sellar, ancho < 10 mm., sin ramificaciones.</p> <p>Fisuras selladas de cualquier ancho, sello satisfactorio.</p> <p>Media: cualquiera de las siguientes condiciones:</p>

Fisuras sin sellar, ancho entre 10 y 20 mm.

Fisuras sin sellar, < 20 mm con ramificaciones.

Fisuras selladas, de cualquier ancho, con ramificaciones.

Alta: cualquiera de las siguientes condiciones:

Fisuras sin sellar de ancho > 20 mm.

Cualquier fisura con ramificaciones.

Fuente: (ASTM D6433-07, 2007)

Tabla 19

Tipo de falla: Fisuramiento transversal

DENOMINACIÓN	FISURAMIENTO TRANSVERSAL
DESCRIPCIÓN	<p>Fractura del pavimento transversal (o casi) al eje de la vía.</p> <p>Causas:</p> <p>Insuficiente espesor de pavimento y/o falta de sobre ancho de las capas inferiores en los bordes.</p> <p>Retracción de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad debida a un exceso de filler, envejecimiento del asfalto, etc.</p> <p>Reflexión de grietas de capas inferiores y apertura de juntas de construcción defectuosas (pavimento mixto).</p>
NIVELES DE SEVERIDAD	<p>Baja: cualquiera de las siguientes condiciones:</p> <p>Fisuras sin sellar, ancho < 10 mm, sin ramificaciones</p> <p>Fisuras selladas de cualquier ancho, sello satisfactorio</p> <p>Moderada: cualquiera de las siguientes condiciones:</p> <p>Fisuras sin sellar, ancho entre 10 y 20 mm</p> <p>Fisuras sin sellar, < 20 mm, con ramificaciones</p> <p>Fisuras selladas, de cualquier ancho, con ramificaciones</p>
NIVELES DE SEVERIDAD	<p>Alta: cualquiera de las siguientes condiciones:</p> <p>Fisuras sin sellar de ancho > 20 mm</p> <p>Cualquier fisura con ramificaciones.</p>

Fuente: (ASTM D6433-07, 2007)

Tabla 20

Tipo de falla: Fisuramiento de borde

DENOMINACIÓN	FISURAMIENTO DE BORDE
DESCRIPCIÓN	<p>Fisuramiento paralelo al borde exterior del pavimento, generalmente dentro de los 300 a 600 mm del borde. La falla es acelerada por el tránsito.</p> <p>Causas:</p> <p>Falta de soporte lateral de la berma.</p> <p>Drenaje inadecuado.</p> <p>Falta de compactación y confinamiento en el borde del pavimento.</p> <p>El área entre la fisura y el borde del pavimento es considerada desmoronada si hay desprendimiento y rotura de piezas completas.</p>
NIVELES DE SEVERIDAD	<p>Baja: menos de 300 mm del borde del pavimento. Una sola fisura o dos fisuras paralelas.</p> <p>Moderada: fisuras entre 300 y 600 mm del borde del pavimento. Fisuras múltiples con fisuras interconectadas.</p> <p>Alta: se extienden a más de 600 mm del borde del pavimento.</p>

Fuente: (ASTM D6433-07, 2007)

Tabla 21

Tipo de falla: Fisuramiento en bloque

DENOMINACIÓN	FISURAMIENTO EN BLOQUE
DESCRIPCIÓN	<p>Serie de fisuras interconectadas que dividen el pavimento en piezas aproximadamente rectangulares. Los bloques pueden variar en tamaño de unos 30 x 30 cm a 3 x3 metros.</p> <p>Causas:</p> <p>Contracción del concreto asfáltico</p> <p>Ciclos diarios de temperatura</p> <p>Esta falla insinúa que el pavimento se ha endurecido u oxidado considerablemente. Se manifiesta en su mayoría en áreas externas del pavimento. Difiere de la piel de cocodrilo en que forma piezas más pequeñas con ángulos agudos y se concentra mayormente y únicamente en las áreas sujetas al tráfico vehicular.</p>

NIVELES DE SEVERIDAD	Baja: fisuras únicas, < 10 mm, espaciadas entre sí, pero interconectadas formando un “mapa”.
	Moderada: las grietas interconectadas comienzan a desarrollar grietas múltiples, entre 10 y 20 mm.
	Alta: grietas múltiples interconectadas, > 20 mm.

Fuente: (ASTM D6433-07, 2007)

Tabla 22

Tipo de falla: Fisuramiento piel de cocodrilo

DENOMINACIÓN	FISURAMIENTO PIEL DE COCODRILO
DESCRIPCIÓN	<p>Serie de fisuras interconectadas formando pequeños polígonos irregulares de ángulos agudos. Dimensión máxima menor de 0.60 m.</p> <p>Causas:</p> <p>Fatiga de las capas asfálticas sometidas a una repetición de cargas superior a la permisible</p> <p>Indicativo de insuficiencia estructural del pavimento.</p> <p>Esta falla comienza en la parte inferior de las capas asfálticas. La fisura se propaga a la superficie. No tiene por qué ocurrir en pavimentos mixtos.</p> <p>Baja: fisuras muy finas, menores de 1.5 mm de ancho, paralelas con escasa interconexión, dando origen a polígonos de cierta longitud. Distorsiones < 13 mm.</p>
NIVELES DE SEVERIDAD	<p>Moderada: fisuras finas a moderadas, < 5 mm, interconectadas formando polígonos pequeños y angulosos. Distorsión de 13 a 25 mm.</p> <p>Alta: fisuras constituyen una malla cerrada de pequeños polígonos bien definidos. Algunas de estas piezas pueden estar sometidas a movimientos con el tránsito hasta ser removidas. Distorsiones > 25 mm.</p>

Fuente: (ASTM D6433-07, 2007)

Tabla 23

Tipo de falla: Fisuramiento por reflexión de juntas

DENOMINACIÓN	FISURAMIENTO POR REFLEXIÓN DE JUNTAS
DESCRIPCIÓN	<p>Falla de pavimentos mixtos: superficie asfáltica sobre pavimento rígido con juntas. Son grietas transversales y longitudinales producidas por la reflexión de las juntas del pavimento rígido a la superficie de asfalto.</p> <p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Movimiento de las losas de concreto: por razones térmicas, deflexión por las cargas, etc. - La acción del tránsito puede resultar en peladuras y eventualmente en baches.
NIVELES DE SEVERIDAD	<p>Baja: existe una de las condiciones siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fisuras sin sellar, ancho promedio < 10mm, sin descascaramiento. - Fisuras selladas, de cualquier ancho, con sello satisfactorio. No provocan golpeteo cuando se circula en vehículo. <p>Moderada: existe una de las condiciones siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fisuras sin sellar, de ancho promedio entre 10 y 20 mm - Fisuras sin sellar, < 10mm, con evidencia de despostillamiento de los bordes y/o con grietas erráticas leves en sus proximidades y eventuales baches. - Fisuras selladas de cualquier ancho, sello insatisfactorio. - La fisura provoca golpeteos a los vehículos
NIVELES DE SEVERIDAD	<p>Alta: existe una de las condiciones siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cualquier fisura, sellada o no, rodeada por un agrietamiento de la superficie moderado o severo y eventuales baches. - Fisuras sin sellar de ancho mayor de 20 mm - Las fisuras provocan golpeteo severo a los vehículos.

Fuente: (ASTM D6433-07, 2007)

2.2.4.6. Daños en vías con superficie de concreto hidráulico (ASTM D6433-07)

Las siguientes tablas contienen la descripción de las fallas típicas de los pavimentos con superficie de concreto hidráulico, además indica la forma de medición para determinar su severidad y poder clasificarla.

Tabla 24

Tipo de falla: Grietas de esquina

DESCRIPCIÓN	CAUSAS	NIVELES DE SEVERIDAD	OPCIONES DE REPARACIÓN
Son grietas que se extienden en el espesor de la losa originando un trozo de losa de forma triangular, interceptan las juntas a una distancia menor a la mitad de la losa.	- Transferencia de carga deficiente en las juntas.	Baja: ancho < 13 mm y leves desprendimientos.	- Lechada de cemento.
	- Falta de apoyo de la losa en la zona de las esquinas, originado por erosión de la base o el fenómeno del bombeo.	Media: 13 mm < ancho < 50 mm y leves desprendimientos.	- Limpiar y sellar las grietas con asfalto o productos termoplásticos.
		Alta: ancho > 50 mm y desprendimientos severos.	- Parcheo.

Fuente: (ASTM D6433-07, 2007)

Tabla 25

Tipo de falla: Losa dividida

DESCRIPCIÓN	CAUSAS	NIVELES DE SEVERIDAD	OPCIONES DE REPARACIÓN
Es la concurrencia de agrietamientos de diferentes tipos: longitudinales, transversales y diagonales, que dividen a la losa en 4 pedazos a más.	- Pérdida de soporte de la fundación posiblemente por fallas de drenaje. - Entrada de materiales incomprensibles en la zona de la junta. - Acción del tránsito pesado.	Baja: Losa dividida en 4 a 5 pedazos con grietas de severidad baja o media.	- Limpiar y sellar las grietas de ancho menor a 13 mm.
		Media: Losa dividida en 4 a 5 pedazos con grietas de severidad alta. Losa dividida en 6 a 8 pedazos con grietas de severidad media.	- Parcheo. - Reemplazo de losa.
		Alta: losa dividida en 6 a más pedazos con grietas de severidad alta. Losas divididas de 8 a más pedazos con grietas de severidad media o alta.	- Reemplazo de losa, previamente de reacondicionamiento o de la base.

Fuente: (ASTM D6433-07, 2007)

Tabla 26

Tipo de falla: Escalamientos

DESCRIPCIÓN	CAUSAS	NIVELES DE SEVERIDAD	OPCIONES DE REPARACIÓN
Es la diferencia de nivel entre losas de concreto continuas que se dejan notar en las juntas.	- Transferencia de carga deficiente en las juntas.	Baja: diferencia de elevación de 3 a 10 mm.	- No se hace nada.
	- Falta de la capacidad de soporte de la subrasante.	Media: diferencia de elevación de 10 a 20 mm.	- Si la diferencia de elevación es mayor a 10 mm se debe realizar fresado de losas.
	- Deformación de la subrasante por cambios de humedad.	Alta: diferencia de elevación mayor a 20 mm.	- Fresado de losas. - Si la diferencia de elevación es mucho mayor a 20 mm se debe reemplazar la losa.

Fuente: (ASTM D6433-07, 2007)

Tabla 27

Tipo de falla: Daño del sello de la junta

DESCRIPCIÓN	CAUSAS	NIVELES DE SEVERIDAD	OPCIONES DE REPARACIÓN
Es la deficiencia en el material de sello de las juntas que permite la entrada de material incompresible en la junta que evita su correcto comportamiento, y la ausencia del material de sello que posibilita la infiltración de agua.	- Oxidación del material llenante de la junta que genera pérdida de compresibilidad del material.	Baja: el sellante tiene daño menor, algunas partículas se han despegado, pero todavía están en contacto con el borde de la junta.	- No se hace nada.
	- Pérdida de adherencia en los bordes de la losa y desprendimiento del sellante de la junta.	Media: se presenta aberturas de hasta 3 mm de ancho, por donde es posible el acceso de agua.	- Limpiar la zona de las juntas y volver a sellar.
		Alta: el sellante presenta aberturas mayores a 3 mm, o si falta más del 10% del sellante en la sección.	

Fuente: (ASTM D6433-07, 2007)

Tabla 28

Tipo de falla: Agrietamientos Lineales

DESCRIPCIÓN	CAUSAS	NIVELES DE SEVERIDAD	OPCIONES DE REPARACIÓN
Son fracturas en el pavimento que pueden ser de tipo transversal, diagonal o paralelas al eje de la vía y dividen la losa en dos partes.	<ul style="list-style-type: none"> - Alabeo por gradiente térmico o de humedad. -Disminución de la capacidad de soporte de las capas inferiores del pavimento. - Acción del tránsito pesado no considerado en el diseño. 	<p>Baja: grietas con ancho menor que 13 mm.</p> <p>Media: grietas con ancho entre 13 mm y 50 mm, o grietas de cualquier ancho menor que 50 mm con escalamiento menor que 10 mm.</p> <p>Alta: grietas con ancho mayor a 50 mm, o de cualquier ancho con escalamiento mayor que 10 mm.</p>	<p>Limpiar y sellar las grietas.</p> <p>En grietas de ancho mayor a 70 mm o con escalamiento severo se debe reemplazar la losa.</p>

Fuente: (ASTM D6433-07, 2007)

Tabla 29

Tipo de falla: Parches

DESCRIPCIÓN	CAUSAS	NIVELES DE SEVERIDAD	OPCIONES DE REPARACIÓN
Son las áreas donde se ha removido el pavimento y se ha colocado un material nuevo.	<ul style="list-style-type: none"> - Materiales de mala calidad para la construcción del parche. - Mal proceso constructivo. 	<p>Baja: El parche está funcionando bien con poco o ningún daño.</p> <p>Media: el parche esta moderadamente fisurado y descascarado en sus bordes.</p> <p>Alta: el parche está muy dañado, con hundimientos, grietas y desintegraciones.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Si el parche presenta grietas de severidad media se debe sellar las grietas. - En el caso que el parche este en mal estado con grietas severas y desintegraciones en sus bordes o con escalamiento de debe reemplazar el parche.

Fuente: (ASTM D6433-07, 2007)

Tabla 30

Tipo de falla: Baches

DESCRIPCIÓN	CAUSAS	NIVELES DE SEVERIDAD	DE OPCIONES DE REPARACIÓN	DE
Desprendimiento o remoción de pedazos de pavimento formando cavidades en las losas de concreto.	<ul style="list-style-type: none"> - Retención de agua en zonas hundidas o fisuradas. - Acción abrasiva del tránsito. - Deficiente control de calidad de los materiales. 	No se definen grados de severidad, pero su cantidad mínima debe ser 3 desprendimientos por metro cuadrado para ser registrado.	- Parcheo.	

Fuente: (ASTM D6433-07, 2007)

Tabla 31

Tipo de falla: Grietas de contracción

DESCRIPCIÓN	CAUSAS	NIVELES DE SEVERIDAD	OPCIONES DE REPARACIÓN
Este tipo de fallas son de ancho pequeño que no superan los 3mm, no atraviesan la losa ni horizontalmente ni verticalmente, pero con el paso del tiempo se pueden convertir en agrietamientos lineales.	<ul style="list-style-type: none"> - Repetición de cargas pesadas del tránsito. - Movimientos de la losa por acción de la temperatura. 	No se define niveles de severidad, basta con indicar que está presente.	- Sólo se registra la ubicación de la patología.

Fuente: (ASTM D6433-07, 2007)

Tabla 32

Tipo de falla: Punzonamiento

DESCRIPCIÓN	CAUSAS	NIVELES DE SEVERIDAD	OPCIONES DE REPARACIÓN
Losa rota en pedazos debido a la disminución de la capacidad portante de la base o subrasante y el efecto de la carga de vehículos pesados que ocasiona el hundimiento de la losa.	<ul style="list-style-type: none"> - Deficiencia en la construcción (deficiente compactación). - Reducción de la capacidad portante de la fundación por Infiltración de agua. 	<p>Baja: losa dividida en 2 a 3 pedazos con grietas de severidad baja.</p> <p>Media: losa dividida en 4 a 5 pedazos con grietas de severidad media.</p> <p>Alta: losa dividida en más de 6 pedazos con grietas de severidad alta.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Parcheo - Reemplazo de losa, previo reacondicionamiento de base.

Fuente: (ASTM D6433-07, 2007)

Tabla 33

Tipo de falla: Escamadura de esquina

DESCRIPCIÓN	CAUSAS	NIVELES DE SEVERIDAD	OPCIONES DE REPARACIÓN
Las escamaduras de esquina son fisuras superficiales que no se extienden en el espesor de la losa y se encuentran en las esquinas de la losa, en algunos casos se nota el material desprendido o desaparecido, se debe tomar medidas de reparación para evitar la retención de agua en dicha zona que puede provocar mayores daños.	<ul style="list-style-type: none"> - Exceso de manipulación en el acabado. - Curado deficiente. - Acumulación de material incompresible en las juntas. 	<p>Baja: profundidad de la escamadura menor a 25 mm, o entre 25 y 50 mm con dimensiones de sus lados menor que 300 mm.</p> <p>Media: profundidad de las escamaduras de 25 a 50 mm, o mayor a 50 mm con dimensiones de sus lados menor que 300 mm.</p> <p>Alta: profundidad de la escamadura mayor de 50 mm con dimensiones de sus lados mayor que 300 mm.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar parcheo de las escamaduras con severidad media y alta.

Fuente: (ASTM D6433-07, 2007)

Tabla 34

Tipo de falla: Escamadura de junta

DESCRIPCIÓN	CAUSAS	NIVELES DE SEVERIDAD	OPCIONES DE REPARACIÓN
Es la fracturación o desintegración de los bordes de las losas cercanos a las juntas, que no se extienden verticalmente en la losa, sino que interceptan en ángulo a la junta.	<ul style="list-style-type: none"> - Acumulación de material incompresible en las juntas. - Excesiva tensión en las juntas debido a la repetición de las cargas del tránsito. - Exceso de manipulación en el acabado. 	Los niveles de severidad para este tipo de daño están en función del fragmento, ancho y longitud de la escamadura.	- Realizar parcheo de las escamaduras con severidad media y alta.

Fuente: (ASTM D6433-07, 2007)

Tabla 35

Niveles de severidad para escamadura de junta

Fragmentos de la escamadura.	Ancho de la escamadura	Longitud de la escamadura	
		< 0.5 m	> 0.5 m
Duros: no puede removerse fácilmente (puede faltar algunos pocos fragmentos).	<100 mm	Baja (L)	Baja (L)
	>100 mm	Baja (L)	Baja (L)
Suelos: puede removerse y algunos fragmentos pueden faltar.	<100 mm	Baja (L)	Media (M)
	>100 mm	Baja (L)	Media (M)
Desaparecidos: la mayoría o todos los fragmentos han sido removidos.	<100 mm	Baja (L)	Media (M)
	>100 mm	Media (M)	Alta (H)

Fuente: (ASTM D6433-07, 2007)

Para procesar la información de campo sobre las fallas encontradas y cálculo de la condición actual del pavimento se utilizó el software UnalPCIC y UnalPCIA elaborado por el Ingeniero Civil Luis Ricardo Vásquez Varela (2002) que se basa en el libro “Pavement Management for Airports, Roads and Parking Lots” (M. Y. Shahin, 1994), que se aplica todas las fórmulas establecidas por norma ASTM D6433-07, para la evaluación de pavimentos rígidos y flexibles respectivamente.



Figura 2. Software UnalPCIA y UnalPCIC

2.2.5. Índices de accidentalidad vehicular

Los índices de accidentalidad vehicular son los que reflejan el nivel de riesgo de sufrir un accidente al utilizar un determinado tramo de carretera o la gravedad de los accidentes que puedan ocurrir en él, se usan para determinar los niveles de seguridad de las carreteras y de sus diferentes tramos. Este indicador específico de siniestralidad puede ser expresado en términos de alguna medida, tal como frecuencia, tasa, severidad o una combinación de ambas. A continuación, se hace una descripción de las medidas usadas para identificar sitios peligrosos en una vía de tránsito vehicular. (PROJEKTA, 2011)

2.2.5.1. Frecuencia

La medida de la frecuencia de los accidentes de tránsito (CF por sus siglas en inglés), se define como el número de accidentes por sitio o ubicación durante un periodo de tiempo específico. Si los CF observados se igualan o exceden un valor predefinido, la ubicación se considera peligrosa. Suelen usarse numerosas y diferentes longitudes y/o años de data. El criterio predefinido de frecuencia usualmente varía por tipo de área (urbana / rural) u otras variables como clase de la vía. El uso de un mapa de accidentes con pines ha sido uno de los métodos más antiguos de identificar sitios peligrosos. Cada accidente se representa por un pin en el mapa. Se pueden utilizar diferentes colores y tamaños de pines para indicar tipo y severidad de los accidentes, desde el mapa, los sitios que tienen aglomeraciones de accidentes (alta frecuencia) se pueden identificar fácilmente, además, el uso de dos mapas de pines, uno para el año actual y otro para el año precedente puede ser útil para fines comparativos.

Para la identificación de la frecuencia de accidentes es podemos utilizar un intervalo de confianza, asumiendo que la frecuencia de accidentes tiene una distribución normal. Esta técnica se traduce en obtener la media de la muestra del número de accidentes, más un múltiplo de la desviación estándar de la muestra, y lo podemos denotar median te la siguiente ecuación. (PROJEKTA, 2011)

$$F_c = \mu + k\sigma \quad \dots\dots\dots \text{Ecuación 3}$$

Donde:

F_c: Frecuencia crítica de accidentalidad

μ: Media aritmética de la muestra

σ: Desviación estándar

k: Factor correspondiente al porcentaje de nivel de confianza.

Se determina los sitios críticos cuando la suma de los accidentes en los años sea mayor o igual a la frecuencia crítica de accidentalidad (F_c).

Los especialistas que usan la medida de la frecuencia para identificar sitios peligrosos, argumentan que los sitios identificados por este método tienen un alto número de accidentes y consecuentemente tienen un alto potencial de reducción de accidentes. El problema con usar el método de la frecuencia, sin embargo, es que éste no considera el efecto de la exposición al tránsito, Por ejemplo, 10 accidentes por kilómetro podrían considerarse “alto” para una sección que soporta 15,000 veh/día, y “bajo” para otra sección que soporta 40,000 veh/día. (Alonso, Esteban, & Calatayud, 2013)

2.2.5.2. Tasa de accidentes de tránsito

La medida de la tasa de accidentes y se define como los accidentes por millón-vehículo-kilómetros (mvk) por sección. (PROJEKTA, 2011)

$$IPat = \frac{N * 10^6}{L * TPD * t * 365} \dots\dots\dots Ecuación 4$$

Donde:

IPat: índice de peligrosidad de accidentes totales, expresado en accidentes por millón de vehículos – kilómetro.

N: Número de accidentes registrados durante un periodo t

L: Longitud del tramo (km)

TPD: Volumen de tránsito promedio diario

t = Período de observación (años)

También se puede hacer una relación de parámetros para determinar el índice de peligrosidad de accidentes con víctimas (IPav), expresado en accidentes por millón de vehículos – kilómetro.

$$IPav = \frac{Nav * 10^6}{L * TPD * t * 365} \dots\dots\dots Ecuación 5$$

Donde:

Nav: Número de accidentes con víctimas registrados en un periodo de tiempo t

L: Longitud del tramo (km)

TPD: Volumen de tránsito promedio diario

t = Período de observación (años)

El cálculo de las tasas de accidentes requiere de la disponibilidad de un conjunto de datos de volumen de tránsito. El conjunto de datos de volumen puede estructurarse para un sitio referencial compatible con el método. Ubicaciones que igualen o excedan una tasa de accidentes predefinida, entonces se identifican como peligrosas. La ventaja de usar las tasas de accidentes es que esta permite hacer comparaciones entre sitios con características similares, pero con diferentes niveles de exposición al tránsito, sin embargo, aunque el uso de estos métodos direcciona hacia el efecto de la exposición al tránsito, este introduce otro sesgo en la identificación de los sitios peligrosos cuando se aplican a caminos de bajo volumen de tránsito.

Por ejemplo, podría considerarse dos accidentes por año un valor bajo desde el punto de vista de la frecuencia, sin embargo, en un camino de bajo volumen de tránsito, este podría resultar en una tasa alta de accidentes. (ej. Para 1 km de sección y un periodo de 1 año, dos accidentes podrían resultar con una tasa mayor que 2 si el volumen de tránsito es menor que 2700 veh/día). Por consiguiente, se debe ser minuciosos para identificar sitios peligrosos basados en tasas de accidentes de tránsito. (PROJEKTA, 2011)

2.2.5.3. Severidad

El índice de severidad relaciona el número equivalente de accidentes de tránsito registrados en un año con la cantidad de vehículos que circulan por un sector determinado o tramo de vía. (PROJEKTA, 2011)

$$IS = \frac{(M * 18 + H * 2 + S) * 10^6}{TPD * 365 * T * L} \dots\dots\dots \text{Ecuación 6}$$

Donde:

M: Número de accidente con muerto en un periodo de tiempo t

H: Número de accidentes con herido en un periodo de tiempo t

S: Número de accidente con solo daños a la propiedad en un periodo de tiempo t.

TPD: Volumen de tránsito promedio diario

L: Longitud de tramo (Km)

t: Periodo de observación (años)

2.2.5.4. Sitios críticos

Los sitios críticos o lugares de alta concentración de accidentes son aquellos puntos donde se presenta un número elevado de colisiones en comparación con otros sitios de condiciones similares, en estos puntos usualmente se concentran la mayor cantidad de muertos y lesionados graves. (Bham Manepalli, 2009, como citó Calán & Gonzáles, 2017, p.23)

Un punto crítico de accidentalidad en carreteras es aquel donde los índices de peligrosidad y de severidad, así como las frecuencias de mortalidad y morbilidad, presentan valores elevados. Para la determinación de un sitio peligroso, han establecido un criterio triple de medición, que consiste en comparar la frecuencia de accidentes, tasa y severidad y sus valores críticos, mediante la relación expresada en la ecuación 7. (Andelwahab y Sayed, 1993, como citó Calán y Gonzales, 2017, p.54)

$$((CR > R_c \text{ ó } CSR > S_c) \text{ y } CF > F_c) \dots\dots\dots \text{Ecuación 7}$$

Donde:

R_c, S_c, y F_c son valores críticos para CR, CSR y CF respectivamente.

CR: Tasa de accidentes, definida por el IPat.

CSR: Severidad de accidentes, definida por el Is y el IPav.

FC: Frecuencia de accidentalidad.

2.3. Marco conceptual

De los estudios revisados sobre seguridad vial que se enfocan en los accidentes vehiculares podemos notar que se tiene registrado valores bajos de accidentes atribuidos directamente a infraestructura vial, en nuestro país es de solo 2.9%, sin embargo, no se debe subestimar estos valores y la influencia que tienen los elementos y componentes de la infraestructura, ya que la seguridad vial partiendo desde las características de una vía debe ser tomando en cuenta para su análisis. Los países más desarrollados como Colombia, Estados Unidos y México nos dan ejemplo de la importancia de tener vías de circulación seguras con sus estudios de investigación y áreas dedicadas al control de la construcción de vías seguras con una adecuada señalización y trazo que brinden seguridad al circular por ellas.

En el Perú, la seguridad vial es un aspecto importante de atender, debe ser una responsabilidad de las autoridades gestionar planes de acción con personal adecuado para mantener una acción permanente para evaluar y proponer solución al tema de inseguridad vial, con el planteamiento de estrategias y proyectos que se enfoquen a minimizar los accidentes y mejorar la infraestructura vial.

En la presente investigación para determinar la incidencia de las características de la vía avenida Independencia - jirón Sucre en la seguridad vial, se estudió la calzada de la vía para conocer sus características geométricas y verificarlas según las normas de diseño geométrico; además se realizó el estudio de tránsito, luego se determinó el estado actual de la vía y la localización de sitios críticos en la vía en estudio.

Definición del objeto de estudio

Las vías avenida Independencia - jirón Sucre: infraestructura vial de uso público de tránsito vehicular y peatones.

Definición analítica

La vía de la avenida Independencia tiene una calzada formada por dos carriles, el tránsito circula en doble sentido, su superficie de rodadura está compuesta por pavimento flexible, tiene cunetas a ambos lados, tiene una longitud de 2356 m; el jirón Sucre tiene 400 m de longitud con pavimento rígido, el tráfico circula en un solo sentido (descendente); en ambas calles existen viviendas en el contorno de todo su recorrido.

Definición de variables

Características de la vía: Es la determinación de los elementos físicos de las vías, tales como las características geométricas, volumen de tránsito y estado de conservación. (Cárdenas, 2013)

Seguridad vial: Es el conjunto de acciones y mecanismos que garantizan el buen funcionamiento de la circulación del tránsito por una vía pública previniendo los accidentes de tránsito. (Mediatrain, 2018)

2.4. Definición de términos básicos

Vía pavimentada: Es una estructura constituida por un conjunto de capas superpuestas relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados, adecuadamente compactados y que se apoyan sobre la subrasante. (Ministerio de Transportes de Colombia, 2016)

Severidad: Criticidad del deterioro o percepción que se tiene sobre el pavimento, gravedad de daño del pavimento. (Shahin, 2005)

Estado del pavimento: Asignación objetiva de atributos a un defecto superficial del pavimento que conforma la vía. (ASTM D6433-07, 2007)

Calzada: Es la parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

Rasante: Línea longitudinal de una calzada que representa los niveles del centro de la superficie de rodadura a lo largo de la calzada. (Instituto Nacional de Vías, 2018)

Intersección: Área general donde dos o más vías se unen o cruzan, ya sea a nivel o desnivel o que comprende toda la superficie necesaria para facilitar todos los movimientos de los vehículos que se cruzan por ellas. (Instituto Nacional de Vías, 2018)

Carril: Parte de la calzada que puede acomodar una sola fila de vehículos de cuatro o más ruedas. (Instituto Nacional de Vías, 2018)

Velocidad de diseño: 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. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

Zona urbana: Es el área habitada o urbanizada que, partiendo de un núcleo central, presenta continuidad física en todas direcciones. (Juárez, 2012)

Superficie de rodamiento: Parte superior de un camino o carretera, sobre la que transitan vehículos automotores. (Juárez, 2012)

Accidente de tránsito: Evento súbito, imprevisto y violento en el que participa un vehículo automotor en marcha o en reposo en la vía de uso público, causando daños materiales o a las personas, sean ocupantes o terceros no ocupantes de vehículo automotor, que pueda ser determinado de una manera cierta. (Policía Nacional del Perú, 2017)

Colisión o choque: Impacto violento, accidental o imprevisto entre dos o más vehículos en una vía de circulación, del cual resultan averías, daños, pérdida parcial o total de vehículos o propiedades, así como lesiones leves y/o fatales a personas. Puede ser lateral, frontal, por alcance o contra objeto fijo. (Juárez, 2012)

CAPÍTULO 3

PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

Las características de las vías avenida Independencia - jirón Sucre inciden en más del 50% de los accidentes de tránsito que afectan la seguridad vial, Cajamarca - 2018.

3.2. Variables/categorías

- **Variable Independiente:** características geométricas de la vía.
- **Variable dependiente:** seguridad vial.

3.3. Operacionalización / categorización de los componentes de las hipótesis

Tabla 36

Operacionalización de variables

Definición operacional de las variables/categorías					
Título	Incidencia de las características de las vías avenida Independencia – jirón Sucre en la seguridad vial, Cajamarca – 2018				
Hipótesis	Definición conceptual de las variables/categorías	Variables/ categorías	Dimensiones /factores	Indicadores/ cualidades	Fuente o instrumento recolección de datos
Las características de las vías avenida Independencia - jirón Sucre inciden en más del 50% de los accidentes de tránsito que afectan la seguridad vial, Cajamarca-2018.	Es la determinación de los elementos físicos de la vía que guardan relación con las condiciones de operación de los vehículos y las características del terreno.	Características geométricas de la vía.	Trazo en planta, perfil longitudinal, secciones transversales.	Metros, porcentaje, grados	Estación total, huincha.
	Es el conjunto de acciones y mecanismos que garantizan el buen funcionamiento de la circulación del tránsito por una vía pública previniendo los accidentes de tránsito.		Seguridad vial	Accidentes de tránsito	Cantidad de accidentes de tránsito.

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 4

MARCO METODOLÓGICO

4.1. Ubicación geográfica

Punto de partida de la vía de estudio:

Intersección de la avenida Independencia con avenida Héroes del Cenepa.

- Coordenadas geográficas:

Longitud: 78° 30' 41.89"

Latitud: 7° 11' 07.91"

- Coordenadas UTM WGS-84 zona 17S:

Este: 774816.45 E

Norte: 9204676.23 N

Cota: 2839.00 m.s.n.m.

Punto final de la vía de estudio:

Intersección del jirón sucre con avenida Atahualpa.

- Coordenadas Geográficas:

Longitud: 78° 30' 30.18"

Latitud: 7° 12' 29.49"

- Coordenadas UTM WGS-84 zona 17S:

Este: 775162.31 E

Norte: 9202196.64 N

Cota: 2715.3 m.s.n.m.

4.2. Diseño de la investigación

Se analizó las características actuales de la vía, usando el diseño de investigación transversal o sincrónico. El desarrollo de la investigación se inició con la recopilación de información de los accidentes de tránsito ocurridos en la avenida Independencia y el jirón Sucre, dicha información se solicitó a la primera comisaría de la Policía Nacional del Perú,

también como datos iniciales se necesitó conocer las características geométricas actuales de la vía, para lo cual se hizo un levantamiento topográfico con estación total, luego se hizo la inspección visual de la vía, para identificar los deterioros que presentan mediante la metodología del Pavement Condition Index (PCI) y así determinar su estado actual, además se tomó fotografías y se realizó mediciones para llenar los formatos de toma de datos de campo mediante la metodología del PCI; con el procesamiento de datos del levantamiento topográfico se determinó las pendientes que tienen los diferentes tramos de la vía, se elaboró planos de perfil longitudinal, plano en planta y secciones transversales, para determinar las características actuales de la vía. También se realizó el estudio de tránsito que circula por dicha vía para determinar el índice medio diario de vehículos. Con el procesamiento de la información se determinó las condiciones en que se encuentra la avenida Independencia - jirón Sucre en cuanto a su estado actual, pendientes, tránsito y ocurrencia de accidentes, lo cual permitió identificar los puntos críticos que son un riesgo para la seguridad vial y determinar la incidencia en la ocurrencia de accidentes de tránsito en la vía estudiada.

4.3. Métodos de investigación

Tipo: Por el tipo de la investigación, el presente estudio reúne las condiciones metodológicas de una investigación no experimental del tipo aplicada, en razón, que se utilizó conocimientos de la ingeniería, a fin de aplicarla en el análisis de vías con respecto a la seguridad vial.

Nivel: De acuerdo a la naturaleza del estudio de la investigación, reúne por su nivel las características de un estudio descriptivo, porque se busca conocer por qué sucede un determinado fenómeno mediante la descripción de las características actuales de la vía, cuál es la causa o factor de riesgo asociado a la seguridad vial y buscar explicaciones a los hechos ocurridos.

Método: Se empleó la metodología de investigación científica basada en el procedimiento inductivo. De acuerdo a la forma de toma de datos de campo la investigación es no experimental tipo descriptiva, porque describe las variables características de la vía avenida Independencia y jirón Sucre, para lo cual se realizó el levantamiento topográfico, también se realizó el conteo de tránsito, luego mediante fichas de observación se recogió datos de los deterioros presentes en la calzada y se gestionó la obtención de datos sobre los accidentes de tránsito ocurridos en las vías estudiadas para relacionar dicha información.

4.4. Población, muestra, unidad de análisis y unidades de observación

Población: La población de la presente investigación está conformada por las vías de ingreso de tránsito vehicular de la ciudad de Cajamarca.

Muestra: La muestra comprende la avenida Independencia, desde la intersección con la avenida Héroes del Cenepa hasta el jirón Sucre y la vía del jirón Sucre desde la intersección con la avenida Independencia hasta la avenida Atahualpa.

Muestreo: Para la investigación se usó muestreo no probabilístico del tipo selectivo, ya que de acuerdo a los objetivos de la investigación se analizó las características de la calzada, la circulación de vehículos y los accidentes de tránsito ocurridos en la avenida Independencia y jirón Sucre.

Unidad de análisis: Las características de la vía avenida Independencia y jirón Sucre de la ciudad de Cajamarca, que se analizó con respecto a la seguridad vial.

Unidad de observación: La calzada de la avenida Independencia y jirón Sucre.

4.5. Técnicas e instrumentos de recopilación de información

Técnicas

Levantamiento topográfico de la avenida Independencia y el jirón Sucre, utilizando estación total para conocer las características geométricas de la vía, para luego verificarlos con las normas de diseño geométrico, manual de diseño geométrico de vías urbanas, además se realizó el estudio de tráfico para conocer el índice medio diario (IMD), también se localizó las señales de tránsito existentes para obtener un plano con datos de la vía actual.

Para la recopilación de información sobre accidentalidad se realizó una revisión documental de los accidentes de tránsito registrados en la primera comisaría de la ciudad de Cajamarca de los accidentes ocurridos en la vía de la avenida Independencia y el jirón Sucre de la ciudad de Cajamarca.

Instrumentos

Como instrumentos se utilizó formatos para toma de datos de exploración de fallas por el método PCI para pavimentos que se muestra en el anexo 01, formatos de conteo de tráfico vehicular del MTC que se muestra en tabla N° 37 y formato para anotación de puntos de levantamiento topográfico.

4.6. Técnicas para el procesamiento y análisis de información

Para el procesamiento de datos y análisis estadístico se usó los programas Microsoft Office, AutoCAD Civil 3D, UnalPCIA y UnalPCIC v2.0.

4.7. Equipos, materiales e insumos.

Libreta topográfica, cámara fotográfica, laptop, impresora, estación total, wincha, y otros.

4.8. Matriz de consistencia metodológica

Tabla 37

Matriz de consistencia metodológica

Título			Incidencia de las características de las vías avenida Independencia – jirón Sucre en la seguridad vial, Cajamarca – 2018						
Formulación del problema	Objetivo	Hipótesis	Definición conceptual de las variables/categorías	Definición operacional de las variables/categorías			Fuente o instrumento recolección de datos	Metodología	Población y muestra
				Variables/categorías	Dimensiones /factores	Indicadores/cualidades			
¿Cuál es la incidencia de las características de las vías avenida Independencia – jirón Sucre en la seguridad vial?	Determinar la incidencia de las características de las vías avenida Independencia - jirón Sucre en la seguridad vial.	Las características de las vías avenida Independencia - jirón Sucre inciden en más del 50% de los accidentes de tránsito que afectan la seguridad vial, Cajamarca - 2018.	Es la determinación de los elementos físicos de la vía que guardan relación con las condiciones de operación de los vehículos y las características del terreno.	Características geométricas de la vía.	Trazo la planta, perfil longitudinal, sección transversal. Tráfico	Metros, porcentaje, grados. IMD	Estación total, huincha. Formatos de conteo	La investigación se inició con el levantamiento topográfico, además se realizó la inspección visual tomando fotografías y haciendo las mediciones necesarias, también se procedió a determinar el estado actual del pavimento con la información de las fallas del pavimento recogidas en campo.	La población a la que tiene alcance la investigación está conformada por todas las vías de ingreso de tránsito vehicular a la ciudad de Cajamarca.
¿Cuáles son las características geométricas de las vías avenida Independencia - jirón Sucre?	Determinar las características geométricas de las vías avenida Independencia - jirón Sucre.	Las características de las vías avenida Independencia - jirón Sucre inciden en más del 50% de los accidentes de tránsito que afectan la seguridad vial, Cajamarca - 2018.	Es el conjunto de acciones y mecanismos que garantizan el buen funcionamiento de la circulación del tránsito por una vía pública previniendo los accidentes de tránsito.		Estado del pavimento	PCI	Formatos, manuales, guías.	Se elaboró planos de planta, perfil longitudinal y secciones para determinar las características actuales de la vía y verificarlas con normas de diseño geométrico, luego se identificó puntos críticos de accidentalidad para luego hacer un análisis de la vía con toda la información recopilada.	
¿Cuál es el estado actual de las vías avenida Independencia - jirón Sucre?	Evaluar el estado actual del pavimento de las vías avenida Independencia - jirón Sucre.	Las características de las vías avenida Independencia - jirón Sucre inciden en más del 50% de los accidentes de tránsito que afectan la seguridad vial, Cajamarca - 2018.	Es el conjunto de acciones y mecanismos que garantizan el buen funcionamiento de la circulación del tránsito por una vía pública previniendo los accidentes de tránsito.						
¿Cuáles son las zonas críticas de ocurrencia de accidentes de tránsito de la avenida Independencia - jirón Sucre?	Identificar las zonas críticas de ocurrencia de accidentes de tránsito de las vías avenida Independencia - jirón Sucre.	Las características de las vías avenida Independencia - jirón Sucre inciden en más del 50% de los accidentes de tránsito que afectan la seguridad vial, Cajamarca - 2018.	Es el conjunto de acciones y mecanismos que garantizan el buen funcionamiento de la circulación del tránsito por una vía pública previniendo los accidentes de tránsito.	Seguridad vial	Accidentes de tránsito.	Cantidad de accidentes de tránsito.	Índice de accidentalidad vehicular.		Se analizó la superficie de rodadura de la vía avenida Independencia - jirón Sucre.

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 5

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Datos de la vía en estudio

5.1.1. Características de las vías de estudio.

Para la caracterización de las vías estudiadas, se ha hecho la diferenciación entre la avenida Independencia y el jirón sucre, debido a que la avenida independencia es una carretera y el jirón sucre una vía urbana.

En el recorrido de la avenida Independencia encontramos señales preventivas: señal de curva y contra curva, proximidad de cruce escolar; señales reglamentarias: fin de doble vía, no adelantar, límite de velocidad máxima y señales reguladoras de no caminar por la pista, que está especificado en los planos P1, P2 y P3 del anexo 5.

A continuación, se presenta las características geométricas actuales de la avenida Independencia; los datos de la vía han sido tomados teniendo como base la norma de diseño geométrico para carreteras DG-2018.

Tabla 38

Elementos de curva del alineamiento horizontal de la avenida Independencia.

N° PI	SENTIDO	RADIO	R. MIN	L.C.	P.C.	P.I.	P.T.	% P
PI-1	D	350 m	100 m	102.39	0+037.20	0+088.76	0+139.58	3
PI-2	D	250 m	100 m	57.20	0+311.72	0+340.44	0+368.91	3
PI-3	D	250 m	100 m	45.37	0+577.69	0+600.43	0+623.05	3
PI-4	D	250 m	100 m	66.58	0+789.11	0+822.60	0+855.69	3
PI-5	I	280 m	100 m	106.68	0+935.50	0+989.50	1+042.18	2
PI-6	I	260 m	100 m	42.28	1+252.58	1+273.77	1+294.86	4
PI-7	I	200 m	100 m	49.44	1+473.62	1+498.47	1+523.06	3
PI-8	I	120 m	100 m	35.09	1+568.05	1+585.72	1+603.14	3
PI-9	D	85 m	100 m	102.66	1+693.67	1+752.30	1+796.33	4
PI-10	I	150 m	100 m	50.77	2+119.76	2+145.39	2+170.53	3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39

Tramos en tangente de la avenida independencia.

N° PI	TRAMO EN TANGENTE	DIRECCIÓN	SENTIDO	LONGITUD (m)	L min. (m)	CLASIF. "S" "O"
T - 1	Inicio – PI 1	N 31° 56' 41.23" O	inicio	37.20		
T - 2	PI 1 – PI 2	N 15° 11' 02.72" O	D	172.14	139	Lmin.o
T - 3	PI 2 – PI 3	N 02° 04' 33.08" O	D	208.78	139	Lmin.o
T - 4	PI 3 – PI 4	N 08° 19' 15.79" E	D	166.06	139	Lmin.o
T - 5	PI 4 – PI 5	N 23° 34' 50.03" E	D	79.81	69	Lmin.s
T - 6	PI 5 – PI 6	N 01° 45' 00.58" E	I	210.40	139	Lmin.o
T - 7	PI 6 – PI 7	N 07° 34' 04.65" O	I	178.80	139	Lmin.o
T - 8	PI 7 – PI 8	N 21° 43' 55.83" O	I	45.00	139	Lmin.o
T - 9	PI 8 – PI 9	N 38° 29' 15.92" O	I	90.53	69	Lmin.s
T - 10	PI 9 – PI 10	N 30° 42' 37.46" E	D	323.44	69	Lmin.s
T - 11	PI 10 – Fin	N 09° 12' 32.11" E	I	185.63		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40

Características de la avenida Independencia en sección transversal.

PROGRESIVA		CALZADA	BOMBEO
DE:	A:	ANCHO (m)	(%)
0+000.00	0+020.00	8.67	4.0 %
0+020.00	0+040.00	8.09	4.0 %
0+040.00	0+060.00	7.91	3.3 %
0+060.00	0+080.00	7.80	2.8 %
0+080.00	0+100.00	7.83	2.8 %
0+100.00	0+120.00	7.84	2.6%
0+120.00	0+140.00	7.79	2.6%
0+140.00	0+160.00	7.58	2.8%
0+160.00	0+180.00	8.65	2.6%
0+180.00	0+200.00	8.34	0.7%
0+200.00	0+220.00	8.39	0.8%
0+220.00	0+240.00	8.89	0.9%
0+240.00	0+260.00	8.85	1.0%
0+260.00	0+280.00	8.74	1.0%
0+280.00	0+300.00	8.68	3.0%
0+300.00	0+320.00	8.58	3.1%
0+320.00	0+340.00	8.72	2.7%
0+340.00	0+360.00	8.04	2.7%
0+360.00	0+380.00	7.77	2.7%
0+380.00	0+400.00	7.20	1.4%
0+400.00	0+420.00	7.21	0.7%
0+420.00	0+440.00	7.23	0.7%

PROGRESIVA		CALZADA	BOMBEO
DE:	A:	ANCHO (m)	(%)
0+440.00	0+460.00	7.45	0.7%
0+460.00	0+480.00	7.76	0.7%
0+480.00	0+500.00	7.76	0.7%
0+500.00	0+520.00	8.13	0.7%
0+520.00	0+540.00	7.79	1.8%
0+540.00	0+560.00	7.71	1.8%
0+560.00	0+580.00	7.62	1.9%
0+580.00	0+600.00	7.45	3.1%
0+600.00	0+620.00	7.65	2.6%
0+620.00	0+640.00	7.06	2.6%
0+640.00	0+660.00	7.63	2.9%
0+660.00	0+680.00	8.38	3.2%
0+680.00	0+700.00	7.65	2.3%
0+700.00	0+720.00	7.87	0.6%
0+720.00	0+740.00	7.68	0.6%
0+740.00	0+760.00	7.69	0.6%
0+760.00	0+780.00	7.69	2.6%
0+780.00	0+800.00	8.00	2.6%
0+800.00	0+820.00	8.90	2.9%
0+820.00	0+840.00	7.74	3.1%
0+840.00	0+860.00	7.76	2.6%
0+860.00	0+880.00	7.78	3.0%
0+880.00	0+900.00	7.97	2.6%
0+900.00	0+920.00	8.46	4.0%
0+920.00	0+940.00	7.18	1.7%
0+940.00	0+960.00	7.72	1.7%
0+960.00	0+980.00	8.01	2.4%
0+980.00	1+000.00	8.07	2.1%
1+000.00	1+020.00	8.43	0.6%
1+020.00	1+040.00	8.35	0.6%
1+040.00	1+060.00	8.70	0.6%
1+060.00	1+080.00	8.47	0.6%
1+080.00	1+100.00	8.03	1.3%
1+100.00	1+120.00	8.02	1.2%
1+120.00	1+140.00	7.91	0.7%
1+140.00	1+160.00	8.34	1.5%
1+160.00	1+180.00	8.53	0.7%
1+180.00	1+200.00	7.84	0.4%
1+200.00	1+220.00	7.83	0.5%
1+220.00	1+240.00	7.82	0.6%
1+240.00	1+260.00	8.11	0.5%
1+260.00	1+280.00	7.89	2.2%
1+280.00	1+300.00	8.43	0.7%
1+300.00	1+320.00	7.86	2.1%
1+320.00	1+340.00	7.84	0.2%
1+340.00	1+360.00	7.89	0.4%
1+360.00	1+380.00	7.89	0.4%

PROGRESIVA		CALZADA	BOMBEO
DE:	A:	ANCHO (m)	(%)
1+380.00	1+400.00	8.08	0.7%
1+400.00	1+420.00	8.07	0.7%
1+420.00	1+440.00	8.02	0.8%
1+440.00	1+460.00	7.99	1.3%
1+460.00	1+480.00	6.90	0.8%
1+480.00	1+500.00	7.38	2.8%
1+500.00	1+520.00	7.79	2.5%
1+520.00	1+540.00	7.35	1.4%
1+540.00	1+560.00	7.98	2.1%
1+560.00	1+580.00	7.88	2.7%
1+580.00	1+600.00	9.12	2.2%
1+600.00	1+620.00	9.23	2.3%
1+620.00	1+640.00	8.72	0.8%
1+640.00	1+660.00	7.70	0.6%
1+660.00	1+680.00	8.03	0.4%
1+680.00	1+700.00	8.50	0.8%
1+700.00	1+720.00	8.98	2.5%
1+720.00	1+740.00	10.06	3.9%
1+740.00	1+760.00	10.18	3.9%
1+760.00	1+780.00	10.03	4.2%
1+780.00	1+800.00	9.49	3.5%
1+800.00	1+820.00	8.27	2.2%
1+820.00	1+840.00	8.52	2.5%
1+840.00	1+860.00	9.27	0.5%
1+860.00	1+880.00	10.52	0.5%
1+880.00	1+900.00	10.40	0.5%
1+900.00	1+920.00	9.09	1.7%
1+920.00	1+940.00	9.93	0.8%
1+940.00	1+960.00	9.28	0.7%
1+960.00	1+980.00	9.23	0.7%
1+980.00	2+000.00	9.65	0.9%
2+000.00	2+020.00	10.29	0.3%
2+020.00	2+040.00	9.42	0.4%
2+040.00	2+060.00	8.03	0.4%
2+060.00	2+080.00	7.87	0.6%
2+080.00	2+100.00	8.70	0.4%
2+100.00	2+120.00	8.69	2.1%
2+120.00	2+140.00	9.16	4.1%
2+140.00	2+160.00	9.46	3.7%
2+160.00	2+180.00	9.45	2.2%
2+180.00	2+200.00	8.50	2.5%
2+220.00	2+240.00	8.00	0.7%
2+240.00	2+260.00	8.71	0.7%
2+260.00	2+280.00	8.48	0.7%
2+280.00	2+300.00	8.72	0.6%
2+300.00	2+320.00	8.20	0.6%

PROGRESIVA		CALZADA	BOMBEO
DE:	A:	ANCHO (m)	(%)
2+320.00	2+340.00	7.39	1.3%
2+340.00	2+360.00	7.95	1.0%
2+360.00	2+363.00	10.09	2.7%
ANCHO PROMEDIO		8.00	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41

Elementos de curva del alineamiento vertical – avenida Independencia.

N° Curva	T.E. (%)	T.S. (%)	A (%)	TIPO DE CURVA	K	L. curva (m)	L. min (m)	Verificación
CV-1	-2.94	-5.39	2.45	Convexa	48.1	117	117	Cumple
CV-2	-5.32	-3.49	1.83	Cóncava	26.26	50	50	Cumple
CV-3	-3.49	-4.56	1.07	Convexa	84.07	90.5	60	Cumple
CV-4	-4.48	-3.11	1.37	Cóncava	36.44	50	50	Cumple
CV-5	-3.99	-2.46	1.53	Cóncava	32.53	50	50	Cumple
CV-6	-2.46	-3.89	1.43	Convexa	84.45	121	80	cumple

Nota: Se ha considerado curvas verticales, donde la diferencia algebraica de las pendientes entre tramos consecutivos de la rasante es mayor a 1%.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42

Pendientes del alineamiento vertical – avenida independencia

PROGRESIVA		LONGITUD	PENDIENTE
DE:	A:	(m)	(%)
0+000.00	0+069.89	69.89	-2.9
0+069.89	0+246.11	176.22	-5.4
0+246.11	0+328.77	82.66	-3.5
0+328.77	0+480.21	151.44	-4.6
0+480.21	0+687.85	207.63	-4.9
0+687.85	0+904.96	217.12	-4.5
0+904.96	1+000.00	95.04	-3.1
1+000.00	1+266.31	266.31	-4.0
1+266.31	1+429.95	163.64	-4.4
1+429.95	1+582.47	152.53	-4.9
1+582.47	1+779.93	197.46	-4.0
1+779.93	1+901.88	121.94	-2.5
1+901.88	2+062.86	160.93	-3.9
2+062.86	2+209.33	146.47	-4.5
2+209.33	2+356.16	146.83	-4.1

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta las características del jirón sucre, la toma de datos se realizó de acuerdo al manual de diseño geométrico de vías urbanas.

Tabla 43

Características en sección transversal - jirón sucre.

PROGRESIVA		CALZADA	BOMBEO
DE:	A:	ANCHO (m)	(%)
0+000.00	0+020.00	10.60	2.7%
0+020.00	0+040.00	11.03	3.7%
0+040.00	0+060.00	11.00	1.1%
0+060.00	0+080.00	10.50	0.7%
0+080.00	0+100.00	9.87	0.8%
0+100.00	0+120.00	10.47	0.1%
0+120.00	0+140.00	10.34	0.1%
0+140.00	0+160.00	10.26	0.1%
0+160.00	0+180.00	8.69	1.0%
0+180.00	0+200.00	9.60	0.6%
0+200.00	0+220.00	9.02	0.1%
0+220.00	0+240.00	9.06	0.7%
0+240.00	0+260.00	10.23	1.6%
0+260.00	0+280.00	10.14	0.7%
0+280.00	0+300.00	10.19	0.3%
0+300.00	0+320.00	10.32	0.6%
0+320.00	0+340.00	9.99	0.8%
0+340.00	0+360.00	9.35	0.3%
0+360.00	0+380.00	10.32	0.3%
0+380.00	0+400.00	11.24	0.6%
0+400.00	0+420.00	12.00	0.1%
ANCHO PROMEDIO		9.20	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 44

Pendientes del alineamiento vertical – jirón sucre.

PROGRESIVA		LONGITUD	PENDIENTE
DE:	A:	(m)	(%)
0+000.00	0+023.67	23.67	-13.16
0+023.67	0+145.92	122.25	-6.43
0+145.92	0+304.13	158.22	-5.54
0+304.13	0+317.40	13.27	-2.03
0+304.13	0+346.16	28.76	-6.87
0+346.16	0+400.00	53.84	-4.35

Fuente: Elaboración propia

5.1.2. Estudio del tránsito

Tabla 45

Conteo de tráfico de la avenida Independencia y jirón Sucre de la ciudad de Cajamarca.

FE CH A	SENTIDO	MOT OTAX IS	AUTOS	STATION WAGON	CAMIONETAS		MIC RO M3	ÓMNIBUS					CAMION					TRAYLERS				TOTAL		
					PICK UP	RUR AL		B2	B3	B4	C2	C3	C 4	T2S 2	T2S3	T3S1	T3S2	T3S3	T3 S4	C2 R2	C2 R3		C3 R2	C3 R3
SABADO 24/11/2018	ENTRADA	72	280	180	208	82	1	12	52	7	78	106	6	0	1	0	3	64	2	0	0	0	2	1,156
	SALIDA	87	313	201	233	83	0	12	52	7	106	101	4	2	1	2	2	80	0	1	1	0	0	1,288
	AMBOS	159	593	381	441	165	1	24	104	14	184	207	10	2	2	2	5	144	2	1	1	0	2	2,444
DOMINGO 25/11/2018	ENTRADA	48	304	202	210	102	0	5	55	6	46	30	4	0	1	0	2	50	1	0	1	0	3	1,070
	SALIDA	52	290	196	197	101	0	11	64	6	71	48	2	0	1	0	2	39	0	0	0	3	2	1,085
	AMBOS	100	594	398	407	203	0	16	119	12	117	78	6	0	2	0	4	89	1	0	1	3	5	2,155
LUNES 26/11/2018	ENTRADA	71	259	196	181	106	0	8	65	5	102	76	5	0	1	0	1	57	0	0	0	0	0	1,133
	SALIDA	76	222	209	172	90	0	15	53	7	123	123	10	3	0	0	5	96	0	0	2	9	4	1,219
	AMBOS	147	481	405	353	196	0	23	118	12	225	199	15	3	1	0	6	153	0	0	2	9	4	2,352
MARTES 27/11/2018	ENTRADA	66	210	142	167	84	0	8	47	3	106	104	0	0	0	0	0	53	0	0	0	0	0	990
	SALIDA	58	185	158	182	73	0	9	41	9	107	112	5	0	0	0	1	75	1	2	0	0	1	1,019
	AMBOS	124	395	300	349	157	0	17	88	12	213	216	5	0	0	0	1	128	1	2	0	0	1	2,009
MIÉRCOLES 28/11/2018	ENTRADA	62	205	145	131	87	2	4	52	3	116	113	7	0	1	0	0	100	0	1	1	3	0	1,033
	SALIDA	48	198	162	162	78	1	4	44	5	108	96	2	0	0	0	1	90	0	0	0	0	0	999
	AMBOS	110	403	307	293	165	3	8	96	8	224	209	9	0	1	0	1	190	0	1	1	3	0	2,032
JUEVES 29/11/2018	ENTRADA	51	173	125	115	70	0	11	45	4	77	81	4	0	0	0	0	70	0	0	0	2	5	833
	SALIDA	58	145	113	139	74	0	11	50	2	68	84	2	0	1	0	1	92	0	0	0	1	0	841
	AMBOS	109	318	238	254	144	0	22	95	6	145	165	6	0	1	0	1	162	0	0	0	3	5	1,674
VIERNES 30/11/2018	ENTRADA	60	177	157	150	74	1	10	59	11	76	112	0	0	0	0	0	75	0	0	0	2	5	969
	SALIDA	63	182	153	144	84	1	14	57	3	77	108	0	0	0	0	2	82	0	0	0	0	1	971
	AMBOS	123	359	310	294	158	2	24	116	14	153	220	0	0	0	0	2	157	0	0	0	2	6	1,940
TOTAL		872	3,143	2,339	2,391	1,188	6	134	736	78	1,261	1,294	51	5	7	2	20	1,023	4	4	5	20	23	14,606
TPD=		125	449	334		170	1	19	105	11	180	185	7	1	1	0	3	146	1	1	1	3	3	

Nota: el conteo de tráfico fue realizado durante 7 días, desde las 7:00 a.m. hasta 7:00 p.m., en el km 1+800 de la avenida Independencia.

Fuente: Elaborado a partir de conteo de tráfico noviembre 2018.

Tabla 46

Tránsito vehicular promedio diario de la semana de conteo.

TRÁFICO VEHÍCULAR PROMEDIO SEMANAL (Veh/día)		
Tipo de Vehículos	Índice medio diario (IMD)	Distribución %
MOTOTAXIS	125	5.97
AUTOS	449	21.52
STATION WAGON	334	16.01
PICK UP	342	16.37
RURAL	170	8.13
M3	1	0.04
B2	19	0.92
B3	105	5.04
B4	11	0.53
C2	180	8.63
C3	185	8.86
C4	7	0.35
T2S2	1	0.03
T2S3	1	0.05
T3S1	0	0.01
T3S2	3	0.14
T3S3	146	7.00
T3S4	1	0.03
C2R2	1	0.03
C2R3	1	0.03
C3R2	3	0.14
C3R3	3	0.16
TOTAL =	2087	100.00

Fuente: Elaborado a partir de conteo de tráfico 2018"

Tabla 47

Tránsito promedio diario anual

TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDa) (vehículos/día)			
Tipo de Vehículos	Factor de Corrección Anual	TPD 2018	Distribución %
MOTOTAXIS	1.02791	128	6.01
AUTOS	1.02791	462	21.66
STATION WAGON	1.02791	343	16.12
PICK UP	1.02791	351	16.48
RURAL	1.02791	174	8.19
M3	1.006912	1	0.04
B2	1.006912	19	0.90
B3	1.006912	106	4.97
B4	1.006912	11	0.53
C2	1.006912	181	8.51
C3	1.006912	186	8.74
C4	1.006912	7	0.34
T2S2	1.006912	1	0.03
T2S3	1.006912	1	0.05
T3S1	1.006912	0	0.01
T3S2	1.006912	3	0.14
T3S3	1.006912	147	6.91
T3S4	1.006912	1	0.03
C2R2	1.006912	1	0.03
C2R3	1.006912	1	0.03
C3R2	1.006912	3	0.14
C3R3	1.006912	3	0.16
TOTAL		2131	100.00

Fuente: Elaborado a partir de conteo de tráfico 2018"

*Nota: Factor de corrección peaje de Ciudad de Dios para el mes de noviembre.**Vehículos ligeros = 1.027910**Vehículos pesados = 1.006912*

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

5.1.2.1. Cálculo de la tasa de crecimiento para proyección de tráfico

Tabla 48

Distribución porcentual de la población censada año 2007 y 2017

DEPARTAMENTO	TOTAL	2007		TOTAL	2017	
		Hombre	Mujer		Hombre	Mujer
Total	27 412 157	49.7	50.3	29 381 884	49.2	50.8
Amazonas	375 993	51.3	48.7	379 384	50.4	49.6
Áncash	1 063 459	49.8	50.2	1 083 519	49.3	50.7
Apurímac	404 190	49.7	50.3	405 759	49.5	50.5
Arequipa	1 152 303	49.2	50.8	1 382 730	49	51.0
Ayacucho	612 489	49.7	50.3	616 176	49.4	50.6
Cajamarca	1 387 809	49.9	50.1	1 341 012	49	51.0
Prov. Const. del Callao	879 679	49.1	50.9	994 494	48.8	51.2
Cusco	1 171 403	49.9	50.1	1 205 527	49.5	50.5
Huancavelica	454 797	49.5	50.5	347 639	48.6	51.4
Huánuco	762 223	50.4	49.6	721 047	49.5	50.5
Ica	711 932	49.6	50.4	850 765	49.3	50.7
Junín	1 225 474	49.8	50.2	1 246 038	48.9	51.1
La Libertad	1 617 050	49.4	50.6	1 778 080	48.8	51.2
Lambayeque	1 112 868	48.7	51.3	1 197 260	48.5	51.5
Lima	8 442 409	49	51	9 485 405	48.8	51.2
Loreto	891 732	51.2	48.8	883 510	50.2	49.8
Madre de Dios	109 555	54.3	45.7	141 070	52.3	47.7
Moquegua	161 533	51.3	48.7	174 863	50.4	49.6
Pasco	280 449	51.4	48.6	254 065	50.4	49.6
Piura	1 676 315	49.8	50.2	1 856 809	49.5	50.5
Puno	1 268 441	49.9	50.1	1 172 697	49.3	50.7
San Martín	728 808	52.5	47.5	813 381	51	49.0
Tacna	288 781	50	50	329 332	49.7	50.3
Tumbes	200 306	51.8	48.2	224 863	50.5	49.5
Ucayali	432 159	51.4	48.6	496 459	50.5	49.5
Provincia de Lima 1/	7 602 940	48.8	51.2	8 574 974	48.6	51.4
Región Lima 2/	839 469	50.8	49.2	910 431	50.2	49.8

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2017.

Tasa de crecimiento:

$$r = \left(\sqrt[n]{\frac{Pf}{Pi}} \right) - 1 \quad \dots\dots\dots \text{Ecuación 8}$$

r=Tasa de crecimiento

Pi=Población Inicial

Pf=Población final

n=Periodo de años entre Pi y Pf

$$r = \left(\sqrt[10]{\frac{1341012}{1387809}} \right) - 1$$

$$r = -0.0034$$

5.1.2.2. Producto bruto interno para proyección de tráfico

Tabla 49

Variación porcentual de Valor Agregado Bruto por año según actividades económicas.

Actividades	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016P/	2017P/
Agricultura, Ganadería, Caza y Silvicultura	...	3.5	1.4	3.0	1.4	1.2	-1.0	-2.6	-1.0	-3.4	1.2
Pesca y Acuicultura	...	10.0	67.2	16.2	14.8	27.5	-8.9	-3.2	-1.5	54.7	12.8
Extracción de Petróleo, Gas y Minerales	...	30.0	17.1	-10.3	-1.1	6.0	-12.7	-12.6	-5.6	-12.6	0.4
Manufactura	...	2.9	-6.4	14.0	5.1	1.3	2.6	-1.2	-3.0	-2.1	0.0
Electricidad, Gas y Agua	...	14.8	-0.7	-7.4	1.5	11.8	6.2	0.8	6.5	-14.2	24.9
Construcción	...	21.0	0.6	11.5	21.2	18.5	0.6	-1.3	-9.1	-3.5	6.2
Comercio	...	9.1	2.6	11.4	6.8	9.3	4.9	1.3	1.4	1.6	1.2
Transporte, Almacén., Correo y Mensajería	...	7.6	1.6	13.5	12.8	2.1	5.9	2.2	2.8	3.6	4.7
Alojamiento y Restaurantes	...	8.6	0.7	7.9	10.4	8.5	5.0	3.4	3.0	3.1	2.6
Telecom. y Otros Serv. de Información	...	23.8	9.4	10.9	12.3	13.7	8.5	9.6	10.8	12.0	10.8
Administración Pública y Defensa	...	9.1	13.1	8.5	7.3	5.5	5.1	6.8	3.9	4.8	5.3
Otros Servicios	...	3.9	5.9	5.8	5.7	5.5	5.9	5.5	5.6	4.8	3.4
Valor Agregado Bruto	...	14.2	7.8	0.9	4.5	6.4	-1.6	-2.1	-0.5	-2.0	3.0
PBI Promedio % =						3.0					

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2017.

Tabla 50

Proyección del tránsito

PROYECCIÓN DEL TRÁNSITO						
Tipo de Vehículos	Tasa de Crecimiento/ PBI	IMD 2018	IMD 2017	IMD 2016	IMD 2015	IMD 2014
MOTOTAXIS	-0.0034	128	128	129	129	130
AUTOS	-0.0034	462	463	465	466	468
STATION WAGON	-0.0034	343	345	346	347	348
PICK UP	-0.0034	351	352	354	355	356
RURAL	-0.0034	174	175	176	176	177
M3	0.03	1	1	1	1	1
B2	0.03	19	19	18	18	17
B3	0.03	106	103	100	97	94
B4	0.03	11	11	11	10	10
C2	0.03	181	176	171	166	161
C3	0.03	186	181	175	170	165
C4	0.03	7	7	7	7	7
T2S2	0.03	1	1	1	1	1
T2S3	0.03	1	1	1	1	1
T3S1	0.03	0	0	0	0	0
T3S2	0.03	3	3	3	3	3
T3S3	0.03	147	143	139	135	131
T3S4	0.03	1	1	1	1	1
C2R2	0.03	1	1	1	1	1
C2R3	0.03	1	1	1	1	1
C3R2	0.03	3	3	3	3	3
C3R3	0.03	3	3	3	3	3
IMDa=		2131	2116	2102	2089	2076

Fuente: Elaborado a partir de conteo de tráfico 2018"

Con el conteo de vehículos se ha calculado el tránsito promedio diario del año 2018, y para el presente estudio se estimó el tráfico para los años 2014, 2015, 2016 y 2017, datos que eran necesarios para el cálculo de los índices de accidentalidad vehicular.

Tabla 51

Tránsito promedio diario (TPD)

AÑO	2018	2017	2016	2015	2014
TPD (veh/día)	2131	2116	2102	2089	2076

Fuente: Elaborado a partir de conteo de tráfico 2018"

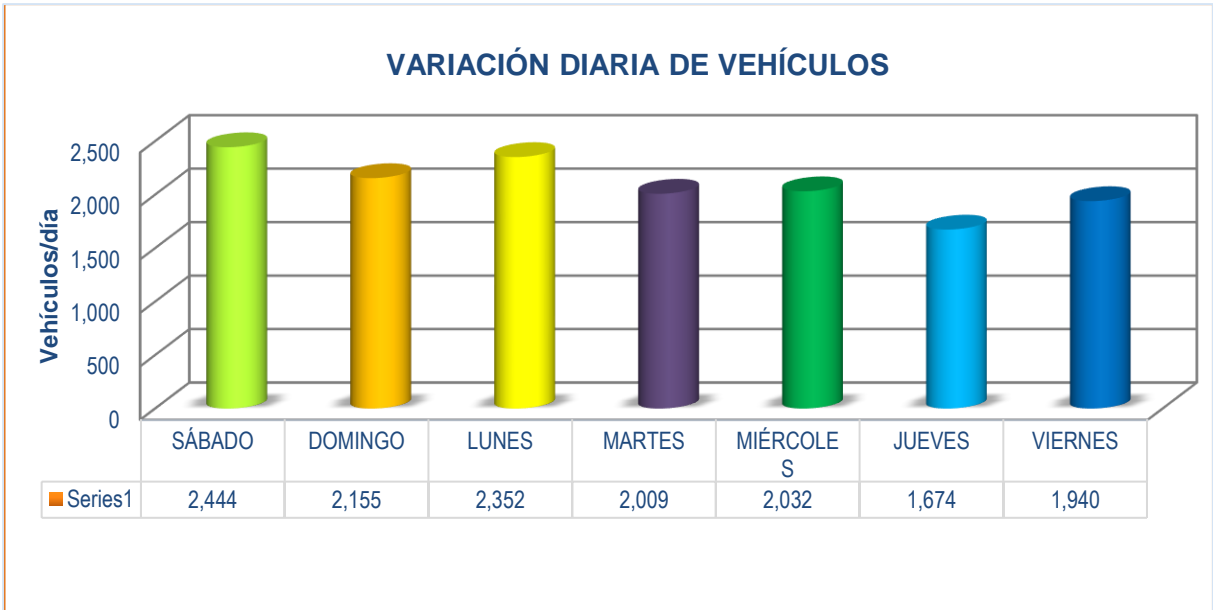


Figura 3. Variación de vehículos por día.

Del gráfico podemos notar que el flujo de tránsito es variable todos los días de la semana, el día sábado presenta la mayor cantidad de tránsito de vehículos y los días jueves la menor cantidad.

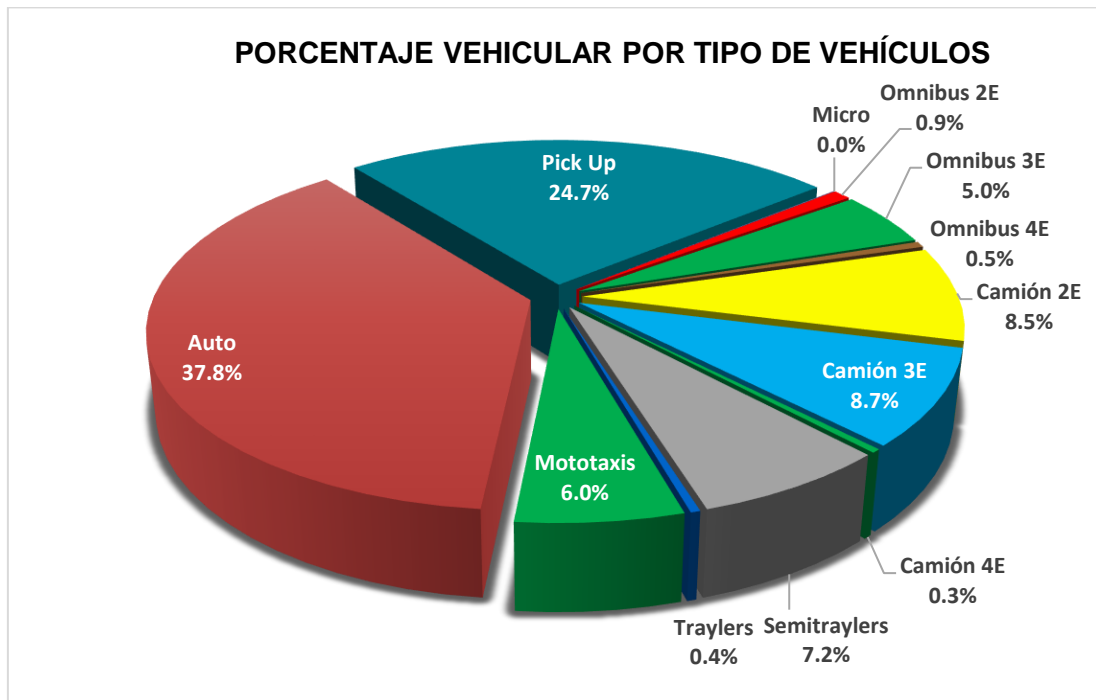


Figura 4. Porcentaje vehicular por tipo de vehículo.

La mayor cantidad de flujo vehicular está compuesto por autos y camionetas haciendo una suma de 62.5 %, los demás vehículos tienen menor porcentaje, pero aportan mayor carga al pavimento, además es importante resaltar que hay una cantidad considerable de tránsito de mototaxis (6%), estos vehículos pequeños no aportan gran carga al pavimento, pero influyen directamente en el tránsito, por la gran variación de velocidad y tamaño con respecto a los demás vehículos.

5.1.3. Clasificación de las vías de estudio

La avenida Independencia, de acuerdo a la norma de diseño geométrico DG-2018, utilizando las tablas 1, 2 y la figura 3 de los criterios y controles para el diseño geométrico de carreteras, se clasifica como una carretera de segunda clase, terreno ondulado tipo 2 y velocidad entre 50 a 80 km/h.

El jirón Sucre, se clasificó según el manual de diseño geométrico de vías urbanas y la norma técnica para pavimentos urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones (tabla N° 6), como una vía colectora, con un volumen de tráfico que varía entre 1000 a 8000 vehículos por día, y velocidad entre 40 a 60 km/h.

5.1.4. Consistencia del diseño geométrico

El análisis de la consistencia del diseño geométrico de las vías en estudio se realizó de acuerdo a las características actuales de las vías, comparadas con las dimensiones establecidas en la norma de diseño geométrico DG-2018 para la avenida Independencia y el manual de diseño geométrico de vías urbanas para el jirón Sucre.

Tabla 52

Consistencia del diseño geométrico.

VÍA	PROGRESIVA		CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO		
	INICIO	FIN	PLANTA	PERFIL	SECCIÓN TRANSV.
AVENIDA INDEPENDENCIA	0+000	0+100	cumple	cumple	cumple
	0+100	0+200	cumple	cumple	cumple
	0+200	0+300	cumple	cumple	cumple
	0+300	0+400	cumple	cumple	cumple
	0+400	0+500	cumple	cumple	cumple
	0+500	0+600	cumple	cumple	cumple
	0+600	0+700	cumple	cumple	cumple
	0+700	0+800	cumple	cumple	cumple
	0+800	0+900	cumple	cumple	cumple
	0+900	1+000	cumple	cumple	cumple
	1+000	1+100	cumple	cumple	cumple
	1+100	1+200	cumple	cumple	cumple
	1+200	1+300	cumple	cumple	cumple
	1+300	1+400	cumple	cumple	cumple
	1+400	1+500	cumple	cumple	cumple
AVENIDA INDEPENDENCIA	1+500	1+600	No cumple	cumple	cumple
	1+600	1+700	cumple	cumple	cumple
	1+700	1+800	No cumple	cumple	cumple
	1+800	1+900	cumple	cumple	cumple
	1+900	2+000	cumple	cumple	cumple
	2+000	2+100	cumple	cumple	cumple
	2+100	2+200	cumple	cumple	cumple
	2+200	2+300	cumple	cumple	cumple
	2+300	2+356	cumple	cumple	cumple
	JIRÓN SUCRE	0+000	0+100	cumple	No cumple
0+100		0+200	cumple	cumple	cumple
0+200		0+300	cumple	cumple	cumple
0+300		0+400	cumple	cumple	cumple

Fuente: Elaborado propia, a partir de los datos de los planos del anexo 5.

De la tabla anterior podemos notar 2 tramos de la avenida independencia que no cumplen con los valores establecidos en la norma de diseño geométrico para carreteras, en las progresivas 1+500 – 1+600 se encuentra un tramo en tangente de longitud 45 m, que no cumple con la longitud mínima de tangente entre dos curvas del mismo sentido; el segundo tramo 1+700 – 1+800 corresponde a una curva circular de radio 85 m, que no cumple con el radio mínimo de 100 metros especificado por la norma DG-2018.

En el jirón sucre encontramos que solo el primer tramo 0+000 – 0+100 tiene pendiente 13.16% y no cumple con la pendiente máxima de 8% especificada en el manual de diseño geométrico de vías urbanas.

5.2. Determinación del índice de condición del pavimento de la avenida Independencia y el jirón Sucre.

A continuación, se presenta un cuadro resumen de los valores de índice de condición del pavimento (PCI) luego de procesar los datos de las fallas encontradas en cada unidad de muestreo con su respectivo valor y su clasificación.

Para el procesamiento de datos se utilizó el software UnalPCI para el cálculo automatizado de la condición de pavimentos.

Tabla 53

Índice de Condición del Pavimento (PCI) para la vía con superficie de rodadura de concreto asfáltico (avenida Independencia).

N°	Progresiva inicial	Progresiva Final	PCI	Estado por sección
1	0+000	0+100	87	Excelente
2	0+100	0+200	80	Muy bueno
3	0+200	0+300	60	Bueno
4	0+300	0+400	59	Bueno
5	0+400	0+500	50	Regular
6	0+500	0+600	62	Bueno
7	0+600	0+700	62	Bueno
8	0+700	0+800	60	Bueno
9	0+800	0+900	68	Bueno
10	0+900	1+000	68	Bueno
11	1+000	1+100	46	Regular
12	1+100	1+200	68	Bueno
13	1+200	1+300	65	Bueno
14	1+300	1+400	61	Bueno
15	1+400	1+500	55	Regular
16	1+500	1+600	57	Bueno
17	1+600	1+700	69	Bueno
18	1+700	1+800	100	Excelente
19	1+800	1+900	56	Bueno
20	1+900	2+000	69	Bueno
21	2+000	2+100	61	Bueno

22	2+100	2+200	46	Regular
23	2+200	2+300	44	Regular
24	2+300	2+364	72	Muy bueno
PROMEDIO PCI DE TODA LA VÍA			63.54	BUENO

Fuente: Elaborado a partir de los datos obtenidos del software UnalPCIA.

Tabla 54

Índice Condición del Pavimento (PCI) para la vía con superficie de rodadura de concreto hidráulico (jirón Sucre).

Nº	Progresiva inicial	Progresiva Final	PCI	Estado por sección
1	0+000	0+100	70	Bueno
2	0+100	0+200	69	Bueno
3	0+200	0+300	49	Regular
4	0+300	0+400	49	Regular
PROMEDIO DE TODA LA VÍA			59.25	BUENO

Fuente: Elaborado a partir de los datos obtenidos del software UnalPCIC.

Nota: Para la determinación de la condición del pavimento por el método del PCI, se toma en cuenta los deterioros que presenta la vía y no se analiza la textura del pavimento.

5.3. Accidentalidad vehicular

Para el análisis de la accidentalidad vehicular de la avenida Independencia y el jirón Sucre de la ciudad de Cajamarca, se utilizó los datos de los reportes de las denuncias de accidentes de tránsito registradas en la primera comisaría de la ciudad de Cajamarca, de donde se tiene datos desde el año 2014 hasta el año 2017.

A continuación, se presenta la tabla con la cantidad total de accidentes por año en las vías estudiadas.

Tabla 55

Accidentalidad vehicular de los años 2014 - 2017

VÍA/AÑO	2014	2015	2016	2017
Avenida Independencia	13	30	20	36
Jirón Sucre	13	23	24	23

Fuente: Elaborado a partir de los registros de la PNP.

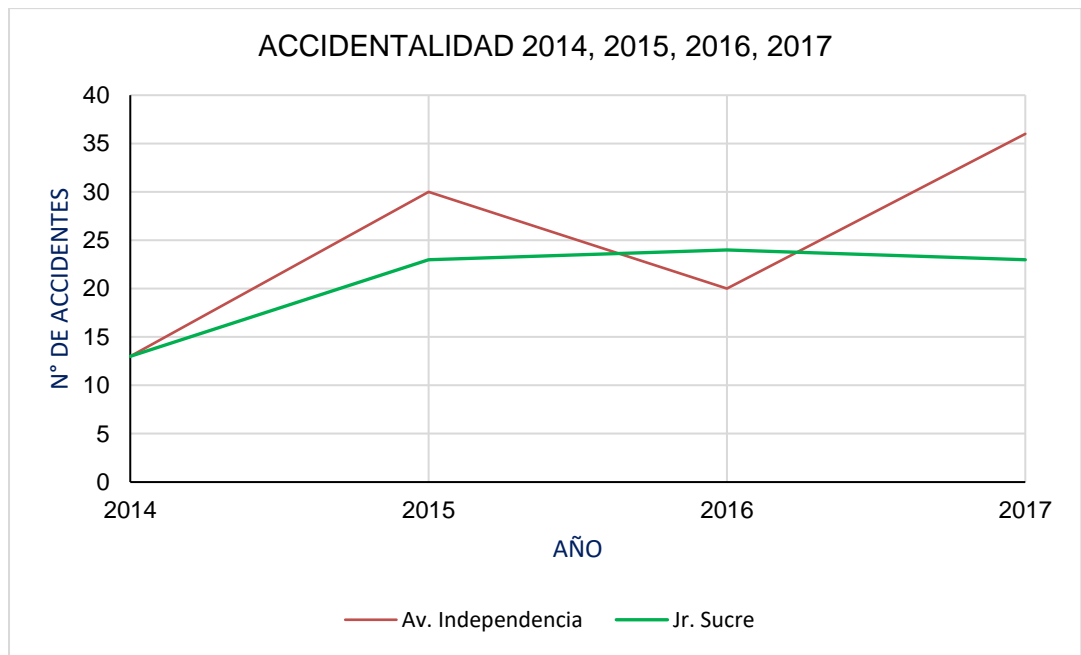


Figura 5. Accidentalidad vehicular 2014-2017

Al comparar la cantidad de accidentes de tránsito del gráfico anterior, vemos que durante el año 2015 la tendencia fue creciente tanto para la avenida Independencia y para el jirón Sucre, luego para el año 2016 la cantidad de accidentes ha disminuido, pero para el año 2017 ha crecido notablemente la cantidad de accidentes en la avenida Independencia.

5.4. Accidentalidad por tipo de evento

Se ha elaborado una tabla para cada tipo de evento desde el 2014 hasta el 2017, clasificando a los accidentes por el tipo de evento, considerando las características bajo las cuales sucedieron los hechos y se han clasificado en: atropello, caída de pasajeros, choque, volcadura y despiste.

Tabla 56

Número de accidentes por tipo de evento

VÍA/EVENTO	ATROPELLO	CAIDA DE PASAJEROS	CHOQUE	VOLCADURA	DESPISTE
AÑO 2014					
Av. Independencia	1	1	11	0	0
Jr. Sucre	6	0	7	0	0
AÑO 2015					
Av. Independencia	2	0	23	0	5
Jr. Sucre	4	1	18	0	0
AÑO 2016					
Av. Independencia	2	0	15	1	2
Jr. Sucre	3	0	21	0	0
AÑO 2017					
Av. Independencia	2	0	30	0	4
Jr. Sucre	5	0	17	1	0

Fuente: Elaborado a partir de los registros de la PNP.

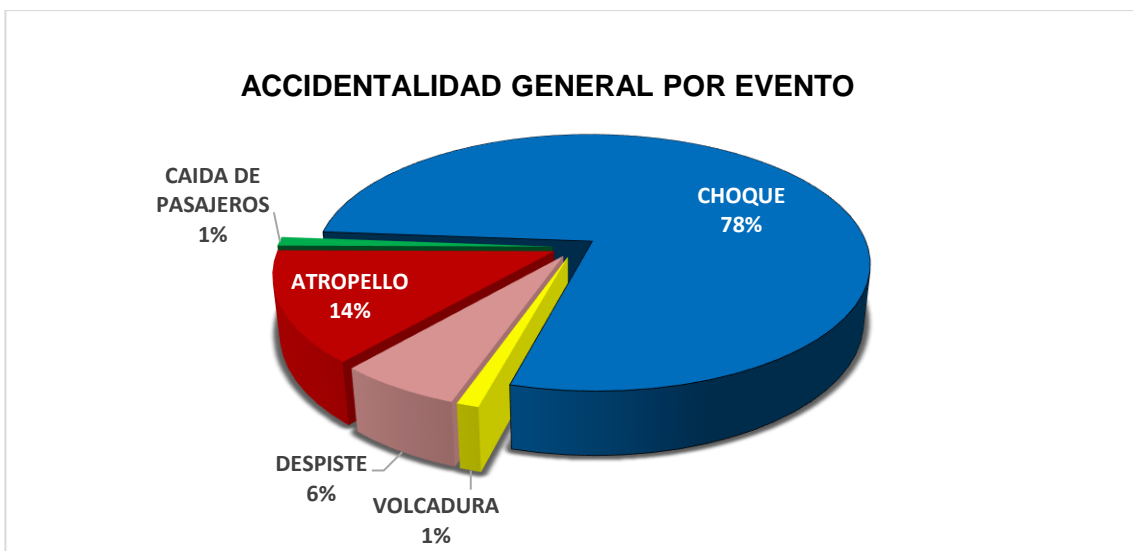


Figura 6. Accidentalidad general por evento

Del gráfico anterior podemos evidenciar los eventos más recurrentes que dan como consecuencia los accidentes de tránsito de la avenida Independencia y el jirón Sucre de la ciudad de Cajamarca son los choques, con un porcentaje de 78% y una cantidad considerable de atropellos (14%), donde se ven afectadas personas que no necesariamente están haciendo uso de un vehículo automotor.

5.5. Accidentalidad por gravedad de suceso

Dentro de la clasificación de accidentes de tránsito por gravedad de suceso se ha considerado 3 grupos como consecuencia medible del accidente: accidentes de tránsito solo con daños materiales, con heridos y con consecuencias fatales.



Figura 7. Accidentalidad general por suceso

Del gráfico anterior podemos observar que los accidentes más frecuentes traen como consecuencia heridos y pérdidas materiales, siendo sólo el 1% de accidentes con consecuencias mortales, estos datos son de las dos vías en estudio de la avenida Independencia y el jirón Sucre durante los años 2014 al 2017.

5.6. Puntos críticos

De la información recopilada y el procesamiento de datos de los accidentes de tránsito de los años 2014 hasta el 2017 de las vías en estudio, se ha podido determinar zonas donde se muestra mayor potencial de accidentalidad, para lo cual se empleó la metodología de los puntos críticos para reflejar la gravedad de estos sitios en términos de frecuencia, tasa y severidad.

- La frecuencia de accidentes es la relación de la cantidad de eventos en un sector específico en un periodo de tiempo determinado.
- La tasa está definida como el número de accidentes por millón – vehículo – kilómetro lo definimos mediante el índice de peligrosidad para accidentes totales (IPat).
- La severidad lo expresamos mediante el índice de peligrosidad para accidentes con víctimas (IPav) y el índice de severidad (Is).

Para el cálculo de estos índices de accidentalidad necesitamos datos de evaluación de un periodo de tiempo, longitud de vía y tránsito.

5.7. Medición de la frecuencia de los accidentes

Para la medición de la frecuencia de accidentes se utilizó el método de pines que consiste en colocar pines como representación de los eventos ocurridos sobre un mapa adecuado para la localización y representación de los accidentes (ver plano de ubicación de accidentes de tránsito mediante pines del anexo 5), para nuestra investigación se localizaron los accidentes de los años 2014, 2015, 2016 y 2017, cabe mencionar que para la ubicación de pines no se tuvo en cuenta la gravedad de los accidentes.

Para la identificación visual de la frecuencia de accidentes se localizó donde hubo la mayor concurrencia de pines, además se hizo el cálculo utilizando la ecuación 3 para determinar la frecuencia crítica de accidentalidad (F_c) y así se identificó los sitios más peligrosos, para lo cual nos basamos en un intervalo de confianza, asumiendo que la frecuencia de accidentes tiene una distribución normal.

$$F_c = \mu + k\sigma \quad \dots\dots\dots \text{Ecuación 3}$$

Donde:

F_c : Frecuencia crítica de accidentalidad

μ : Media aritmética de la muestra

σ : Desviación estándar

k : Factor correspondiente al porcentaje de nivel de confianza, para el presente trabajo trabajaremos con $k = 1$ que corresponde al 84% de nivel de confianza.

Tabla 57

Valores de $\mu+k\sigma$ con $k=1$ para la determinación de la frecuencia crítica de accidentalidad

Avenida Independencia - jirón Sucre	
Media aritmética (μ)	4.71
Desviación estándar (σ)	5.04
$F_c=\mu+k\sigma$	9.75

Fuente: Elaboración propia.

A partir de los datos calculados se procedió a seleccionar los puntos críticos de la vía, que corresponden a los 4 años analizados, de donde se seleccionaron como críticos los sitios cuando la suma de los accidentes en los cuatro años fue mayor o igual a la frecuencia crítica de accidentalidad ($F_c=9.75$) calculado.

Tabla 58

Frecuencia de accidentabilidad

VÍA	INICIO	FIN	TOTAL DE ACCIDENTES	SITIO CRÍTICO
AV. INDEPENDENCIA	0+000	0+100	16	CRÍTICO
	0+100	0+200	0	-
	0+200	0+300	0	-
	0+300	0+400	0	-
	0+400	0+500	0	-
	0+500	0+600	0	-
	0+600	0+700	2	-
	0+700	0+800	0	-
	0+800	0+900	4	-
	0+900	0+1000	0	-
	0+1000	0+1100	0	-
	0+1100	0+1200	4	-
	0+1200	0+1300	10	CRÍTICO
	0+1300	0+1400	5	-
	0+1400	0+1500	10	CRÍTICO
VÍA	INICIO	FIN	TOTAL DE ACCIDENTES	SITIO CRÍTICO
AV. INDEPENDENCIA	0+1500	0+1600	0	-
	0+1600	0+1700	9	-
	0+1700	0+1800	4	-
	0+1800	0+1900	6	-
	0+1900	0+2000	3	-
	0+2000	0+2100	5	-
	0+2100	0+2200	10	CRÍTICO
	0+2200	0+2300	3	-
	0+2300	0+2356	3	-
JR. SUCRE	0+000	0+100	10	CRÍTICO
	0+100	0+200	9	-
	0+200	0+300	18	CRÍTICO
	0+300	0+400	1	-

Fuente: Elaboración propia.

5.8. Determinación de los índices de accidentalidad

Con los datos de los registros de accidentes de tránsito y el plano elaborado de la vía en estudio se procedió a calcular los índices de accidentalidad de la vía, los índices que se determinó son: la tasa de accidentes, considerando el periodo de tiempo 4 años desde el año 2014 hasta el 2017, empleando la ecuación 4; además se calculó el índice de peligrosidad de accidentes con víctimas (IPav) y el índice de severidad (IS) que relaciona el número equivalente de accidentes con la cantidad de vehículos que circulan por la vía, utilizando las ecuaciones 5,6 y 7 respectivamente, la determinación de estos índices se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 59
Índices de accidentalidad Pat, Pav, Is

PROGRESIVA	AÑO 2014 TPD = 2076									AÑO 2015 TPD = 2089						AÑO 2016 TPD = 2102						AÑO 2017 TPD = 2116							
	INICIO	FIN	Nat	IPat	Nav	IPav	M	S	Is	Nat	IPat	Nav	IPav	M	H	Is	Nat	IPat	Nav	IPav	M	S	Is	Nat	IPat	Nav	IPav	M	S
0+000	0+100	5	65.99	3	39.59	0	2	105.58	7	91.81	5	65.58	0	2	157.38	1	13.03	0	0.00	0	1	13.03	3	38.84	1	12.95	0	2	51.79
0+100	0+200	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00
0+200	0+300	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00
0+300	0+400	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00
0+400	0+500	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00
0+500	0+600	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00
0+600	0+700	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	2	25.90	0	0.00	0	2	25.90
0+700	0+800	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00
0+800	0+900	1	13.20	0	0.00	1	0	237.55	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	3	39.10	3	39.10	0	0	78.20	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00
0+900	1+000	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00
1+000	1+100	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00
1+100	1+200	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	1	13.03	0	0.00	0	1	13.03	3	38.84	3	38.84	0	0	77.69
1+200	1+300	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	4	52.14	4	52.14	0	0	104.27	6	77.69	4	51.79	0	2	129.48
1+300	1+400	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	3	39.35	1	13.12	0	2	52.46	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	2	25.90	0	0.00	0	2	25.90
1+400	1+500	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	3	39.35	0	0.00	0	3	39.35	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	7	90.63	0	0.00	0	7	90.63
1+500	1+600	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00
1+600	1+700	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	2	26.07	2	26.07	0	0	52.14	7	90.63	7	90.63	0	0	181.27
1+700	1+800	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	2	26.23	0	0.00	0	2	26.23	2	26.07	2	26.07	0	0	52.14	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00
1+800	1+900	3	39.59	0	0.00	0	3	39.59	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	2	26.07	2	26.07	0	0	52.14	1	12.95	1	12.95	0	0	25.90
1+900	2+000	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	2	26.07	2	26.07	0	0	52.14	1	12.95	0	0.00	0	1	12.95
2+000	2+100	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	5	65.58	3	39.35	0	2	104.92	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00
2+100	2+200	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	6	78.69	4	52.46	0	2	131.15	2	26.07	1	13.03	0	1	39.10	2	25.90	0	0.00	0	2	25.90
2+200	2+300	3	39.59	3	39.59	0	0	79.18	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00
2+300	2356	1	13.20	0	0.00	0	1	13.20	4	52.46	0	0.00	0	4	52.46	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	2	25.90	1	12.95	0	1	38.84
0+000	0+100	3	39.59	1	13.20	0	2	52.79	1	13.12	1	13.12	0	0	26.23	6	78.20	6	78.20	0	0	156.41	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00
0+100	0+200	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	2	26.23	0	0.00	0	2	26.23	3	39.10	1	13.03	0	2	52.14	4	51.79	3	38.84	0	1	90.63
0+200	0+300	1	13.20	1	13.20	0	0	26.39	6	78.69	3	39.35	0	3	118.04	5	65.17	0	0.00	0	5	65.17	6	77.69	3	38.84	0	3	116.53
0+300	0+400	1	20.95	1	20.95	0	0	41.90	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00
Media aritmética (μ)			8.76		4.52			21.29		18.27		7.96			26.53		15.36		10.71			26.07		21.27		10.64			31.91
Desviación estándar(σ)			17.07		11.14			50.23		29.29		17.97			45.85		22.17		19.45			39.50		30.15		21.74			48.76
Fc=μ+kσ			25.83		15.66			71.53		47.56		25.93			72.08		37.53		30.15			65.57		51.42		32.37			80.67

Legenda:
■: Celdas con valores críticos
■: Filas con valores críticos
Fuente: Elaborada a partir de los registros de la FNP.

Comparando los datos obtenidos se determinó los sitios de alta concentración de accidentes donde se generan un número elevado de accidentes, a los que se denomina sitios críticos.

Tabla 60

Sitios críticos

VÍA	PROGRESIVA		ÍNDICES CRÍTICOS			FECUENCIA CRÍTICA	CR>Rc ó CSR>Sc y CF>Fc
	INICIO	FIN	lpat	lpav	ls		
AV. INDEPENDENCIA	0+000	0+100	2	2	2	Crítico	Sitio crítico
	1+200	1+300	2	2	2	Crítico	Sitio crítico
	1+400	1+500	1	0	1	Crítico	Sitio crítico
	2+100	2+200	1	1	1	Crítico	Sitio crítico
JR. SUCRE	0+000	0+100	2	1	1	Crítico	Sitio crítico
	0+200	0+300	3	1	2	Crítico	Sitio crítico

Fuente: Elaboración propia.

Podemos determinar en la tabla anterior lo valores de las celdas de color rojo son los tramos que superan el factor de criticidad para cada sección de vía evaluado.

5.9. Análisis de la accidentalidad y las características de la vía

Tabla 61

Análisis de la accidentalidad y las características de la vía.

VÍA	PROGRESIVA		ANÁLISIS DE ACCIDENTALIDAD Y LAS CARACTERÍSTICAS DE LA VÍA		
	INICIO	FIN	ACCIDENTALIDAD	ESTADO DE LA VÍA	DISEÑO GEOMÉTRICO
AVENIDA INDEPENDENCIA	0+000	0+100	Sitio crítico	Excelente	Consistente
	1+200	1+300	Sitio crítico	Bueno	Consistente
	1+400	1+500	Sitio crítico	Regular	Consistente
	2+100	2+200	Sitio crítico	Regular	Consistente
JIRÓN	0+000	0+100	Sitio crítico	Bueno	Inconsistente
SUCRE	0+200	0+300	Sitio crítico	Regular	Consistente

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 62

Incidencia de las características de la vía en la accidentalidad vehicular.

VÍA	TRAMO CRÍTICO	INICIO	FIN	INCIDENCIA	PORCENTAJE	TOTAL
AVENIDA INDEPENDENCIA	1	0+000	0+100	No incide	16.67%	NO INCIDE = 33.33%
	2	1+200	1+300	No incide	16.67%	
	3	1+400	1+500	Incide	16.67%	INCIDE =66.67%
	4	2+100	2+200	Incide	16.67%	
JIRÓN SUCRE	5	0+000	0+100	Incide	16.67%	
	6	0+200	0+300	Incide	16.67%	

Fuente: Elaboración propia.

5.10. Análisis, interpretación y discusión de resultados

De las características geométricas de la vía avenida Independencia se identificó 9 tramos en tangente entre 10 curvas horizontales; la longitud de estas tangentes cumple con la longitud mínima para una carretera con velocidad de 50 km/h, a excepción de la tangente T-7 ubicada entre las curvas PI-7 y PI-8, esto indica una buena consistencia en la mayoría de tramos en tangente de la avenida Independencia, a excepción de la tangente T-7 mencionada, que se ubica en las progresivas 1+500 – 1+600.

Las pendientes longitudinales de la vía avenida Independencia varían entre 2.9% a 5.4%, y según normas de diseño geométrico DG-2018, para el tipo de vía que tenemos, la pendiente longitudinal máxima debe ser 7%, lo que es consistente con las características actuales de la vía.

La avenida Independencia, tiene un ancho promedio de calzada de 8.00 m, mayor que 7.20 m. que es el ancho mínimo especificado en la norma de diseño geométrico DG-2018 para una carretera de segunda clase y velocidad de diseño entre 50 y 80 km/h.

El jirón Sucre, tiene un ancho promedio de carril de 9.20 m, mayor que 6.5 m. que es el ancho mínimo especificado en el Manual Geométrico de Vías Urbanas, para una vía colectora con velocidad de diseño entre 40 y 50 km//h.

Las pendientes longitudinales del jirón Sucre varían entre 2.03% a 13.16%, y según el Manual Geométrico de Vías Urbanas, para el tipo de vía que tenemos, la pendiente longitudinal máxima debe ser 8%, en el tramo inicial la pendiente esta sobre el valor máximo recomendado.

En el cálculo de la proyección de tráfico que se realizó para este estudio, se usó los datos de los censos realizados por el Instituto Nacional de Estadística e Informática, datos que se muestran en la tabla N° 48, donde, para la ciudad de Cajamarca la población ha decrecido del año 2007 al año 2017, esto nos genera una tasa de crecimiento negativa, dicho valor afecta el cálculo de la proyección del tráfico para vehículos ligeros, pero en la práctica no se refleja lo mismo porque no hay disminución del parque automotor.

Uno de los primeros tramos críticos de accidentalidad vehicular de la avenida Independencia está ubicada en las progresivas 1+200 a 1+300, donde la pendiente longitudinal es 4.41%, el ancho total de la calzada es 7.80 metros, y la ubicación de una curva horizontal de radio 260 m, este tramo cumple con las dimensiones mínimas establecidas en la norma de diseño geométrico, pero el pavimento presenta grietas longitudinales y baches de severidad alta, a lo que podemos atribuir los accidentes, ya que se ha notado durante la inspección en campo que los conductores al encontrar los baches, tratan de esquivarlos, incluso invadiendo el carril contrario.

Analizando los sitios críticos de la vía Independencia, según la accidentalidad, en las progresivas 1+400 a 1+500 podemos observar que se trata de un tramo con pendiente 4.94% y ancho promedio de calzada 7.90 metros, características similares encontradas desde el inicio de la vía y cumplen con los valores de diseño propuestos en la norma de diseño geométrico; el estado del pavimento en ese tramo de la vía es regular, presenta hundimientos,

grietas longitudinales y huecos de severidad alta en varias partes de dicha sección de vía, produciendo que el conductor pierda el control del vehículo y provoque accidentes.

La última sección con accidentalidad crítica de la avenida Independencia se localiza en las progresivas 2+100 a 2+200, esta sección tiene pendiente longitudinal de 4.52%, ancho promedio de calzada 7.23 m. y la presencia de una curva horizontal de 150 m. de radio, cumple con los parámetros establecidos en la norma de diseño geométrico; según la evaluación de la condición de pavimento para ese tramo existen diversas fallas como: piel de cocodrilo, grietas longitudinales, transversales, además es una de las secciones con mayor cantidad de baches con severidad alta de toda la vía, y el estado para toda la sección del pavimento es regular.

Las siguientes secciones estudiadas corresponden al jirón Sucre, donde el primer tramo crítico de accidentalidad vehicular se localiza al inicio de la vía en las progresivas 0+000 – 0+100, donde se tiene la pendiente más pronunciada de toda la vía 13.16%, además según los datos de accidentes y el plano de pines es una zona de alta ocurrencia de accidentes de tránsito, en este tramo el estado del pavimento está deteriorado, presenta agrietamientos, losas divididas y punzonamientos de severidad alta.

El último tramo con accidentalidad crítica corresponde a la cuadra 3 del jirón Sucre localizada en las progresivas 0+200 – 0+300, su ancho promedio de carril es 9.00 m., su pendiente es 5.54%, también es preciso mencionar que encontramos la intersección con una vía de alto tránsito que es la avenida La Paz, siendo una de las zonas con mayor número de accidentes de tránsito, el estado del pavimento en esta sección es regular, presenta punzonamientos y agrietamientos lineales de severidad alta.

Del análisis del estado del pavimento flexible de la avenida Independencia, tenemos zonas con valoración de índice de condición del pavimento desde 44 (estado regular) hasta 100 (estado excelente), dicha variación es propio de un pavimento flexible donde se presentan las fallas puntuales, al promediar los valores de PCI de toda la muestra arrojan valores más conservadores PCI = 63.54 que califican a toda la vía en buen estado, pero no se debe

generalizar dicho estado para toda vía, por lo que se precisa la ubicación de fallas según las progresivas de cada muestra de pavimento evaluado.

El pavimento del jirón Sucre está conformado por losas de concreto hidráulico, presenta las siguientes fallas con severidad alta: punzonamientos, agrietamientos lineales, losas divididas y daño de sello en la junta, estas fallas están ubicadas en su mayoría en las intersecciones con las otras calles; el valor de PCI de todo el pavimento es 59.25, y según la escala de valores de PCI, dicho pavimento se cataloga en buen estado.

5.11. Contrastación de hipótesis

Del estudio realizado en la vía de la avenida Independencia y el jirón Sucre de la ciudad de Cajamarca encontramos que las características de la vía (estado de la vía y características geométricas) inciden en 66.67% de los sitios críticos de ocurrencia de accidentes de tránsito. Estos sitios críticos de accidentalidad han sido localizados en zonas donde pavimento está deteriorado y presenta fallas de severidad alta.

CONCLUSIONES

1. Las características de las vías avenida Independencia y jirón Sucre inciden negativamente en la seguridad vial, en 66.67%.
2. Las características geométricas de las vías estudiadas son: la calzada de la avenida Independencia de capa rodadura de concreto asfáltico tiene ancho promedio 8.00 m y sus pendientes varían de 2.46% a 7.05%; la calzada del jirón Sucre está conformada por losas de concreto hidráulico, tiene ancho promedio de 9.20 m, sus pendientes varían de 4.31% a 13.16% en el tramo más crítico del jirón Sucre; y el volumen de tránsito promedio diario para ambas vías es 2131 vehículos por día en el año 2018.
3. La evaluación por la metodología del índice de condición del pavimento (PCI), determina que el pavimento flexible de la avenida Independencia se encuentra en condición buena con un valor PCI=63.54; y, el pavimento hidráulico del jirón Sucre tiene un valor PC=59.61 el cual también corresponde a un pavimento de buen estado.
4. Se han localizado seis sitios críticos de ocurrencia de accidentes de tránsito, ubicados en las progresivas 0+000 - 0+100, 1+200 – 1+300, 1+400 - 1+500, 2+100 – 2+200 de la avenida Independencia y 0+000 – 0+98.24, 0+198.35 – 0+299.12 del jirón Sucre, cinco de estos sitios críticos están localizados en áreas donde el pavimento está deteriorado con fallas de severidad alta.

RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS

1. Se recomienda hacer estudio en otras vías para determinar los lugares críticos de ocurrencia de accidentes de tránsito de la ciudad de Cajamarca para tener mayor panorama de la incidencia de las características geométricas de la vía en la seguridad vial.
2. Se sugiere investigar lo últimos avances de simulación 3D y utilizar modelamiento 3D en carreteras para ver el comportamiento de los vehículos incluyendo factores como velocidad, tipo de vehículos y analizarlo con respecto a las características de la vía.
3. Para la toma de datos de campo en vías en funcionamiento, se recomienda tomar las medidas de seguridad necesarias como: delimitación y señalización de la zona donde se está realizando el estudio con conos y cinta, usar chaleco reflectante, casco, y contar el personal necesario para una correcta toma de datos en el menor tiempo para no interrumpir el flujo vehicular y disminuir el riesgo de accidentes.
4. Respecto al factor de corrección del peaje, el uso o no uso de este factor para la cantidad de vehículos en la vía estudiada (2131 veh. /día) no afecta significativamente en el cálculo del IMD, debido a que es un valor pequeño (1.006), por lo que se podría desestimar; además cabe precisar que el factor utilizado corresponde a Ciudad de Dios, que es el lugar más cercano a Cajamarca donde se tiene datos de peaje.
5. Se recomienda realizar estudios en las vías de mayor circulación vehicular, con la finalidad de identificar las causas que originan los accidentes de tránsito.
6. Para la realización de otros trabajos se recomienda implementar puntos de control para verificar si se cumple la velocidad máxima de circulación de vehículos establecida para el tipo de vía.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso, F., Esteban, C., & Calatayud, C. (2013). *La gestión de los puntos negros en el marco de los sistemas de gestión de la seguridad de infraestructuras viarias*. Madrid: Etrasa.
- Arias, L. (2019). *Análisis de las características geométricas de la vía Puno - Laraqueri que inciden en accidentes de tránsito en relación a las características geométricas de la normatividad vigente*. Puno: UNA.
- Asprilla, Y., Gutiérrez, E., & Córdoba, Z. (2014). *Influencia que tienen los elementos de la infraestructura en la seguridad vial*. Bogotá: Universidad de los Andes.
- ASTM D6433-07, A. S. (2007). *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys, America Society for Testing of Materials* (Vols. 04.03, D6433-07). (A. S. Materials, Ed.) West Conshohocken, USA.
- Atauchi, F., & Quispe, D. (2019). *Análisis de la influencia de las características geométricas, dispositivos de control e intensidad del tránsito en la accidentalidad de la carretera nacional PE-3S tramo Ancahuasi - Limactambo según la metodología de inspección de seguridad vial del MTC*. Cusco: UAC.
- Calán, Á. J., & Gonzáles, J. H. (2017). *Incidencia del trazado geométrico en sitios críticos de accidentalidad, corredor perimetral de oriente de Bogotá, vías Los Patios - Guasca, Salitre - Sopo, Bogotá - Chocachí - Ubaque*. Bogotá: Universidad Santo Tomás.
- Cárdenas, J. (2013). *Diseño geométrico de carreteras* (3° ed.). Bogotá, Colombia: ECOE.
- Chávez, V. (2005). *Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas*. Lima: ICG.
- Chingay, L. J. (2017). *Características geométricas de la carretera Sunuden – san miguel para la seguridad vial en base a la norma de diseño geométrico DG-2014*. Cajamarca: Universidad Privada del Norte.
- Consejo Nacional de Seguridad Vial. (2017). *Plan Estratégico Nacional de Seguridad Vial 2017-2021*. Lima: MTC.

- Díaz, J. (2017). *Factores de riesgo que afectan la severidad de los accidentes de tráfico en áreas urbanas. El caso de Cartagena, Colombia*. Cartagena: UN.
- García, R., Delgado, D., Díaz, E., & García, R. (2012). *Caracterización de la accidentabilidad vehicular y análisis de las causas en la provincia de Villa Clara*. Cuba: Universidad Central de las Villas.
- Gómez, M., Escobar, D., & Urazán, C. (2017). *Relación técnica entre seguridad vial, accidentalidad y lineamientos de diseño geométrico. Estudio de caso: Vía manizales - Neira (Colombia)*. Manizales: Espacios.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (09 de 11 de 2017). *INEI*. Obtenido de https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/boletines/02-informe-tecnico-n02_producto-bruto-interno-trimestral-2017i.pdf
- Instituto Nacional de Vías. (15 de 08 de 2018). *INVÍAS*. Obtenido de <https://www.invias.gov.co/index.php/servicios-al-ciudadano/glosario>
- Juárez, B. (2012). *Acciones para el fortalecimiento de la seguridad vial* (1° Ed ed.). México.
- Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales. (2008). *Desarrollo de Herramientas de Gestión con Base en la Determinación de Índices de La Red Vial Nacional*. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales. Costa Rica: Unidad de Investigación (UI).
- Mediatrain. (19 de 08 de 2018). *Cultura vial*. Recuperado el 08 de 09 de 2018, de <http://culturavial.com/seguridad-vial/que-es-seguridad-vial.html>
- Medina, G. k. (2016). *Estudio de los efectos del diseño Geométrico sobre la seguridad vial utilizando la norma DG-2013 en la carretera Cajamarca – Bambamarca en el tramo del km 1+000 hasta el km 5+000*. Cajamarca: Universidad Privada del Norte.
- Ministerio de Salud. (6 de Junio de 2019). *Centro Nacional de epidemiología, prevención y control de enfermedades*. Obtenido de Ministerio de Salud:

https://www.dge.gob.pe/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=14:sa-la-situacional&catid=8:fortalecimiento-institucional&Itemid=121

Ministerio de Transportes de Colombia. (2016). *Manual para el mantenimiento de la red vial secundaria*. Bogotá: PUJ.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG-2018*. Lima: Macro.

Montoya, G., & Avendaño, G. (2015). *Supervisión de las condiciones de infraestructura vial en puntos críticos de accidentes de tránsito en los distritos de Lima y Callao*. Lima: Defensoría del Pueblo.

Organización Mundial de la Salud. (2018). *Global status report on road safety, time for action*. OMS. Recuperado el 20 de 09 de 2018, de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>

Policía Nacional del Perú. (2017). *Registro de accidentes de tránsito de la Policía Nacional del Peru*. Cajamarca: Comisaría 1 "A" CPNP C.

PROJEKTA. (2011). *Manual de Identificación de puntos críticos por accidentalidad en carreteras*. Bogotá.

Secretaría Técnica del Consejo de Transportes de Lima y Callao. (2009). *Evaluación de tránsito y seguridad vial en la intersección Panamericana Norte y Av. Próceres - Lima Norte*. Lima: ST/CTLIC.

Shahin, M. (2005). *Pavement management for Airports Roads and Parking Lots*. Virginia: Springer.

Torres, J. A. (2012). *Metodología de evaluación de la seguridad vial en intersecciones basada en el análisis cuantitativo de conflictos entre vehículos*. Santiago de Chile: Universidad Politécnica.

Vásquez Guerrero, J. (2017). *Sucesos de tránsito*. Lima: División Nacional de Tanatología Forense.

Vásquez Varela, L. R. (2002). *Instructivo para el manejo del software UnaLPCI*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.

Villacorta, J. (2018). *Los accidentes de tránsito y su relación con las características geométricas de la av. Héroes del Cenepa desde la av. Independencia hasta la av. vía de Evitamiento Sur en la ciudad de Cajamarca*. Cajamarca.

ANEXOS

ANEXO 1

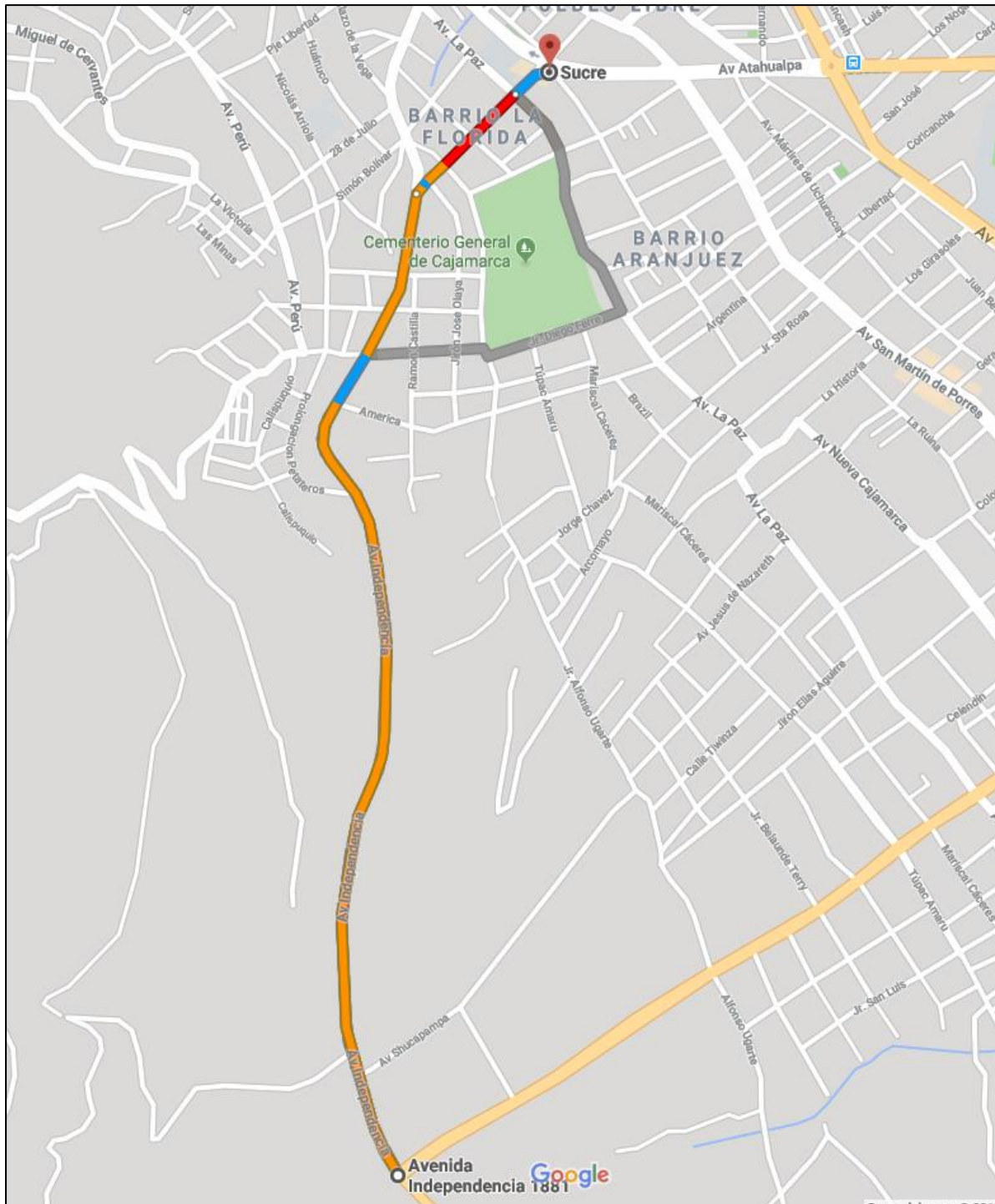
Formato 01. Exploración de la condición por unidad de muestra para pavimentos rígidos.

HOJA PARA EL CÁLCULO DE LA CONDICION DE PAVIMENTOS CON LOSA CONCRETO									
FORMATO 01. HOJA DE INSPECCIÓN DE CONDICIONES PARA UNIDAD DE MUESTRA									
NOMBRE DE LA VÍA:									
TRAMO			SECCIÓN			UND. DE MUESTRA			
-									
INSPECCIONADO POR			FECHA			Nº DE LOSAS DE LA MUESTRA			
Homer Daniel Sangay Sangay									
#	DAÑOS								
21	Hinchamiento/Pandeo		31	Pulimiento de Agregados		LEYENDA			
22	Grieta de Esquina		32	Baches		L	Baja		
23	Losa Dividida		33	Bombeo		M	Media		
24	Grieta de Durabilidad		34	Punzonamiento		H	Alta		
25	Escalamiento		35	Cruce de Vía Férrea					
26	Daño en Sello de Juntas		36	Escamadura/Dilapidado					
27	Desnivel Carril/Berma		37	Grietas de Contracción					
28	Agrietamiento Lineal		38	Escamadura de Esquina					
29	Parche (Grande)		39	Escamadura de Junta					
30	Parche (Pequeño)								
DAÑO #	SEVERIDAD L, M, H	Nº DE LOSAS	DENSIDAD(%) Nº LOSAS /MUESTRA	VALOR DEDUC	CROQUIS				
				ÁBACO Anex.A	CARRIL:	Derecho	Izquierdo		
									1
									2
									3
									4
									5
									6
									7
									8
									9
									10
Nº de deducidos > 2 (q):						q	>	mi	
Valor deducido mas alto (HDVi):							>		
Nº admisible de deducidos (mi):						Entonces q máximo =			

Fuente: Elaboración propia a partir del procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento ASTM D6433-07.

ANEXO 2

Vista satelital de las vías en estudio.



- Tramo de estudio (avenida Independencia)
- Tramo de estudio (jirón Sucre)

Figura 8. Vista en planta de la avenida Independencia y jirón Sucre.

Fuente: (Google Maps, 2019)

ANEXO 3

Tabla 63

*Accidentes de tránsito registrados en la primera comisaría - Policía Nacional de Perú - Cajamarca
I 2013-2017 (avenida Independencia).*

MES	ID	TIPO VIA	UBICACION	CDRA	MODALIDAD
Nov	3167641	AVENIDA	INDEPENDENCIA Y JR SUCRE		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES
Nov	3196373	AVENIDA	INDEPENDENCIA Y JR. ANTENOR ORREGO		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES Y LESIONES
Dic	3275255	AVENIDA	INDEPENDENCIA Y JR. BOLIVAR		CHOQUE Y FUGA
Dic	3284526	AVENIDA	INDEPENDENCIA	5	DESPISTE CON LESIONES
Dic	3315681	AVENIDA	AV INDEPENDENCIA	10	ESPECIALES
Ene	3338216	AVENIDA	INDEPENDENCIA INTERSECCION CON LA AV. HEROES DEL CENAPA		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES
Ene	3408326	AVENIDA	INDEPENDENCIA Y AV HEROES DE CENAPA		CAIDA DE PASAJEROS
Ene	3421008	AVENIDA	INDEPENDENCIA Y JR BOLIBAR		CHOQUE Y FUGA
Feb	3495649	AVENIDA	INDEPENDENCIA	9	CHOQUE Y FUGA
Mar	3620488	AVENIDA	INDEPENDENCIA	2	ESPECIALES
Mar	3633886	AVENIDA	INDEPENDENCIA	2	ESPECIALES
Ago	4270031	AVENIDA	INDEPENDENCIA	18	ATROPELLO FATAL
Ago	4270352	AVENIDA	INDEPENDENCIA	5	CHOQUE Y FUGA
Nov	4676707	AVENIDA	INDEPENDENCIA	5	CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES Y LESIONES
Ene	4874573	AVENIDA	INDEPENDENCIA-JR. QUIÑONES		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES Y LESIONES
Ene	4954132	AVENIDA	INDEPENDENCIA Y JR ANTENOR ORREJO		ATROPELLO
Feb	5050906	AVENIDA	INDEPENDENCIA	7	CHOQUE Y FUGA
Feb	5054007	AVENIDA	HEROES DEL CENAPA Y AV.		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES

			INDEPENDENCIA	Y LESIONES	
MES	ID	TIPO VIA	UBICACION	CDRA	MODALIDAD
Feb	5090575	AVENIDA	INDEPENDENCIA Y JR SUCRE		CHOQUE Y FUGA
May	5460321	AVENIDA	INDEPENDENCIA.	9	CHOQUE Y FUGA
May	5561881	AVENIDA	INDEPENDENCIA-JR. SALAVERRY		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES
May	5559033	AVENIDA	INDEPENDENCIA	12	DESPISTE
Jun	5636116	AVENIDA	INDEPENDENCIA (CRUZ BLANCA)	20	DESPISTE
Jun	5638412	AVENIDA	INDEPENDENCIA	13	ATROPELLO
Jun	5670933	AVENIDA	INDEPENDENCIA Y JR ANTENOR ORREGO		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES Y LESIONES
Jul	5763819	AVENIDA	INDEPENDENCIA Y JR QUIÑONES		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES
Jul	5834918	AVENIDA	INDEPENDENCIA Y ANTENOR ORREGO		CHOQUE Y FUGA
Set	6135550	AVENIDA	INDEPENDENCIA Y AV. HEROES DEL CENEPA		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES Y LESIONES
Oct	6195891	AVENIDA	INDEPENDENCIA	13	CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES
Dic	6482392	AVENIDA	AV. INDEPENDENCIA Y JR. JOSE QUIÑONES		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES Y LESIONES
Dic	6509626	AVENIDA	INDEPENDENCIA	6	ESPECIALES
Ene	6484864	AVENIDA	INDEPENDENCIA Y JR. DIEGO FERRE		ATROPELLO Y FUGA
Ene	6622215	AVENIDA	INDEPENDENCIA	9	CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES Y LESIONES
Feb	6790326	AVENIDA	INDEPENDENCIA	6	CHOQUE Y FUGA
Feb	6824877	AVENIDA	INDEPENDENCIA (ALTUTA DEL GRIFO CONTINENTAL)		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES
Abr	7200481	AVENIDA	INDEPENDENCIA	15	DESPISTE
May	7337299	AVENIDA	INDEPENDENCIA	2	DESPISTE CON LESIONES
Jun	7493801	AVENIDA	INDEPENDENCIA	14	CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES Y LESIONES

Jun	7536949	JIRON	DIEGO FERRÉ Y AV. INDEPENDENCIA		DESPISTE CON LESIONES
MES	ID	TIPO VIA	UBICACION	CDRA	MODALIDAD
Jul	7602984	AVENIDA	INDEPENDENCIA	18	CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES Y LESIONES
Jul	7702903	AVENIDA	INDEPENDENCIA	14	CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES Y LESIONES
Ago	7886362	AVENIDA	INDEPENDENCIA (GRIFO CRUZ BLANCA)		CHOQUE Y FUGA
Set	7946307	AVENIDA	INDEPENDENCIA S/N (FRENTE AL GRIFO PECSA)		ATROPELLO
Oct	8235435	AVENIDA	INTERSEC. DE LA AV. INDEPENDENCIA CON LA AV. ARGENTINA		ATROPELLO Y FUGA
Oct	8234467	AVENIDA	INDEPENDENCIA/AV. LA PAZ		CHOQUE Y FUGA
Nov	8294314	AVENIDA	INDEPENDENCIA (FRENTE AL GRIFO LAYZON)		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES Y LESIONES
Nov	8334712	AVENIDA	INDEPENDENCIA	6	VOLCADURA CON LESIONES
Nov	8358995	AVENIDA	BOLOGNESI Y INDEPENDENCIA		CHOQUE POR ALCANCE
Dic	8474602	AVENIDA	INDEPENDENCIA	3	ATROPELLO
Ene	8722124	AVENIDA	INDEPENDENCIA	5	CHOQUE Y FUGA
Feb	8835832	AVENIDA	INDEPENDENCIA		ATROPELLO
Feb	8907359	AVENIDA	INDEPENDENCIA	12	CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES
Feb	8929938	AVENIDA	INDEPENDENCIA	12	CHOQUE
Mar	8960522	AVENIDA	INDEPENDENCIA Y A. ORREGO		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES
Mar	9022291	AVENIDA	INDEPENDENCIA	14	CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES
Abr	9189545	AVENIDA	INDEPENDENCIA CON HÉROES DEL CENEP		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES

MES	ID	TIPO VIA	UBICACION	CDRA	MODALIDAD
May	9349282	AVENIDA	INDEPENDENCIA	12	CHOQUE Y FUGA
May	9386810	AVENIDA	INDEPENDENCIA	1	ATROPELLO
Jul	9633748	AVENIDA	INDEPENDENCIA (REF. GRIFO LAYZON)		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES Y LESIONES
Jul	9645822	AVENIDA	INDEPENDENCIA	13	DESPISTE
Jul	9694258	AVENIDA	INDEPENDENCIA E INTERSECCIN CON JR. AMERICA		ATROPELLO Y FUGA
Ago	9834396	AVENIDA	INDEPENDENCIA	19	CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES
Ago	9924857	AVENIDA	INDEPENDENCIA (REF. GRIFO CONTINENTAL)		DESPISTE CON LESIONES
Set	10014514	AVENIDA	INDEPENDENCIA	1	ATROPELLO
Set	10041677	AVENIDA	INDEPENDENCIA	3	ATROPELLO
Set	10057366	AVENIDA	INDEPENDENCIA	588	CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES
Oct	10382590	AVENIDA	INDEPENDENCIA	15	CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES Y LESIONES
Oct	10320066	AVENIDA	INDEPENDENCIA (ALTURA GRIFO LAYZON)		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES Y LESIONES
Nov	10435258	AVENIDA	INDEPENDENCIA	10	CHOQUE CON ATROPELLO
Nov	10550909	AVENIDA	INDEPENDENCIA	15	DESPISTE CON LESIONES
Dic	10621677	AVENIDA	INDEPENDENCIA	1	CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES Y LESIONES
Dic	10624465	AVENIDA	INDEPENDENCIA	14	CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES Y LESIONES
Dic	10646988	AVENIDA	INDEPENDENCIA	14	CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES Y LESIONES

Fuente: Elaborado a partir de datos de la Policía Nacional del Perú

Tabla 64

*Accidentes de tránsito registrados en la primera comisaría - Policía Nacional de Perú - Cajamarca
I 2013-2017 (jirón Sucre).*

MES	ID	TIPO VIA	UBICACION	CDRA	MODALIDAD
Nov	3180908	JIRON	ALFONSO UGARTE Y JR. SUCRE		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES Y LESIONES
Dic	3248266	AVENIDA	AV LA PAZ Y JR SUCRE		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES Y LESIONES
Feb	3561551	JIRON	INTERSECCION DEL JR. SUCRE Y ALFONSO UGARTE.		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES
May	3815200	AVENIDA	SUCRE	3	ATROPELLO
Jun	3953110	AVENIDA	INTERS. ATAHUALPA Y SUCRE		ATROPELLO
Jul	4182856	AVENIDA	INTERS. AV. ATAHUALPA Y JR. SUCRE		CHOQUE
Set	4324908	AVENIDA	ATAHUALPA Y JR SUCRE		ATROPELLO
Nov	4617615	JIRON	SUCRE	5	ATROPELLO
Nov	4657047	AVENIDA	ATAHUALPA Y JR. SUCRE		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES Y LESIONES
Dic	4817018	AVENIDA	LA PAZ Y SUCRE		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES Y LESIONES
Ene	4937119	AVENIDA	ATAHUALPA Y JR. SUCRE		CHOQUE Y FUGA
Feb	5060724	AVENIDA	ATAHUALPA-JR. SUCRE		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES
Feb	5090575	AVENIDA	INDEPENDENCIA Y JR SUCRE		CHOQUE Y FUGA
Abr	5364891	AVENIDA	LA PAZ Y JR. SUCRE		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES
Abr	5380295	AVENIDA	INTERS. DE AV. ATAHUALPA Y JR. SUCRE.		ATROPELLO Y FUGA
May	5445246	AVENIDA	ATAHUALPA Y JR SUCRE		CHOQUE POR RASPADA
May	5537051	AVENIDA	LA PAZ Y JR. SUCRE		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES

MES	ID	TIPO VIA	UBICACION	CDRA	MODALIDAD
Jun	5620783	AVENIDA	ATAHUALPA Y JR. SUCRE		ATROPELLO
Jun	5682119	JIRON	SUCRE	3	ATROPELLO
Jun	5706401	AVENIDA	SAN MARTIN-JR. SUCRE		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES
Ago	5892014	AVENIDA	LA PAZ Y JR. SUCRE		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES Y LESIONES
Ago	5947152	JIRON	SUCRE	6	CHOQUE Y FUGA
Ago	5958548	AVENIDA	LA PAZ Y JR. SUCRE		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES Y LESIONES
Set	6092523	AVENIDA	ATAHUALPA Y JR SUCRE		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES Y LESIONES
Set	6123573	AVENIDA	ATAHUALPA Y JR. SUCRE		CAIDA DE PASAJEROS CON ATROPELLO
Oct	6195886	AVENIDA	LA PAZ-JR. SUCRE		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES Y LESIONES
Dic	6464151	AVENIDA	ATAHUALPA Y JR. SUCRE		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES Y LESIONES
Ene	6707880	JIRON	LA PAZ Y JR SUCRE		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES
Feb	6819045	AVENIDA	ATAHUALPA Y JR SUCRE		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES
Feb	6857192	AVENIDA	ATAHUALPA Y JR. SUCRE		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES Y LESIONES
Abr	7093863	JIRON	SUCRE Y SALAVERRY		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES
May	7309189	JIRON	REYNA FARGE Y JR. SUCRE		ATROPELLO
May	7374446	AVENIDA	ATAHUALPA / JR. SUCRE		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES
Jun	7511701	JIRON	SUCRE	4	ATROPELLO
Jun	7560968	JIRON	SUCRE - ALFONSO UGARTE		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES Y LESIONES
Jul	7654210	AVENIDA	ATAHUALPA Y JR SUCRE		ATROPELLO

MES	ID	TIPOVIA	UBICACION	CDRA	MODALIDAD
Set	8048510	JIRON	INTERSEC. DEL JR. SUCRE CON LA AV. ALFONSO UGARTE		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES Y LESIONES
Oct	8178147	AVENIDA	ATAHUALPA Y JR. SUCRE		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES
Oct	8408018	JIRON	ALFONSO UGARTE / JR. SUCRE		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES Y LESIONES
Dic	8535958	AVENIDA	LA PAZ / JR. SUCRE.		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES
Ene	8589522	AVENIDA	LA PAZ Y JR. SUCRE		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES
Ene	8601137	AVENIDA	LA PAZ CON JR. SUCRE		CHOQUE POR ALCANCE
Ene	8621352	AVENIDA	LA PAZ Y JR. SUCRE		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES Y LESIONES
Ene	8723827	AVENIDA	ATAHUALPA Y JR. SUCRE.		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES
Feb	8918868	AVENIDA	ATAHUALPA Y JR. SUCRE		ATROPELLO
Mar	9076042	JIRON	SUCRE	4	CHOQUE Y FUGA
Mar	9102924	JIRON	SUCRE	4	ATROPELLO
May	9362991	JIRON	SUCRE Y SALAVERRY		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES Y LESIONES
May	9442947	AVENIDA	ATAHUALPA Y JR. SUCRE		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES
Jun	9653206	AVENIDA	ATAHUALPA Y SUCRE		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES
Jul	9749750	AVENIDA	ATAHUALPA Y JR. SUCRE		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES
Set	10088126	AVENIDA	LA PAZ Y JR. SUCRE		VOLCADURA CON LESIONES
Oct	10356228	AVENIDA	ATAHUALPA Y JR. SUCRE		CHOQUE CON DAÑOS MATERIALES
Nov	10442570	AVENIDA	LA PAZ Y JR. SUCRE		CHOQUE Y FUGA
Dic	10557298	AVENIDA	ATAHUALPA E INTERSECCION CON EL JR. SUCRE		ATROPELLO

Fuente: Elaborado a partir de datos de la Policía Nacional del Perú

ANEXO 4

Panel fotográfico

Foto 1

Levantamiento topográfico de la vía estudiada.



Foto 2

Monumentación de puntos de referencia BM's.



Foto 3

Inicio del levantamiento topográfico desde la intersección de avenida Independencia con avenida Héroes de Cenepa.



Foto 4

Toma de puntos de la ubicación de fallas en el pavimento.



Foto 5

Circulación de vehículos pesados en la vía de estudio.



Foto 6

Vista de la vía en estudio, zonas de buen estado.



Foto 7

Señales restricción de velocidad máxima para camiones.



Foto 8

Señales verticales en zonas de paso escolar.



Foto 9

Falla tipo piel de cocodrilo en el pavimento de la avenida Independencia.



Foto 10

Baches de severidad alta en el pavimento de concreto asfáltico de la avenida Independencia.



Foto 11

Baches profundos ubicados en los dos carriles de circulación de la avenida Independencia.



Foto 12

Vehículos invaden el carril contrario para esquivar los baches que presenta el pavimento en la avenida Independencia.



Foto 13

Sección de pavimento con desprendimiento de la carpeta asfáltica, avenida Independencia progresiva 1+500.



Foto 14

Falla tipo piel de cocodrilo, bache con desprendimientos y fisuras en el pavimento.



Foto 15

Falla tipo piel de cocodrilo, asentamientos severos y desprendimiento de la carpeta asfáltica.



Foto 16

Fallas severas en el pavimento de concreto asfáltico, baches profundos



Foto 17

Fin de doble vía, intersección de la avenida Independencia con el jirón Sucre.



Foto 18

Inicio del pavimento con losa de concreto jirón Sucre.



Foto 19

Medición de las unidades de muestreo para el registro de fallas por el método de índice de condición del pavimento (PCI).



Foto 20

Agrietamiento lineal (diagonal) en el pavimento de concreto jirón Sucre cuadra 2.



Foto 21

Falla de punzonamiento en el jirón Sucre, intersección con el jirón Alfonso Ugarte



Foto 22

Circulación de tránsito pesado en las vías de estudio.



Foto 23

Falla de escalamiento (diferencia de nivel entre losas de concreto: 2 cm) severidad media.



Foto 24

Falla de punzonamiento de severidad alta en el jirón Sucre, intersección con jirón Salaverry.



Foto 25

Daño del sello de la junta que intersecta con la berma, se ha desprendido del material de la junta, jirón Sucre cuadra 5.



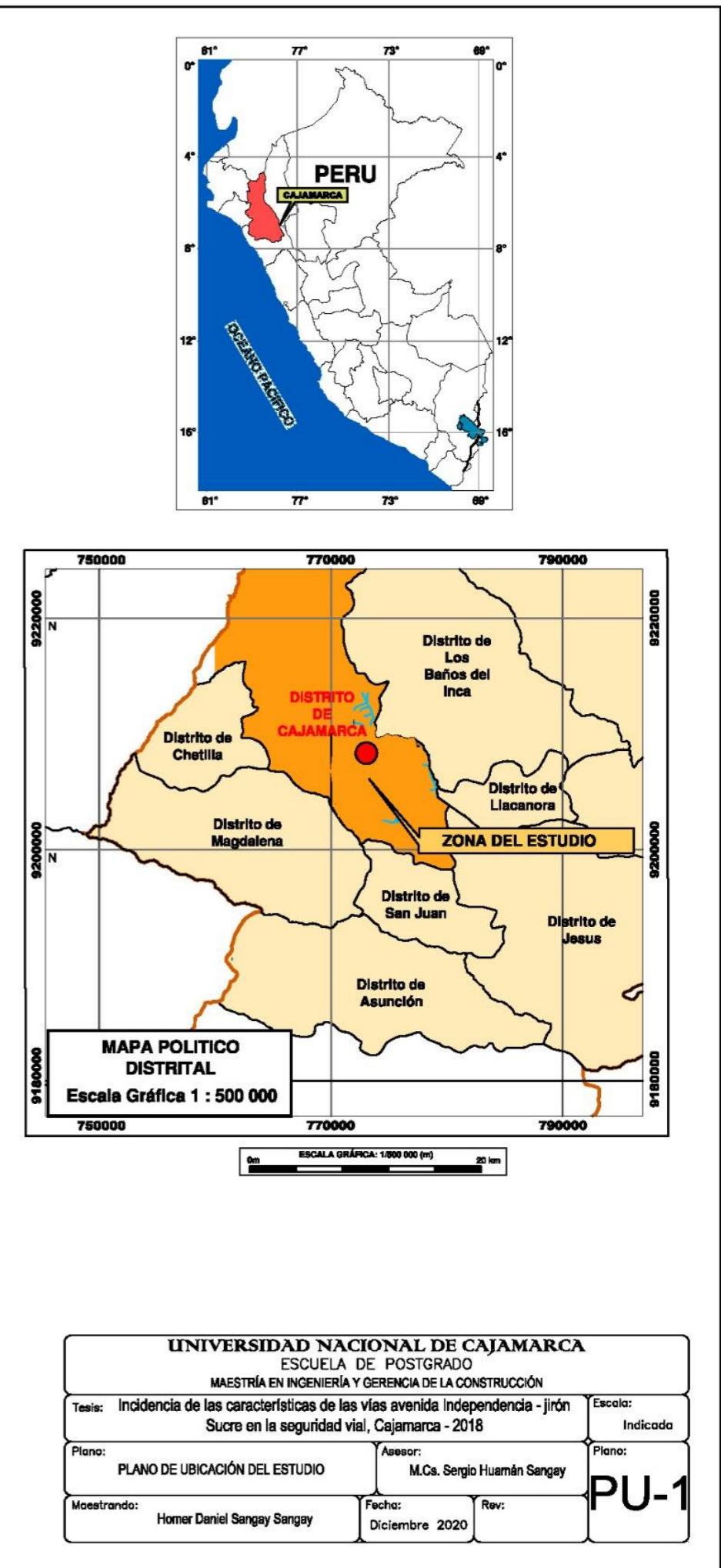
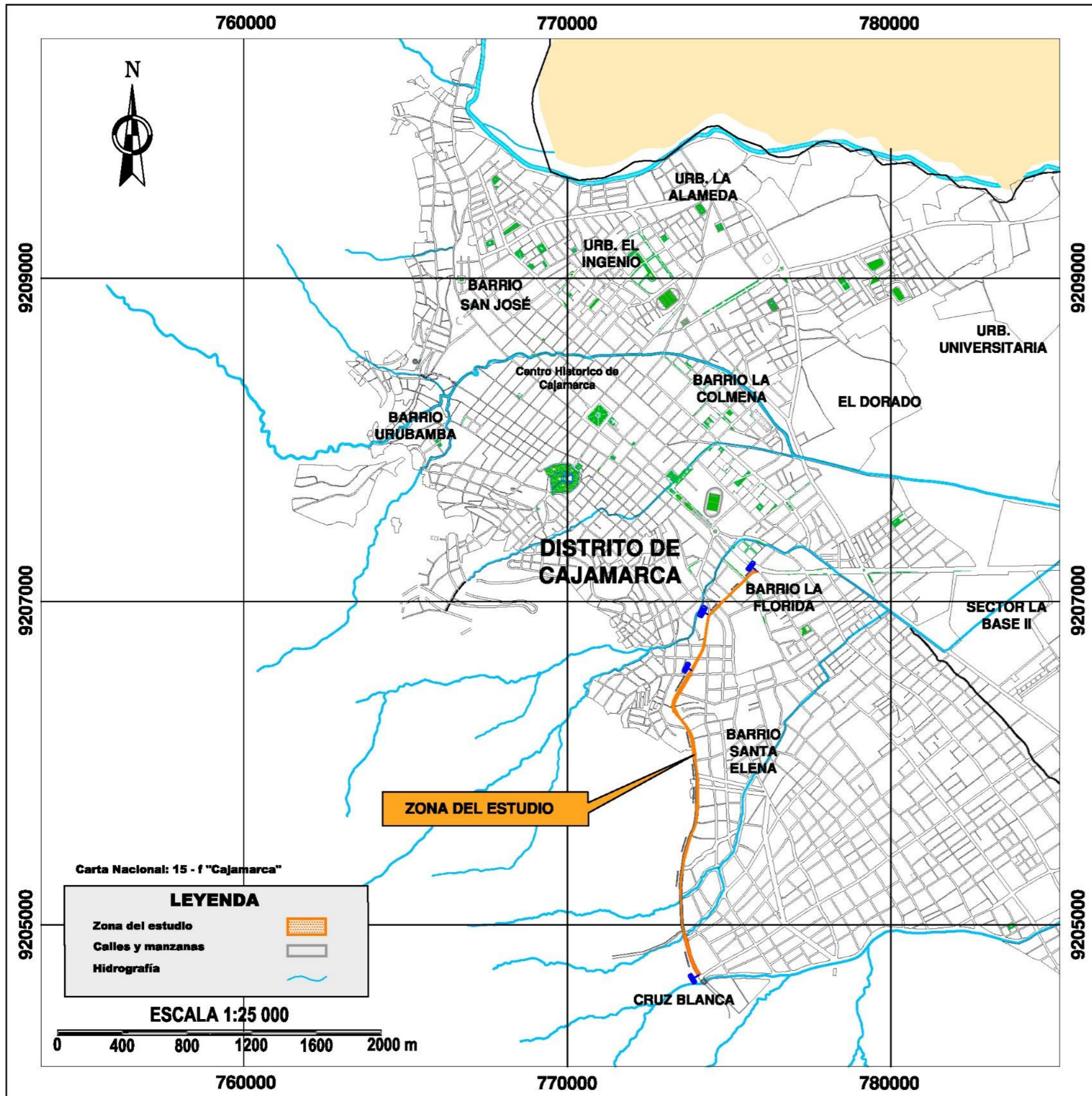
Foto 26

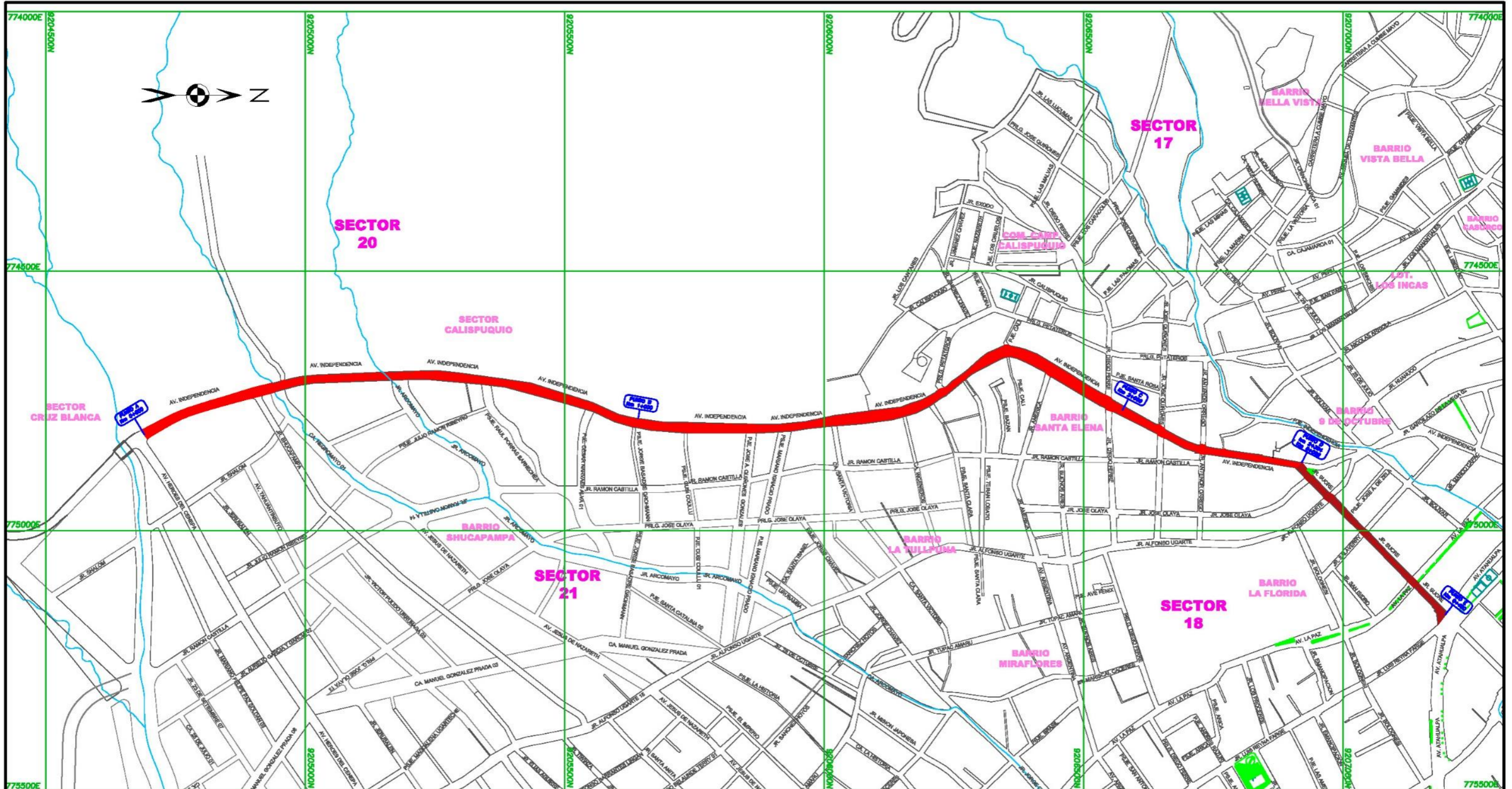
Parche en mal estado (severidad alta) el parche debe ser reemplazado, jirón Sucre cuadra 5.



ANEXO 5

Planos





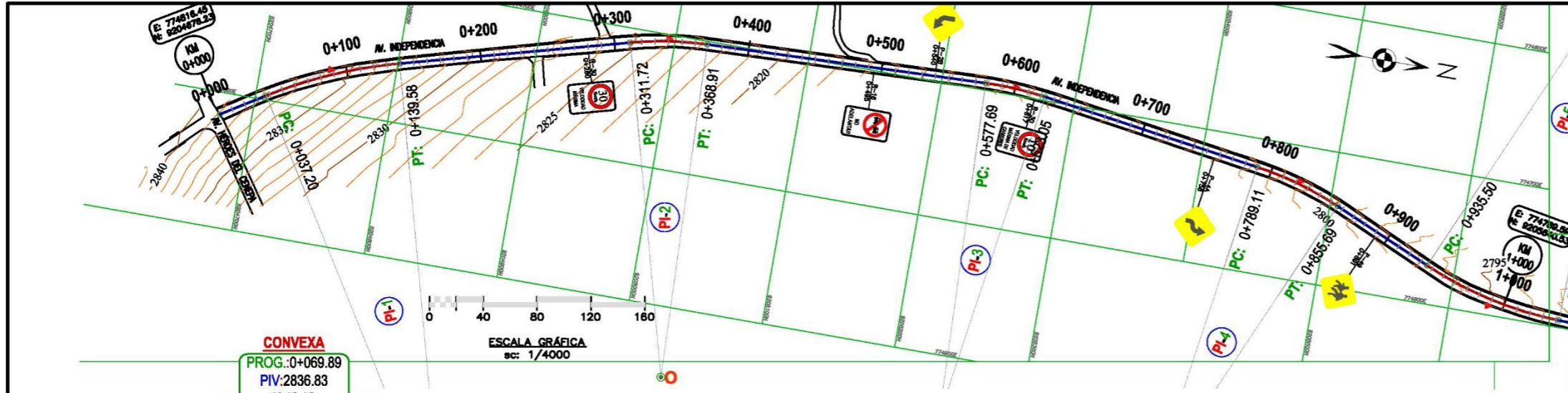
COORDENADAS UTM DE LOS BM'S				
PUNTO	PROG.	ESTE	NORTE	COTA
PUNTO A	Km 1+000	774816.45	9204676.23	2838.88
PUNTO B	Km 1+000	774789.59	9205640.53	2794.97
PUNTO C	Km 2+000	774767.97	9206574.82	2755.00
PUNTO D	Km 2+363	774869.10	9206920.13	2739.00
PUNTO E	Km 0+400	775162.31	9207196.64	2715.20

BIST. DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS WGS-84 (ZONA 17M)

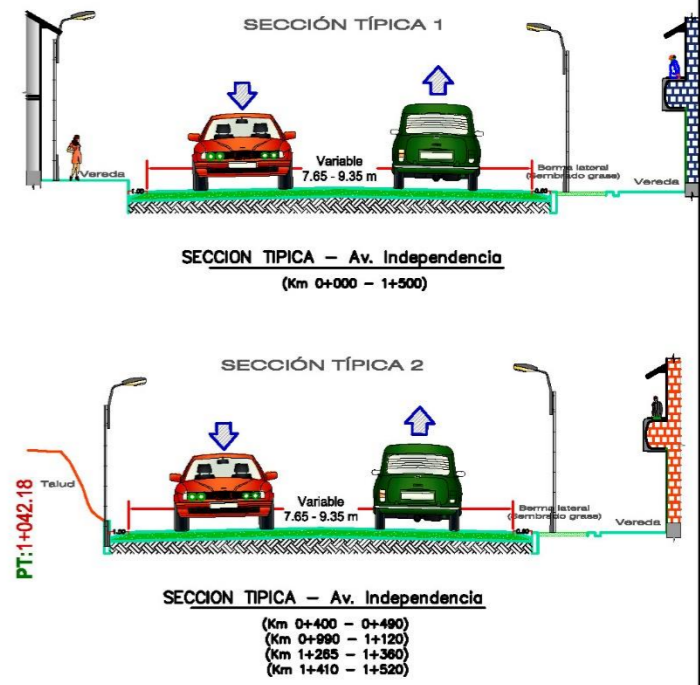
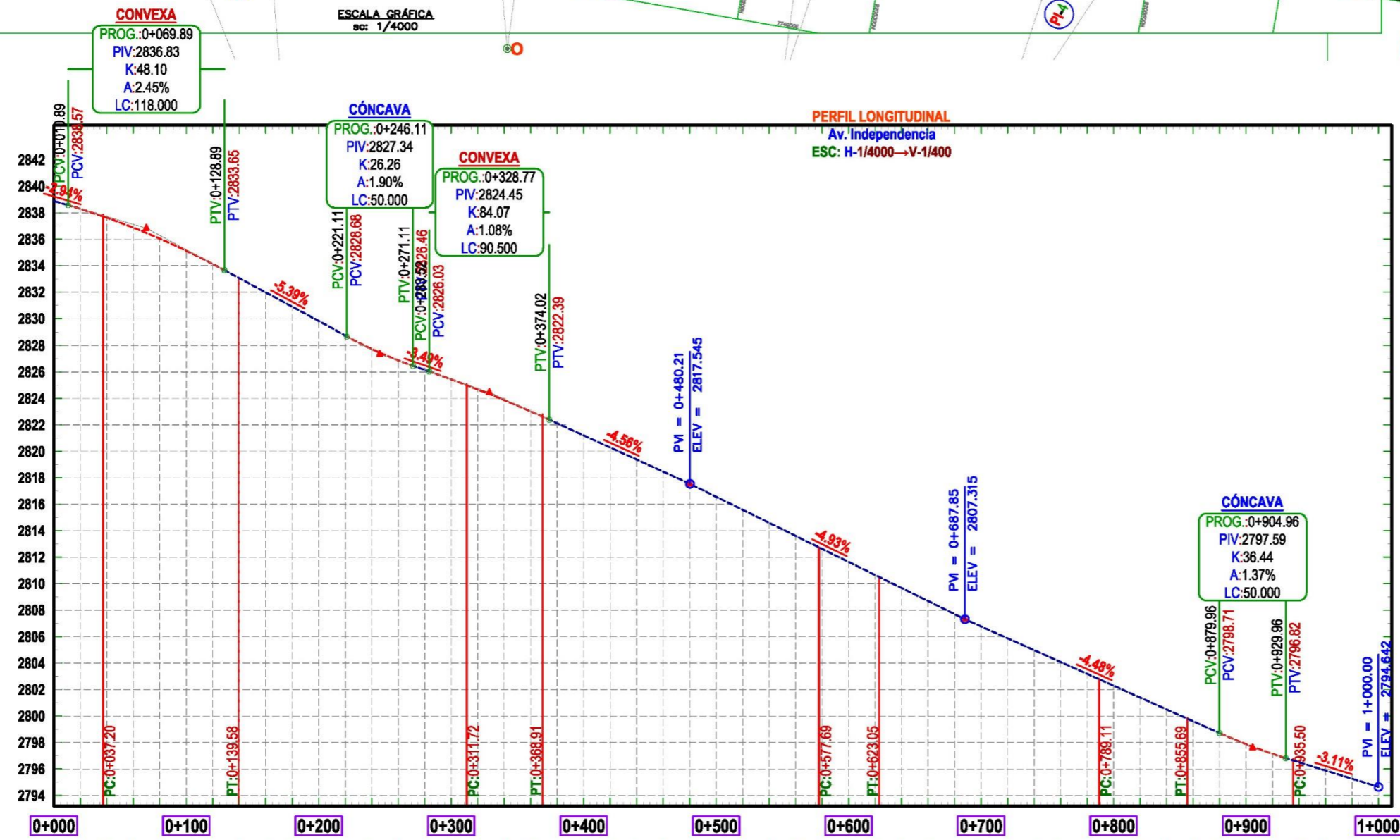
LEYENDA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Malla de coordenadas
	Avenida Independencia
	Jirón Sucre
	Calles
	Quebradas



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		
ESCUELA DE POSTGRADO		
MAESTRÍA EN INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN		
Tesis:	Incidencia de las características de las vías avenida Independencia - Jirón Sucre en la seguridad vial, Cajamarca - 2018	Escala: 1:7500
Plano:	PLANO DE UBICACIÓN DE LAS VÍAS EN ESTUDIO	Plano: U-1
Asesor:	M.Cs. Sergio Huamán Sangay	
Maestrando:	Homer Daniel Sangay Sangay	
Fecha:	Diciembre 2020	Rev:



LEYENDA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	EJE DE VÍA
	Progresiva
	Curva menor @ 1 m
	Curva mayor @ 5 m
	Este y Norte @ 1 Km
	Progresiva @ 1 Km
	Cuneta



	0+000	0+100	0+200	0+300	0+400	0+500	0+600	0+700	0+800	0+900	1+000																																								
RASANTE	2838.88	2838.29	2837.62	2836.87	2836.04	2835.12	2834.12	2833.05	2831.98	2830.90	2829.82	2828.74	2827.73	2826.87	2826.15	2825.44	2824.68	2823.87	2823.02	2822.12	2821.20	2820.29	2819.38	2818.47	2817.55	2816.57	2815.58	2814.60	2813.61	2812.63	2811.64	2810.66	2809.67	2808.69	2807.70	2806.77	2805.88	2804.98	2804.08	2803.19	2802.29	2801.40	2800.50	2799.61	2798.71	2797.87	2797.14	2796.51	2795.88	2795.26	2794.64
DIAGRAMA VERTICAL	LCV: 118.00m		-5.39% en 92.22m		LCV: 50.00m		LCV: 90.50m		-4.56% en 106.19m		-4.93% en 207.63m		-4.48% en 192.12m		LCV: 50.00m		-3.11% en 70.04m																																		
DIAGRAMA HORIZONTAL	L=37.20m		L=172.14m		L=208.77m		L=166.06m		L=79.81m																																										

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
ESCUELA DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN

Tesis: Incidencia de las características de las vías avenida Independencia - jirón Sucre en la seguridad vial, Cajamarca - 2018

Escuela: Indicada

Plano: PLANTA Y PERFIL AV. INDEPENDENCIA KM 0+000 - 1+000

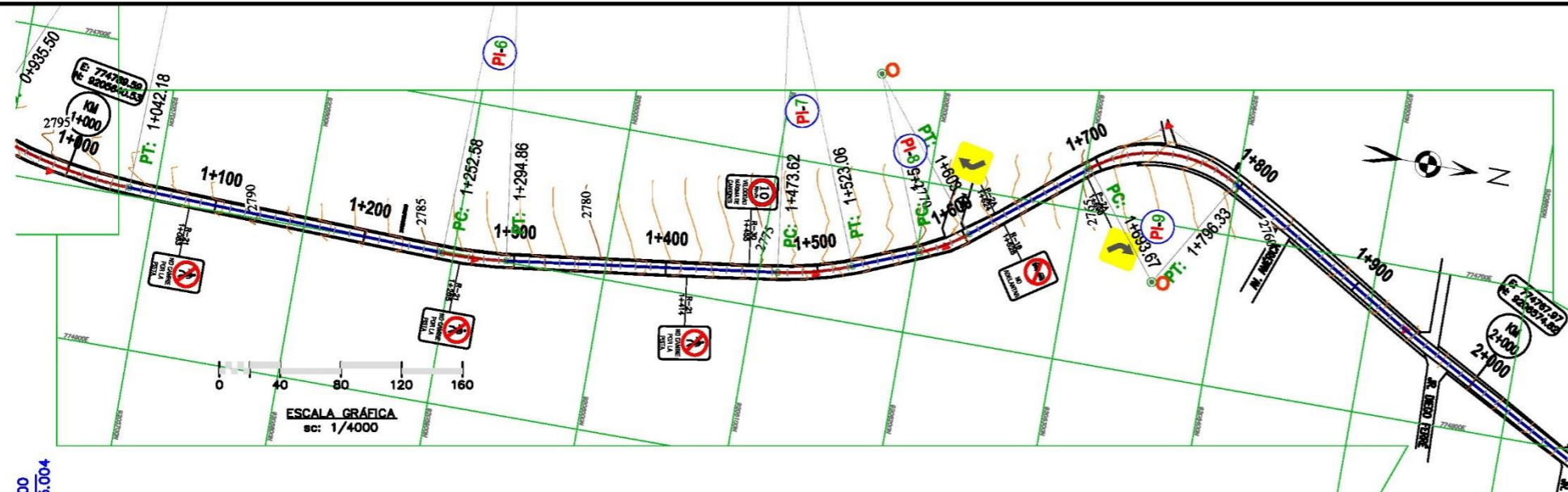
Asesor: M.Cs. Sergio Huamán Sangay

Maestrando: Homer Daniel Sangay Sangay

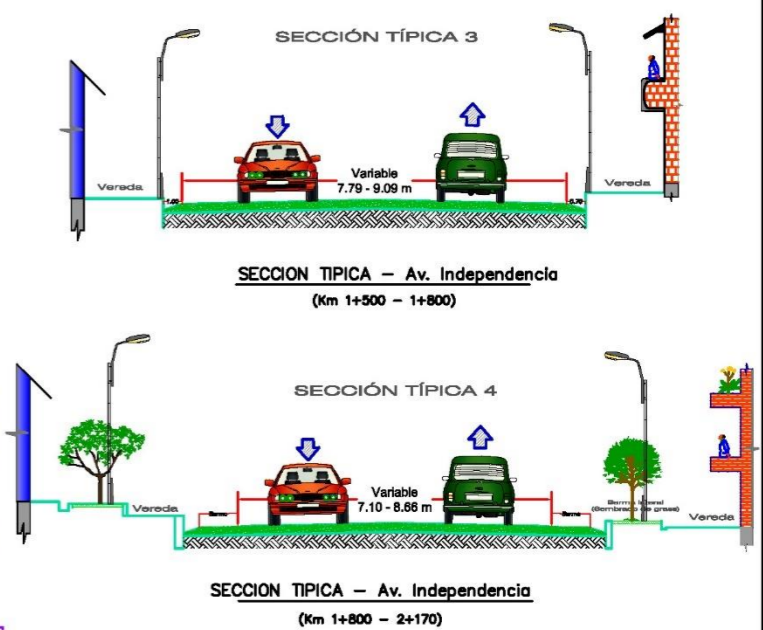
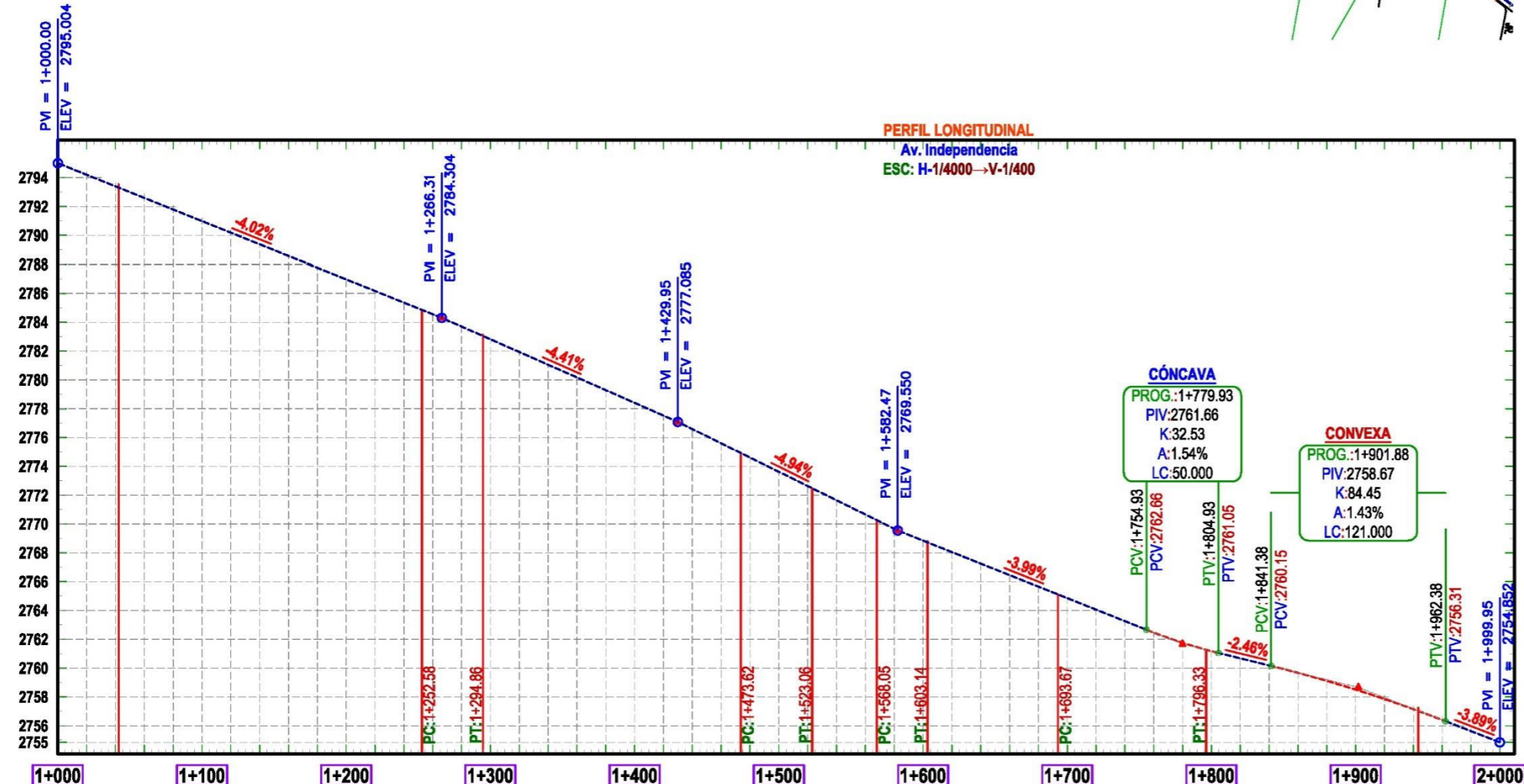
Fecha: Diciembre 2020

Rev:

P-1



LEYENDA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	EJE DE VÍA
	Progresiva
	Curva menor @ 1 m
	Curva mayor @ 5 m
	Este y Norte @ 1 Km
	Progresiva @ 1 Km
	Cuneta



PROGRESIVA	ELEVACIONES	GRADIENTES	VERTICAL CURVES	HORIZONTAL CURVES
1+000	2794.97			
1+100	2794.38	-4.02% en 266.31m		
1+200	2793.63			
1+300	2792.88			
1+400	2792.07			
1+500	2791.20			
1+600	2790.37			
1+700	2789.47			
1+800	2788.64			
1+900	2787.86			
2+000	2787.03			
1+200	2786.22			
1+300	2785.38			
1+400	2784.53			
1+500	2783.70			
1+600	2782.93			
1+700	2782.03			
1+800	2781.11			
1+900	2780.19			
2+000	2779.30			
1+400	2778.42			
1+500	2777.52			
1+600	2776.55			
1+700	2775.55			
1+800	2774.50			
1+900	2773.58			
2+000	2772.58			
1+500	2771.63			
1+600	2770.62			
1+700	2769.66			
1+800	2768.95			
1+900	2768.08			
2+000	2767.14			
1+600	2766.31			
1+700	2765.49			
1+800	2764.70			
1+900	2763.79			
2+000	2763.01			
1+700	2762.31			
1+800	2761.67			
1+900	2761.05			
2+000	2760.48			
1+800	2759.57			
1+900	2759.12			
2+000	2758.69			
1+900	2758.09			
2+000	2757.38			
1+900	2756.63			
2+000	2755.80			
2+000	2754.99			

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 ESCUELA DE POSTGRADO
 MAESTRÍA EN INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN

Tesis: Incidencia de las características de las vías avenida Independencia - jirón Sucre en la seguridad vial, Cajamarca - 2018

Asesor: M.Cs. Sergio Huamán Sangay

Maestrando: Homer Daniel Sangay Sangay

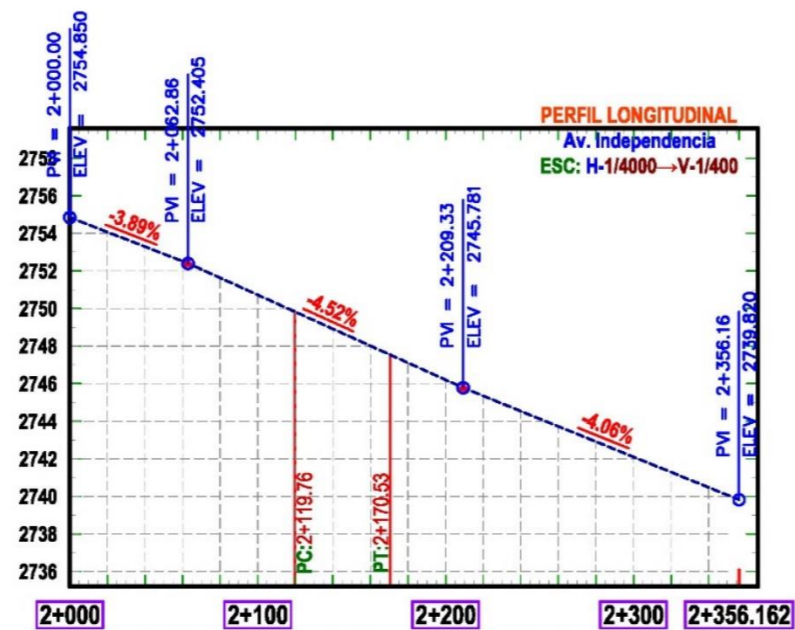
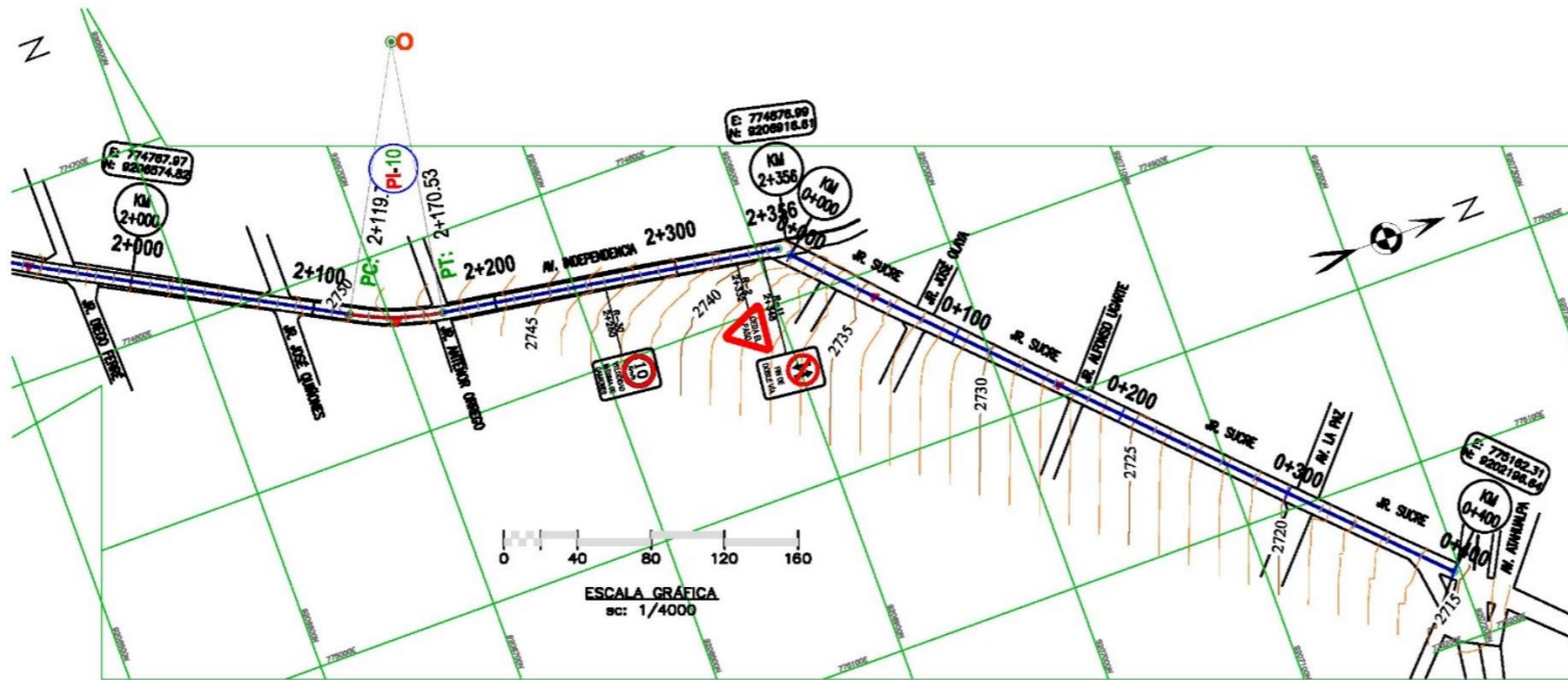
Fecha: Diciembre 2020

Revisión: Rev:

Escala: Indicado

Plano: PLANTA Y PERFIL AV. INDEPENDENCIA KM 1+000 - 2+000

Plano: P-2



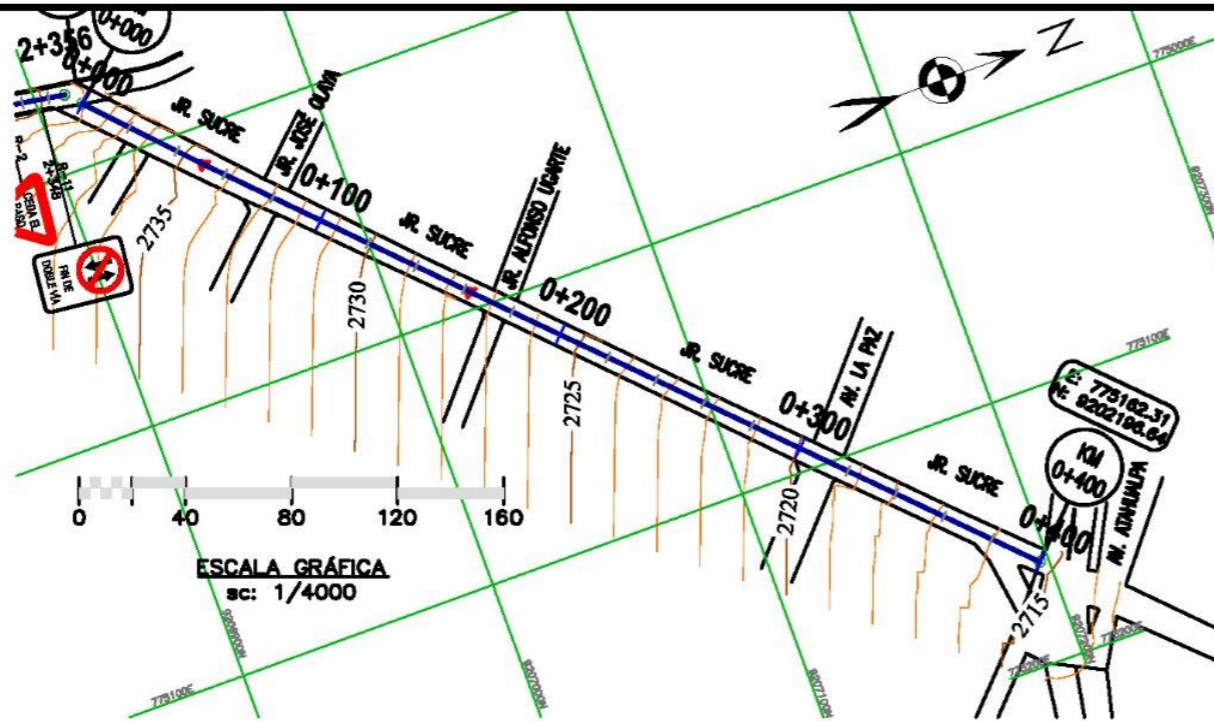
LEYENDA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	EJE DE VÍA
	Progresiva
	Curva menor @ 1 m
	Curva mayor @ 5 m
	Este y Norte @ 1 Km
	Progresiva @ 1 Km
	Cuneta

	2+000	2+100	2+200	2+300	2+356.162														
RASANTE	2754.99	2754.12	2753.29	2752.50	2751.57	2750.65	2749.85	2749.00	2748.08	2747.12	2746.27	2745.34	2744.53	2743.70	2742.83	2741.98	2741.13	2740.29	2739.53
DIAGRAMA VERTICAL	-3.89% en 62.86m		-4.52% en 146.47m								-4.06% en 146.83m								
DIAGRAMA HORIZONTAL	L=176.35m		PI-11							L=185.63m									

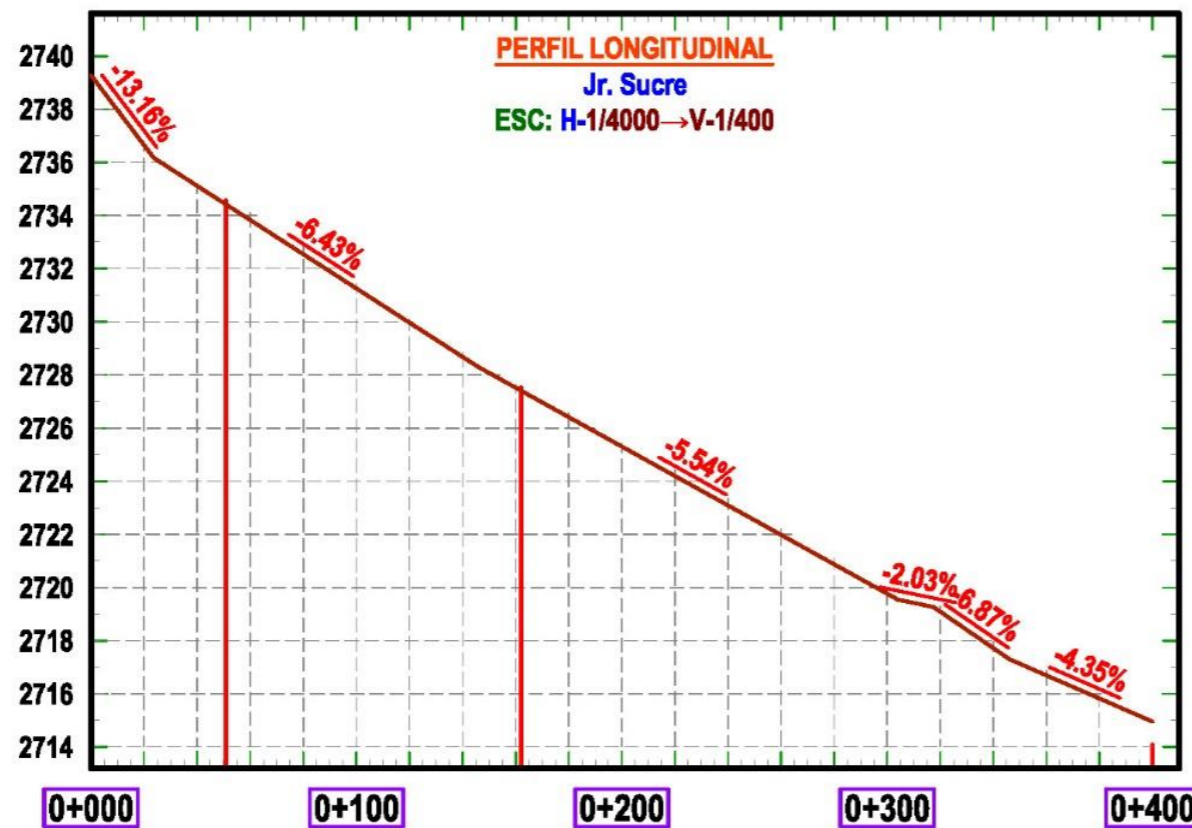


SECCION TÍPICA - Av. Independencia
(Km 2+170 - 2+356)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA ESCUELA DE POSTGRADO MAESTRÍA EN INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN			
Tesis:	Incidencia de las características de las vías avenida Independencia - jirón Sucre en la seguridad vial, Cajamarca - 2018	Escala:	Indicada
Plano:	PLANTA Y PERFIL AV. INDEPENDENCIA KM 2+000 - 2+356	Asesor:	M.Cs. Sergio Huamán Sangay
Maestrando:	Homer Daniel Sangay Sangay	Fecha:	Diciembre 2020
		Rev:	



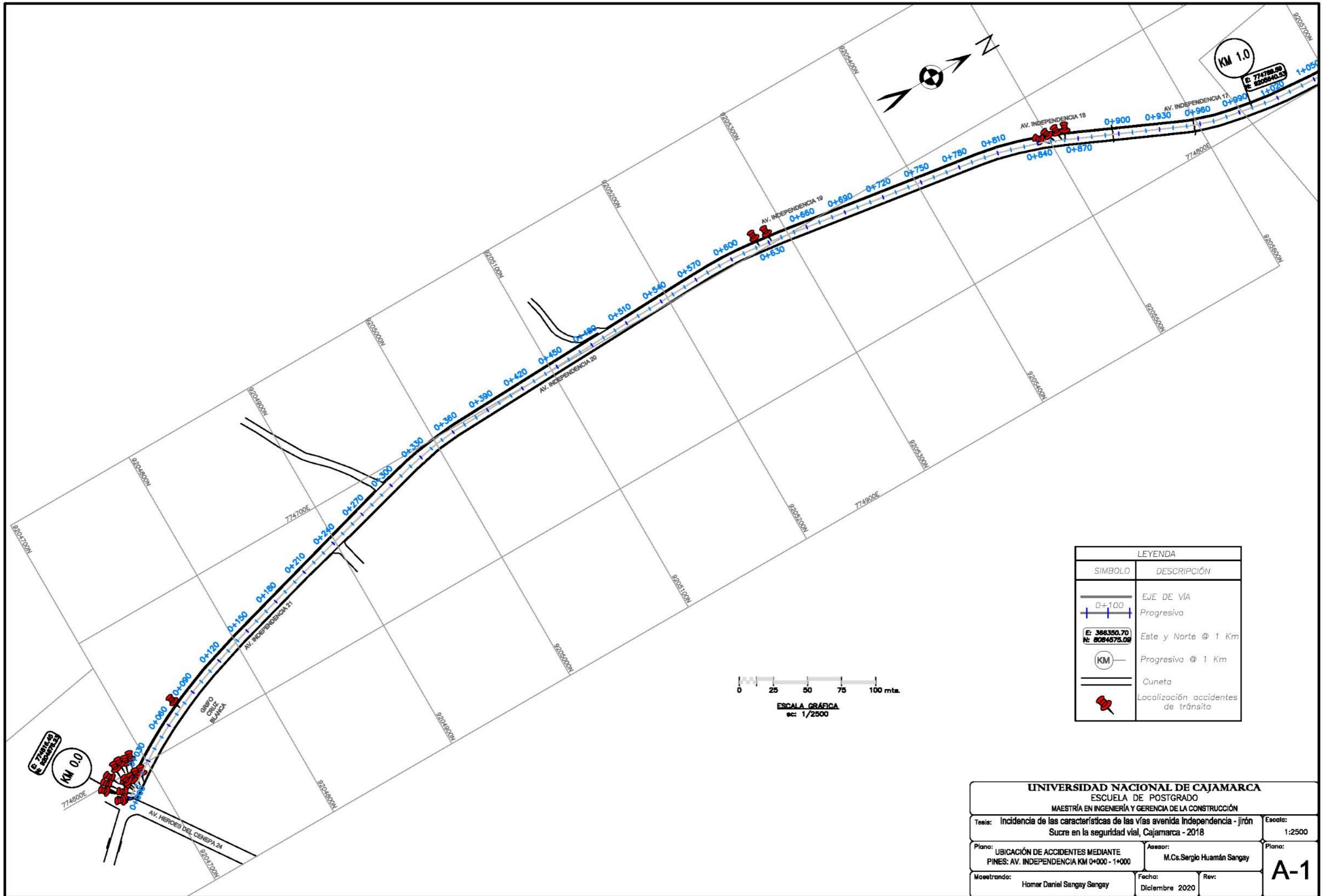
LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	EJE DE VÍA
	Progresiva
	Curva menor @ 1 m
	Curva mayor @ 5 m
	Este y Norte @ 1 Km
	Progresiva @ 1 Km



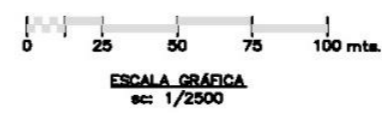
SECCION TIPICA - Jr. Sucre
(Km 0+000 - 0+400)

	0+000	0+100	0+200	0+300	0+400																
RASANTE	2739.01	2736.80	2735.19	2734.11	2732.93	2731.45	2730.08	2728.86	2727.66	2726.58	2725.42	2724.41	2723.35	2722.21	2721.11	2719.95	2719.31	2717.94	2716.87	2716.02	2715.20
DIAGRAMA VERTICAL	-13.16% en 83.61m		-6.43% en 122.25m		-5.54% en 158.22m		-2.03% en 133.21m		-6.87% en 108.16m		-4.35% en 53.84m										

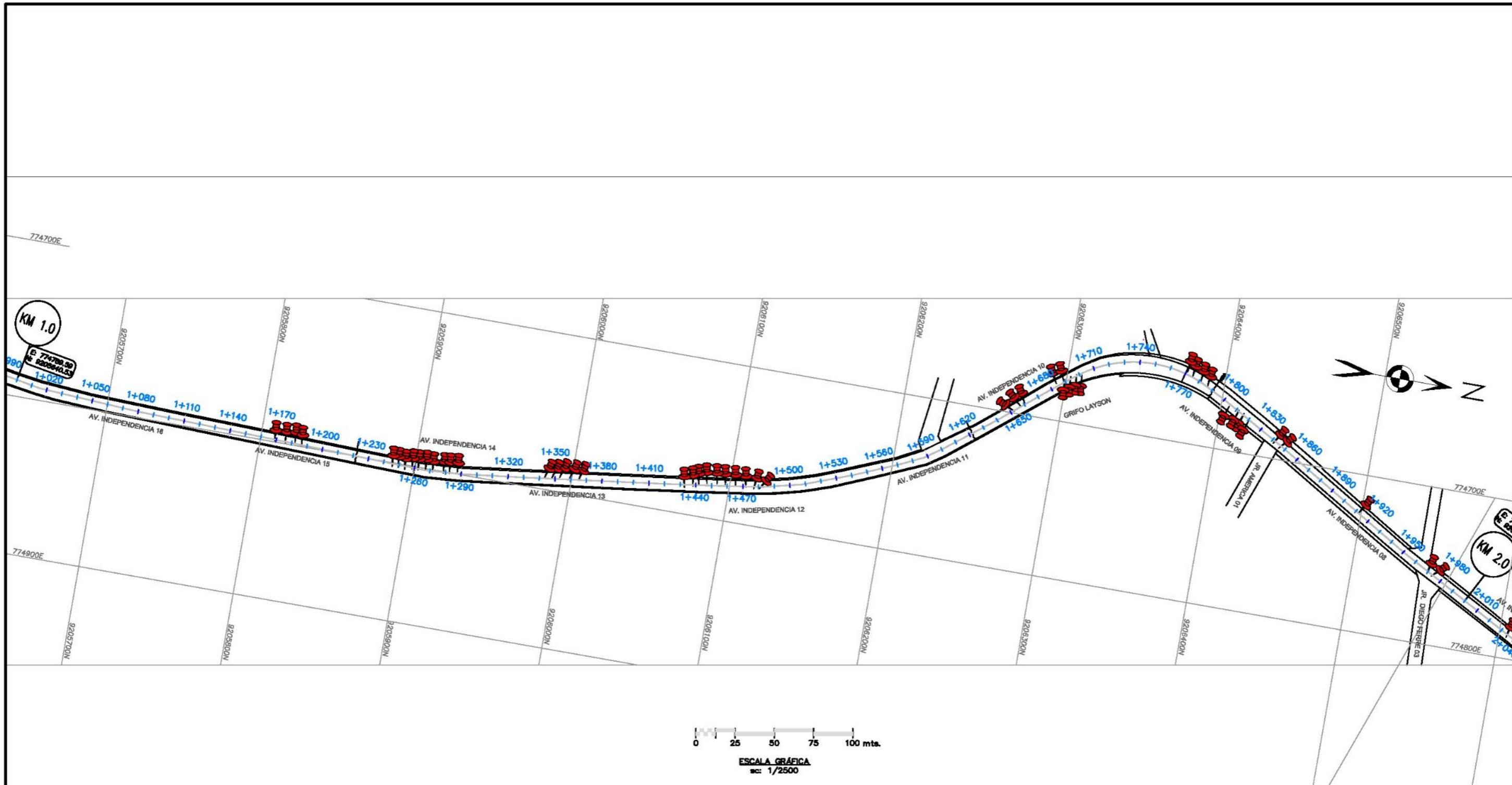
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA ESCUELA DE POSTGRADO MAESTRÍA EN INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN			
Tesis: Incidencia de las características de las vías avenida Independencia - jirón Sucre en la seguridad vial, Cajamarca - 2018			Escala: Indicada
Plano: PLANTA Y PERFIL JIRÓN SUCRE KM 0+000 - 0+400		Asesor: M.Cs. Sergio Huamán Sangay	
Maestrando: Homer Daniel Sangay Sangay		Fecha: Diciembre 2020	Rev: <div style="font-size: 2em; font-weight: bold; text-align: center;">P-4</div>



LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	EJE DE VÍA 0+100
	Progresiva
	Este y Norte @ 1 Km
	Progresiva @ 1 Km
	Cuneta
	Localización accidentes de tránsito

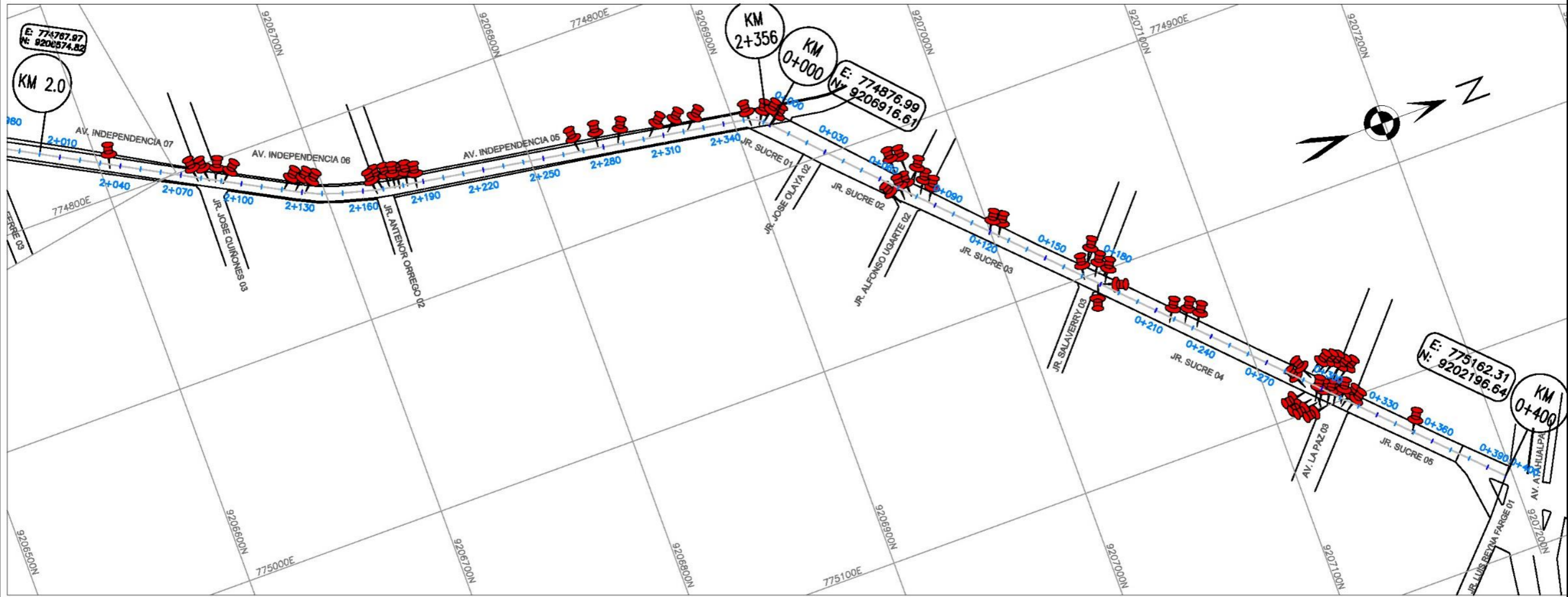


UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA ESCUELA DE POSTGRADO MAESTRÍA EN INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN		
Tesis: Incidencia de las características de las vías avenida Independencia - jirón Sucre en la seguridad vial, Cajamarca - 2018		Escala: 1:2500
Plano: UBICACIÓN DE ACCIDENTES MEDIANTE PINES: AV. INDEPENDENCIA KM 0+000 - 1+000	Asesor: M.Cs.Sergio Huamán Sangay	A-1
Maestrando: Homer Daniel Sangay Sangay	Fecha: Diciembre 2020	



LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	EJE DE VIA
	Progresiva
	Este y Norte @ 1 Km
	Progresiva @ 1 Km
	Cuneta
	Localización accidentes de tránsito

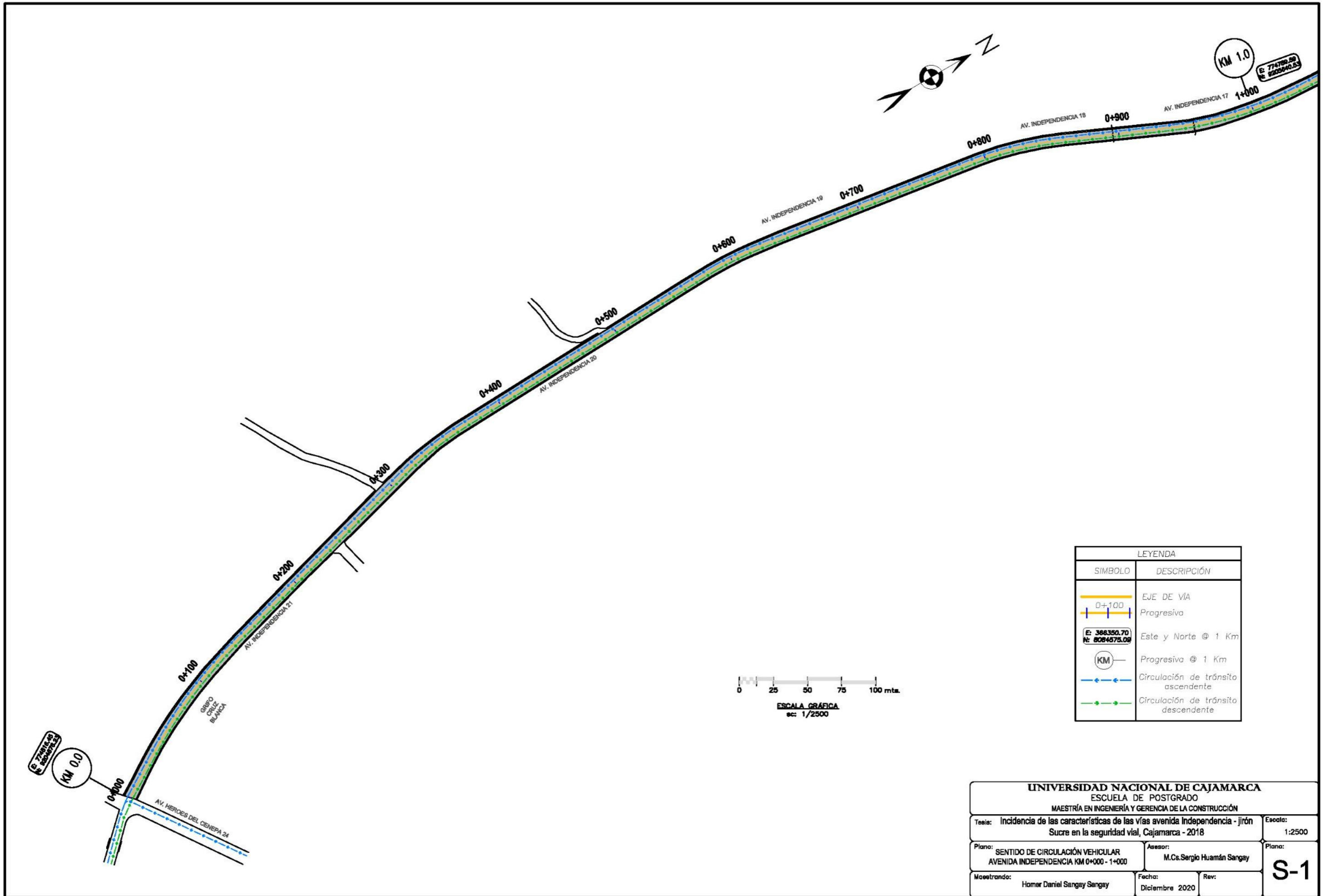
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		
ESCUELA DE POSTGRADO		
MAESTRÍA EN INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN		
Tesis: Incidencia de las características de las vías avenida Independencia - jirón Sucre en la seguridad vial, Cajamarca - 2018	Asesor: M.Cs.Sergio Huamán Sangay	Escala: 1:2500
Plano: UBICACIÓN DE ACCIDENTES MEDIANTE PINES: AV. INDEPENDENCIA KM 1+000 - 2+000	Fecha: Diciembre 2020	Revisión: Rev:
Maestrando: Homer Daniel Sangay Sangay		A-2



LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	EJE DE VÍA Progresiva
	Este y Norte @ 1 Km
	Progresiva @ 1 Km
	Cuneta
	Localización accidentes de tránsito

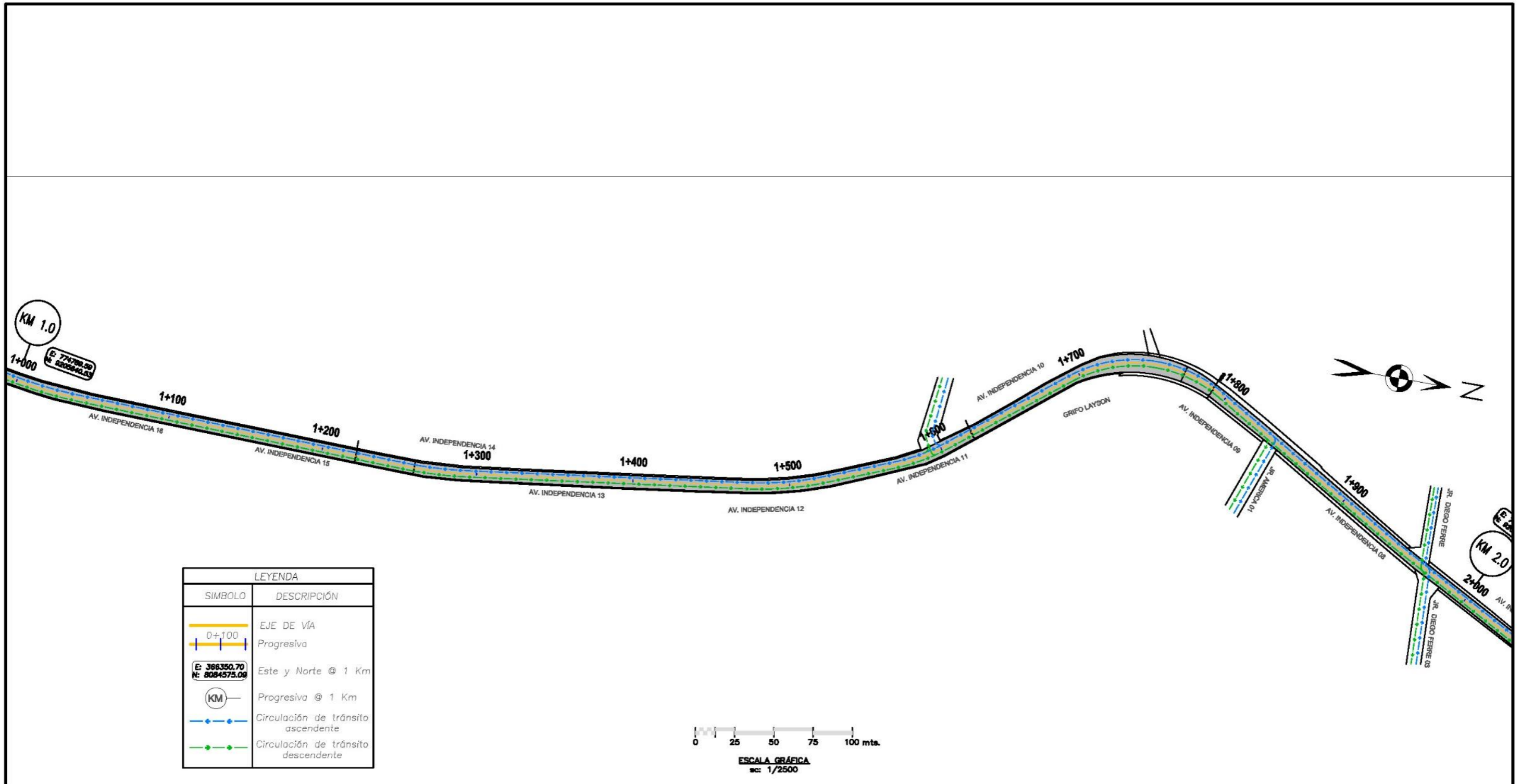


UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA ESCUELA DE POSTGRADO MAestrÍA EN INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN		
Tesis: Incidencia de las características de las vías avenida Independencia - jirón Sucre en la seguridad vial, Cajamarca - 2018	Asesor: M.Cs. Sergio Huamán Sangay	Escala: 1:2000
Plano: UBICACIÓN DE ACCIDENTES MEDIANTE PINES: AV. INDEPENDENCIA KM 2+000 - 2+356 JR. SUCRE KM 0+000 - 0+400	Fecha: Diciembre 2020	Revisión: Rev:
Maestrando: Homer Daniel Sangay Sangay		A-3

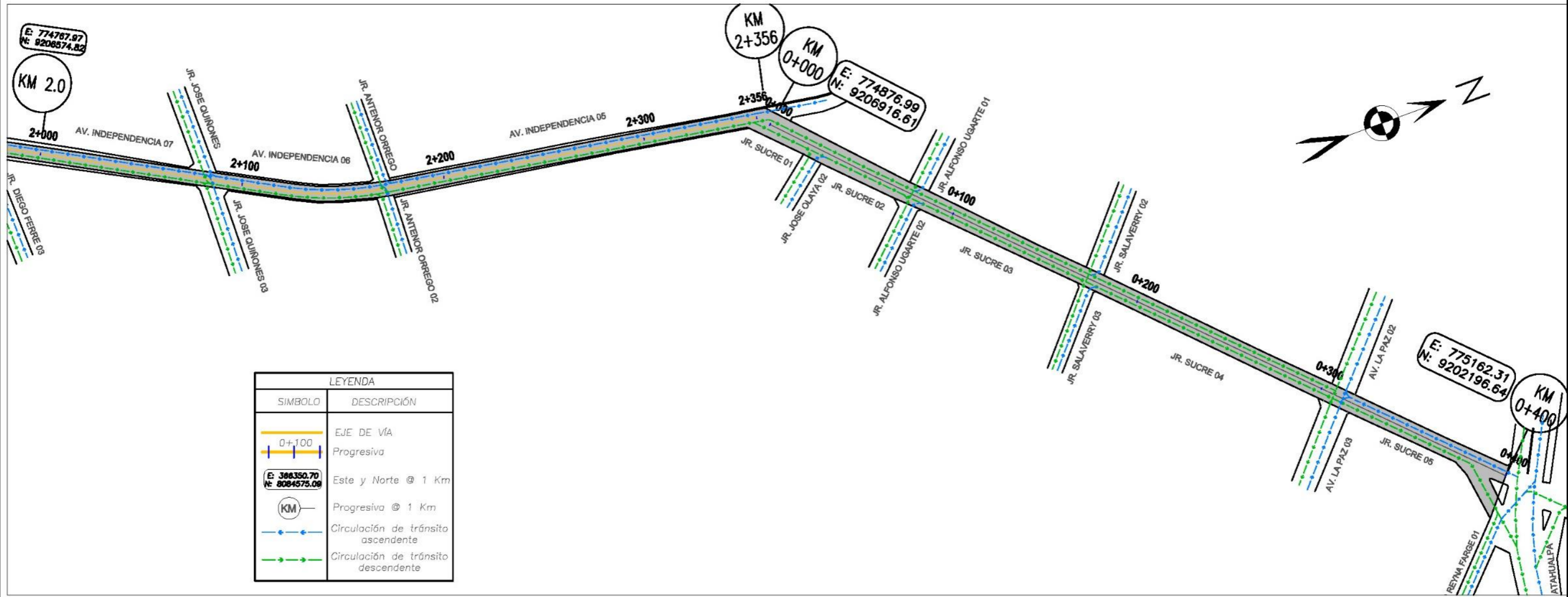


LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	EJE DE VIA
	0+100 Progresiva
	Este y Norte @ 1 Km
	Progresiva @ 1 Km
	Circulación de tránsito ascendente
	Circulación de tránsito descendente

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA ESCUELA DE POSTGRADO MAESTRÍA EN INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN		
Tesis: Incidencia de las características de las vías avenida Independencia - jirón Sucre en la seguridad vial, Cajamarca - 2018		Escala: 1:2500
Plano: SENTIDO DE CIRCULACIÓN VEHICULAR AVENIDA INDEPENDENCIA KM 0+000 - 1+000	Asesor: M.Cs.Sergio Huamán Sangay	Plano: S-1
Maestrando: Homer Daniel Sangay Sangay	Fecha: Diciembre 2020	Rev:



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA ESCUELA DE POSTGRADO MAESTRÍA EN INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN		
Tesis: Incidencia de las características de las vías avenida Independencia - jirón Sucre en la seguridad vial, Cajamarca - 2018	Asesor: M.Cs. Sergio Huamán Sangay	Escala: 1:2500
Plano: SENTIDO CIRCULACIÓN VEHICULAR AVENIDA INDEPENDENCIA KM 1+000 - 2+000	Maestrando: Homer Daniel Sangay Sangay	Fecha: Diciembre 2020
		S-2



LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	EJE DE VÍA
	Progresiva
	Este y Norte @ 1 Km
	Progresiva @ 1 Km
	Circulación de tránsito ascendente
	Circulación de tránsito descendente



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA ESCUELA DE POSTGRADO MAESTRÍA EN INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN		
Tesis: Incidencia de las características de las vías avenida Independencia - jirón Sucre en la seguridad vial, Cajamarca - 2018	Asesor: M.Cs. Sergio Huamán Sangay	Escala: 1:2000
Plano: SENTIDO DE CIRCULACIÓN VEHICULAR AVENIDA INDEPENDENCIA KM 2+000 - 2+356 JIRÓN SUCRE KM 0+000 - 0+400	Fecha: Diciembre 2020	Rev: S-3
Maestrando: Homer Daniel Sangay Sangay	Rev:	