



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

ESCUELA DE POSGRADO

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN
TRANSPORTES**



TESIS

**METODOLOGIA PARA EVALUAR LA SEGURIDAD VIAL EN LOS PASOS A
NIVEL CON LINEAS FERREAS, PARA REDUCIR LOS INDICES DE
PELIGROSIDAD.**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADEMICO DE
MAESTRO EN INGENIERIA CIVIL**

MENCION EN TRANSPORTES

Presentado por:

Herbert Jesús Zevallos Guzmán

ASESOR: Mgt. Ing. Jean Fernando Pérez Montesinos.

CUSCO – PERÚ

2022



METODOLOGIA PARA EVALUAR LA SEGURIDAD VIAL EN LOS PASOS A NIVEL CON LINEAS FERREAS, PARA REDUCIR LOS INDICES DE PELIGROSIDAD.

por Herbert Jesus Zevallos Guzman

40996943

Fecha de entrega: 17-jun-2023 08:24p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2117993979

Nombre del archivo: TESIS_-_HERBERT_ZEVALLOS_REV_03_LEV_OBS_POST_SUSTENTACION.docx (41.58M)

Total de palabras: 20194

Total de caracteres: 107833



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

ESCUELA DE POSGRADO

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN
TRANSPORTES**



TESIS

METODOLOGIA PARA EVALUAR LA SEGURIDAD VIAL EN LOS PASOS A
NIVEL CON LINEAS FERREAS, PARA REDUCIR LOS INDICES DE
PELIGROSIDAD.

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADEMICO DE
MAESTRO EN INGENIERIA CIVIL
MENCION EN TRANSPORTES**

Presentado por:

Ing. Herbert Jesús Zevallos Guzmán

ASESOR: Mgt. Ing. Jean Fernando Pérez Montesinos.

CUSCO – PERÚ

2022

40996943



PASOS A NIVEL CON LINEAS FERREAS, PARA REDUCIR LOS INDICES DE PELIGROSIDAD

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

3%

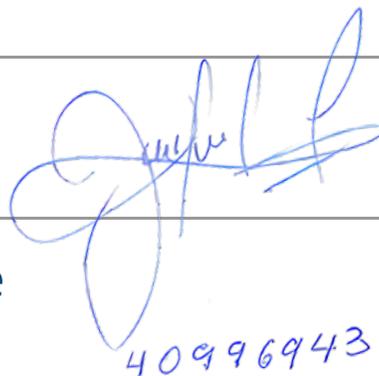
PUBLICACIONES

%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	mriuc.bc.uc.edu.ve Fuente de Internet	1%
2	www.uandes.cl Fuente de Internet	<1%
3	editorialmacro.com Fuente de Internet	<1%
4	todosloshechos.es Fuente de Internet	<1%
5	larepublica.pe Fuente de Internet	<1%
6	www.mincit.gov.co Fuente de Internet	<1%
7	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.uoosevelt.edu.pe Fuente de Internet	<1%


40996943

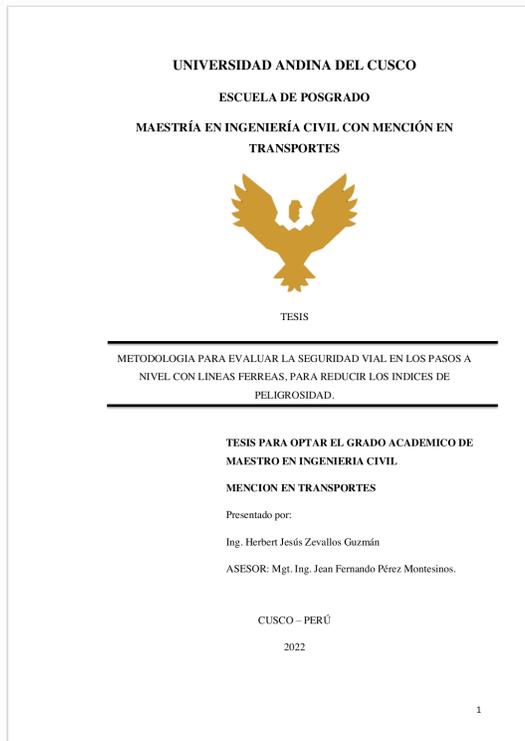


Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Herbert Jesus Zevallos Guzman
Título del ejercicio: METODOLOGIA PARA EVALUAR LA SEGURIDAD VIAL EN LOS P...
Título de la entrega: METODOLOGIA PARA EVALUAR LA SEGURIDAD VIAL EN LOS P...
Nombre del archivo: TESIS_-_HERBERT_ZEVALLOS_REV_03_LEV_OBS_POST_SUSTEN...
Tamaño del archivo: 41.58M
Total páginas: 112
Total de palabras: 20,194
Total de caracteres: 107,833
Fecha de entrega: 17-jun.-2023 08:24p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre... 2117993979



40996943



DEDICATORIA

A mis padres Nilda y Jesús por lo que se sacrificaron, por estar siempre a mi lado, por darme la mejor herencia formarme con valores y principios e instituir en mi un carácter trabajador y tenaz para conseguir mis anhelos. A Yusi mi compañera de vida por sus consejos y ser mi conciencia en momentos importantes, a Gabriel y Rody Fabian mis hijos por quienes mi vida tomo sentido. Y a Darwin y Rody mis hermanos que también le dieron impulso a mi vida, con su existencia me dieron las fuerzas y las ganas para alcanzar mis objetivos. Muchos de mis logros se los debo a todos ellos. Mil gracias.

Herbert Jesús Zevallos Guzmán.



AGRADECIMIENTO

Gracias Dios, por todo;

Por guiar mis pasos y no abandonarme nunca, por bendecirme todos los días con mucho más de lo que merezco.



RESUMEN

A nivel nacional no se cuenta con una norma, reglamento u otro documento técnico legal que plantee una metodología con criterios y estándares normativos a seguir para mejorar la seguridad de los pasos a nivel con líneas férreas, ante esta necesidad surge la interrogante ¿Cuál debe ser la metodología, para evaluar el nivel de seguridad vial en los pasos a nivel con líneas férreas y reducir los índices de peligrosidad?

En ese sentido, esta investigación tiene como objetivo general; plantear la aplicación de conceptos y procesos técnicos mediante una metodología integral para reducir los índices de peligrosidad y mejorar la seguridad vial en los pasos a nivel con líneas férreas.

Con esta investigación se concluye bajo la hipótesis general que, con la aplicación de políticas y técnicas de seguridad vial aplicadas mediante una metodología secuencial, se lograra mejorar la seguridad vial en los pasos a nivel con líneas férreas reflejándose en la reducción del índice de peligrosidad referente a los accidentes de tránsito.

Esta investigación se enfoca en el análisis de la seguridad vial de los pasos a nivel con líneas férreas, proponiendo la medición de un índice de peligrosidad (IDP) cuantificando factores, los cuales se consideran en una sola fórmula de cálculo.

A su vez esta tesis establece los requisitos mínimos de seguridad que debe cumplir un paso a nivel ferroviario, así mismo propone una metodología para evaluar la seguridad vial en los pasos a nivel con líneas férreas que mejore la seguridad y operación de los mismos, estableciendo de manera sustentada un estándar de protección en función de un IDP (índice de peligrosidad) tomando en consideración que en un paso a nivel confluyen dos tránsitos muy diferentes: el tránsito ferroviario, más pesado y con menor capacidad de frenado, y el tránsito vehicular, más vulnerable, pero con mejor capacidad de maniobra. Por lo tanto, la presente tesis procura brindar al tránsito vehicular todos los elementos necesarios para prevenir cualquier riesgo de colisión.

En ese sentido, con esta investigación se logra el propósito fundamental; proporcionar una herramienta y sobre todo una **“Metodología para evaluar la seguridad vial en los pasos a nivel con líneas férreas, para reducir los índices de peligrosidad”**

Así mismo, mediante nuestro análisis se concluye que la seguridad vial se ve influenciada por la correlación existente entre los factores de peligro y las condiciones de diseño geométrico que determinan el índice de peligrosidad.

Esta metodología propuesta es aplicable a cualquier paso a nivel ferroviario y con todo tipo de vías de circulación de vehículos, siempre y cuando se presenten a un mismo nivel.



ABSTRACT

At the national level, there is no norm, regulation or other legal technical document that proposes a methodology with normative criteria and standards to be followed to improve the safety of level crossings with railway lines. Given this need, the question arises: What should be the methodology to assess the level of road safety at level crossings with railway lines and reduce hazard rates?

In this sense, this research has as a general objective; propose the application of concepts and technical processes through a comprehensive methodology to reduce hazard rates and improve road safety at level crossings with railway lines.

With this investigation, it is concluded under the general hypothesis that, with the application of road safety policies and techniques applied through a sequential methodology, it will be possible to improve road safety at level crossings with railway lines, reflecting in the reduction of the referent danger index. to traffic accidents.

This research focuses on the analysis of road safety of level crossings with railway lines, proposing the measurement of a hazard index (IDP) quantifying factors, which are considered in a single calculation formula.

In turn, this thesis establishes the minimum safety requirements that a railway level crossing must meet, likewise it proposes a methodology to evaluate road safety at level crossings with railway lines that improves their safety and operation, establishing In a sustained manner, a protection standard based on an IDP (danger index) taking into consideration that at a level crossing two very different types of traffic come together: rail traffic, heavier and with less braking capacity, and vehicular traffic, more Vulnerable, but with better maneuverability. Therefore, this thesis seeks to provide vehicular traffic with all the necessary elements to prevent any risk of collision.

In this sense, with this investigation the fundamental purpose is achieved; provide a tool and above all a "**Methodology to assess road safety at level crossings with railway lines, to reduce hazard rates**"

Likewise, through our analysis it is concluded that road safety is influenced by the correlation between the hazard factors and the geometric design conditions that determine the hazard index.

This proposed methodology is applicable to any railway level crossing and with all types of vehicle traffic routes, as long as they are presented at the same level.



ÍNDICE

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
RESUMEN	4
ABSTRACT.....	5
1. CAPITULO I: INTRODUCCION	13
1.1. Planteamiento del Problema.....	13
1.2. Formulación del Problema	17
1.2.1. Problema General.....	17
1.2.2. Problemas Específicos	17
1.3. Justificación	18
1.3.1. Conveniencia.....	18
1.3.2. Relevancia social.....	18
1.3.3. Implicancias prácticas	18
1.3.4. Valor Teórico	19
1.3.5. Utilidad metodológica.....	19
1.4. Objetivos de Investigación	19
1.4.1. Objetivo General	19
1.4.2. Objetivos Específicos.....	20
1.5. Delimitación del estudio.....	20
1.5.1. Delimitación espacial	20
1.5.2. Delimitación temporal.....	23
2. CAPITULO 2: MARCO TEORICO.....	24
2.1. Antecedentes de Estudios	24
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	24
2.1.2. Antecedentes Nacionales	27
2.2. Bases Teóricas	29
2.2.1. Seguridad Vial.....	29
2.2.2. Políticas de seguridad vial.....	31
2.2.3. Técnicas de seguridad vial	32
2.2.4. Factores de peligro	32
2.2.5. Diseño Geométrico.....	33
2.2.6. Gestión de Transito	34



2.2.7.	Índice de peligrosidad	35
2.2.8.	Análisis de riesgos.....	35
2.2.9.	Análisis de peligro.....	36
2.3.	Hipótesis.....	36
2.3.1.	Hipótesis General	36
2.3.2.	Hipótesis Específicas	36
2.4.	Variables.....	37
2.4.1.	Identificación de variables	37
2.4.2.	Operacionalización de variables	37
2.5.	Definición de términos básicos	38
2.5.1.	Factores de riesgo.....	38
2.5.2.	Características de los pasos a nivel	38
2.5.2.1.	Aspectos geométricos.....	38
2.5.2.2.	Características de los vehículos carreteros.....	38
2.5.2.3.	Características de los trenes:	39
2.5.2.4.	Visibilidad:	39
2.5.3.	Factores climáticos.....	39
2.5.4.	Gradiente del camino	39
2.5.5.	Volumen de tráfico vehicular y ferroviario.....	40
2.5.6.	Ángulo de cruce del camino.....	40
2.5.7.	Caminos laterales	40
2.5.8.	Velocidad en el camino.....	40
2.5.9.	Numero de vías ferroviarias	41
2.5.10.	Número de carriles	41
2.5.11.	Superficie de rodadura	41
2.5.12.	Consideraciones generales de seguridad vial.....	41
3.	CAPITULO 3: MÉTODO	43
3.1.	Tipo de Investigación.....	43
3.1.1.	Enfoque de la investigación	43
3.1.2.	Método de investigación	43
3.2.	Alcance de la investigación.....	43
3.3.	Diseño de Investigación.....	44
3.4.	Población.....	45



3.5.	Muestra	45
3.6.	Unidad de Análisis	45
3.7.	Técnicas e instrumentos de recolección.....	46
3.7.1.	Técnica en la recolección de datos cantidad de vehículos	46
3.7.2.	Técnica en la recolección de datos cantidad de trenes.....	47
3.7.3.	Relevamiento planialtimétrico	48
3.7.4.	Técnica en la recolección de datos ángulo de cruce	49
3.7.5.	Técnica en la recolección de datos visibilidad.....	49
3.7.6.	Técnica en la recolección de datos coeficientes amplificadores.....	52
3.8.	Validez y confiabilidad de instrumentos.....	52
3.9.	Plan de Análisis de datos	52
3.9.1.	Deducción de la fórmula del cálculo del índice de peligrosidad (IDP)	52
3.9.2.	Prueba de normalidad.....	57
3.9.3.	Coefficiente de correlación de Spearman y prueba de hipótesis.....	59
3.10.	Aspectos Éticos.....	62
4.	CAPITULO 4: RESULTADOS	63
4.1.	Resultados respecto a las pruebas de hipótesis	63
4.1.1.	Resultados respecto a la hipótesis n° 1	63
4.1.2.	Resultados respecto a la hipótesis n° 2	63
4.1.3.	Resultados respecto a la hipótesis n° 3	64
4.1.4.	Resultados respecto a la hipótesis n° 4	65
4.1.5.	Resultados respecto a la hipótesis general	65
4.2.	Resultados respecto a los objetivos específicos	65
4.2.1.	Resultados respecto al objetivo específico N° 01	65
4.2.2.	Resultados respecto al objetivo específico N° 02	69
4.2.3.	Resultados respecto al objetivo específico N° 03	70
4.2.4.	Resultados respecto al objetivo específico N° 04	71
4.3.	Resultados respecto al objetivo general.....	80
4.3.1.	Metodología para evaluar la seguridad vial en los pasos a nivel con líneas férreas, para reducir los índices de peligrosidad.....	82
4.3.2.	Trabajos de campo y trabajos de gabinete: Metodología para evaluar la seguridad vial en los pasos a nivel con líneas férreas, para reducir los índices de peligrosidad.....	82
4.3.3.	Tipos de protección según el Índice de Peligrosidad (IDP).....	97



5. CAPITULO 5:	99
DISCUSION	99
5.1. Descripción de los hallazgos más relevantes y significativos.....	99
5.2. Limitaciones del estudio.....	100
5.3. Comparación crítica con la literatura existente.....	100
5.4. Implicancias del estudio	101
CONCLUSIONES.....	102
SUGERENCIAS.....	103
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	104
ANEXOS:.....	106
A. DECLARACION DE ORIGINALIDAD	106
B. MATRIZ DE CONSISTENCIA	107
C. MATRIZ DE INSTRUMENTOS.....	108
D. INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS.	109
E. VALIDACION DE INSTRUMENTOS.....	112



ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1: Accidente del 04/05/2018 en el Puente de la Almudena y Calle Hospital.....	14
Fig. 2: Accidente del 12/04/2019 entre vehículo y tren de carga.....	14
Fig. 3: Accidente del 12/04/2019 entre bus de transporte urbano y tren.....	14
Fig. 4: Accidente del 12/05/2019 entre vehículo menor y tren.....	15
Fig. 5: Accidente del 27/12/2019 entre auto y tren.....	15
Fig. 6: Estadística de accidentes con terceros en pasos a nivel.....	16
Fig. 7: Causas en accidentes con unidades vehiculares.	17
Fig. 8: Puente de la Almudena y Calle Hospital.....	21
Fig. 9: Av. Túpac Amaru (Independencia).....	21
Fig. 10: Av. Tomasa Tito Condemayta (Asociación Miraflores - Tica Tica).	22
Fig. 11: Av. La Paz y Av. 28 de Julio (Ovalo de Ttio).	22
Fig. 12: Asociación Agua Buena (Altura Vía Evitamiento).	23
Fig. 13: Vía Evitamiento (altura Maestro – Servicentro Santa Elena).	23
Fig. 14: Triángulo accidentológico.....	36
Fig. 15: Diseño de investigación.	45
Fig. 16: Relevamiento planialtimétrico.	48
Fig. 17: Relevamiento planialtimétrico.	49
Fig. 18: Triángulos de visibilidad.....	49
Fig. 19: Rombo de visibilidad.	51
Fig. 20: Valores del factor “b”.	52
Fig. 21: Rombo de visibilidad.	53
Fig. 22: Interpretación del coeficiente de Spearman.	62
Fig. 23: Dispersión entre el IDP (índice de peligrosidad) y el porcentaje (%) de incidencia de la pendiente.....	71



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de variables.....	37
Tabla 2: Factores comunes (UCP) usados en investigaciones en el Perú.	46
Tabla 3: Formato de campo para el aforo vehicular.	46
Tabla 4: Propuesta de factores de equivalencia para vehículos ferroviarios.	47
Tabla 5: Formato de campo para el aforo ferroviario.	48
Tabla 6: Coeficiente de correlación de Spearman y prueba de hipótesis.	59
Tabla 7: Factores de peligro y condiciones de diseño geométrico paso a nivel Puente de la Almudena y Calle Hospital.	66
Tabla 8: Factores de peligro y condiciones de diseño geométrico paso a nivel Av. Tupac Amaru (Independencia).....	66
Tabla 9: Factores de peligro y condiciones de diseño geométrico paso a nivel Av. Tomasa Tito Condemayta (Asociación Miraflores - Tica tica).	67
Tabla 10: Factores de peligro y condiciones de diseño geométrico paso a nivel Av. La Paz.	67
Tabla 11: Factores de peligro y condiciones de diseño geométrico paso a nivel Asociación Agua Buena.	68
Tabla 12: Factores de peligro y condiciones de diseño geométrico paso a nivel Vía Evitamiento.	69
Tabla 13: Distancia de visibilidad a lo largo de las vías del tren hasta permitir que el vehículo cruce y se aleje del cruce a la llegada del tren.	69
Tabla 14: Distancia visual medida a lo largo de la carretera desde el carril más cercano al conductor de un vehículo, que permite detener el vehículo con seguridad sin invasión del área de cruce.	70
Tabla 15: Distancia de visibilidad a lo largo de las vías del tren hasta permitir que el vehículo cruce y se aleje del cruce a la llegada del tren.	70
Tabla 16: Variación del IDP (índice de peligrosidad) en función del ángulo de cruce \emptyset paso a nivel Puente de la Almudena y Calle Hospital.	73
Tabla 17: Variación del IDP (índice de peligrosidad) en función del ángulo de cruce \emptyset paso a nivel Av. Tupac Amaru (Independencia).	73
Tabla 18: Variación del IDP (índice de peligrosidad) en función del ángulo de cruce \emptyset paso a nivel Av. Tomasa Tito Condemayta (Asociación Miraflores - Tica tica).	74
Tabla 19: Variación del IDP (índice de peligrosidad) en función del ángulo de cruce \emptyset paso a nivel Av. La Paz.....	74
Tabla 20: Variación del IDP (índice de peligrosidad) en función del ángulo de cruce \emptyset paso a nivel Av. La Paz.....	75
Tabla 21: Variación del IDP (índice de peligrosidad) en función del ángulo de cruce \emptyset paso a nivel Asociación Agua Buena.	75
Tabla 22: Variación del IDP (índice de peligrosidad) en función del ángulo de cruce \emptyset paso a nivel Vía Evitamiento.	76
Tabla 23: Variación del IDP (índice de peligrosidad) en función del porcentaje (%) de incidencia de la pendiente; paso a nivel Puente de la Almudena y Calle Hospital.	77
Tabla 24: Variación del IDP (índice de peligrosidad) en función del porcentaje (%) de incidencia de la pendiente; paso a nivel Av. Tupac Amaru (Independencia).	77
Tabla 25: Variación del IDP (índice de peligrosidad) en función del porcentaje (%) de incidencia de la pendiente; paso a nivel Av. Tomasa Tito Condemayta (Asociación Miraflores - Tica tica).	78



Tabla 26: Variación del IDP (índice de peligrosidad) en función del porcentaje (%) de incidencia de la pendiente; paso a nivel Av. La Paz.	78
Tabla 27: Variación del IDP (índice de peligrosidad) en función del porcentaje (%) de incidencia de la pendiente; paso a nivel Av. La Paz.	79
Tabla 28: Variación del IDP (índice de peligrosidad) en función del porcentaje (%) de incidencia de la pendiente; paso a nivel Asociación Agua Buena.	79
Tabla 29: Variación del IDP (índice de peligrosidad) en función del porcentaje (%) de incidencia de la pendiente; paso a nivel Vía Evitamiento.	80



1. CAPITULO I: INTRODUCCION

Un paso a nivel es una intersección donde se encuentra una vía ferroviaria con otra vía de comunicación terrestre que puede ser una calle o una avenida, situadas en el mismo plano, permitiéndose en dicha zona el tránsito de vehículos y de personas sobre la vía férrea.

Una de las preocupaciones y la más importante en lo referente a seguridad vial; de los profesionales que se dedican al transporte ferroviario, ha sido reducir la accidentabilidad en los que se ven involucrados los ferrocarriles, sobre todo en los pasos a nivel.

Los Ferrocarriles en las zonas urbanas reducen la velocidad por estos problemas, la vía no está confinada, hay muchos pasos a nivel irregulares, sin señalética y tenemos una cultura vial como ciudadanos, malísima. Cuando divisamos o vemos el ferrocarril en lugar de deternos queremos ganarle el paso y por ley el ferrocarril tiene derecho de paso sobre cualquier persona, porque el ferrocarril no va a poder detenerse. Un tren que lleva un convoy, de 15 o más vagones, va a necesitar dos o tres kilómetros para detenerse, aunque aplique el freno de seguridad; quién puede detener es el conductor que va en el auto, camión o bus. Nos falta esa cultura.

Los accidentes en los pasos a nivel requieren una atención específica. La erradicación de los accidentes en los pasos a nivel es una responsabilidad compartida entre los operadores ferroviarios y las autoridades competentes como Municipalidades y Gobiernos regionales.

1.1. Planteamiento del Problema

Los crecimientos paulatinos de las ciudades han hecho que las redes viales también crezcan y esto ha incrementado los pasos a nivel con líneas férreas y con ello se incrementó la probabilidad de que se produzcan accidentes en estas intersecciones compuestas por vías férreas y carreteras o caminos.

En un paso a nivel el riesgo de que un tren arrolle a un peatón o vehículo se torna muy alto, las existencias de pasos a nivel incrementan las condiciones inseguras del tránsito por las vías férreas y por los caminos, especialmente cuando aumentan las velocidades de los trenes. En estos últimos años, los accidentes ferroviarios en la región del Cusco se han incrementado de manera significativa, es así que:

04/05/2018: Una trabajadora de limpieza murió al ser aplastada por un bus de servicio urbano cuyo conductor perdió el control del vehículo al ser impactado por la locomotora

de Perurail. Este accidente ocurrió en el paso a nivel ubicado Puente de la Almudena y Calle Hospital.

Fig. 1: Accidente del 04/05/2018 en el Puente de la Almudena y Calle Hospital.



<https://larepublica.pe/sociedad/1237143-cusco-choque-locomotora-bus-mata-trabajadora-limpieza-video/>

12/04/2019: Tren arrasó con vehículo en Cusco y deja una persona herida. El veloz vehículo de carga compuesto por seis vagones impactó con la carrocería del automóvil e hizo que terminé llantas arriba. El accidente habría ocurrido por una imprudencia del conductor del vehículo menor.

Fig. 2: Accidente del 12/04/2019 entre vehículo y tren de carga.



<https://larepublica.pe/sociedad/1448309-cusco-tren-arraso-vehiculo-deja-persona-herida-fotos-video/>

12/04/2019: Bus y tren de Perú Rail chocan en Cusco y un conductor queda herido. Chofer herido fue trasladado a la clínica privada Mac Salud, donde se recupera favorablemente. La colisión provocó la interrupción del transporte en la zona de Vallejo Santi del distrito cusqueño de Santiago.

Fig. 3: Accidente del 12/04/2019 entre bus de transporte urbano y tren.



<https://larepublica.pe/sociedad/1453174-bus-tren-peru-rail-chocan-cusco-conductor-queda-herido/>

12/05/2019: Un tren colisionó con un vehículo menor. Se puede observar presencia policial y se encuentran a la espera de los bomberos. Este lamentable hecho se produjo en el sector de Arco Tica Tica. Al parecer los ocupantes del vehículo de placa X4E-510, habrían realizado una maniobra temeraria irresponsablemente, causando este terrible accidente.

Fig. 4: Accidente del 12/05/2019 entre vehículo menor y tren.



<https://www.facebook.com/dcvnoticias/posts/459278337969912>

27/12/2019: Auto choco contra locomotora y conductor salva de milagro. El conductor de un auto se salvó de milagro. Esto luego de que su vehículo impactara contra una locomotora de la empresa Perú Rail. El accidente ocurrió en el cruce de Tica Tica, cuando intentó ganarle el paso al tren.

Fig. 5: Accidente del 27/12/2019 entre auto y tren.



<https://panamericana.pe/24horas/nacionales/282822-cusco-auto-choco-locomotora-conductor-salva-milagro>

Ante esta recurrente accidentabilidad en los pasos a nivel con líneas ferroviarias es importante evaluar el nivel de seguridad vial y reducir los índices de peligrosidad, con esta investigación se pretende plantear una metodología para evaluar la seguridad vial en los pasos a nivel con líneas ferreas con el proposito de planter soluciones y reducir los indices de peligrosidad.

Esta metodología que se procura plantear y promover puede ser utilizada en cualquier paso a nivel no solo de Cusco sino tambien a nivel nacional, es por ello que analizaremos 6 puntos con esta problematica de nuestra ciudad, con la intencion de determinar los pasos

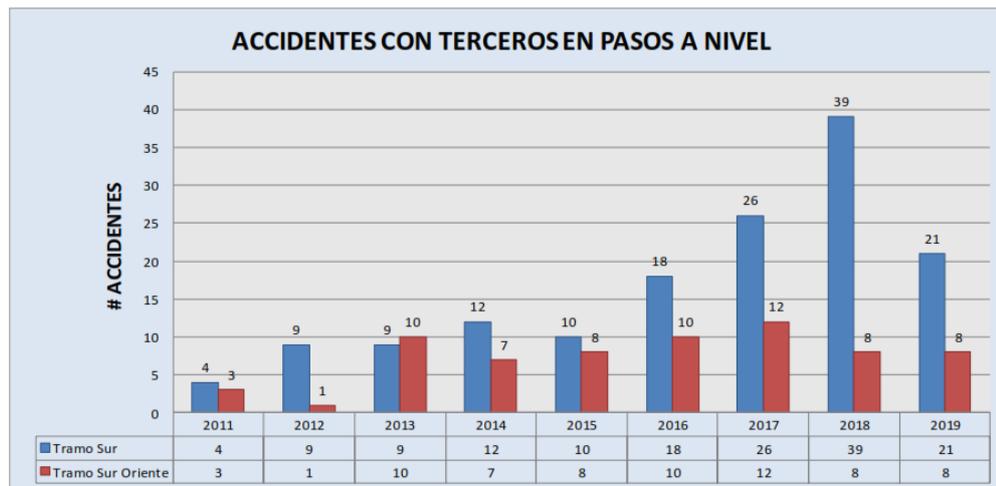


a seguirse y determinar cual seria la metodologia para evaluar la seguridad vial en los pasos a nivel con lineas ferreas para luego proponer soluciones y reducir los indices de peligrosidad.

Estos 6 puntos de investigacion se detallan en el 1.5.1. Delimitación espacial, cabe recalcar que esta metodologia podria ser utilizada en cualquier paso a nivel por ello su importancia. Asi mismo estos 6 puntos o pasos a nivel de investigacion presentan un diseño geometrico en todos los casos distintos.

Ademas como se muestra en la estadistica que registra la empresa concesionaria Ferrocarril Trasandino S.A operadora de los tramos ferroviarios ferrocarril del sur (Cusco – Puno – Arequipa – Mollendo) y ferrocarril del sur oriente (Cusco – Poroy – Ollantaytambo – Machupicchu), los accidentes con terceros en pasos a nivel cada año se va incrementando, por ello la necesidad de implementar una metodologia para evaluar la seguridad vial en los pasos a nivel con lineas ferreas se hace imprescindible.

Fig. 6: Estadística de accidentes con terceros en pasos a nivel.

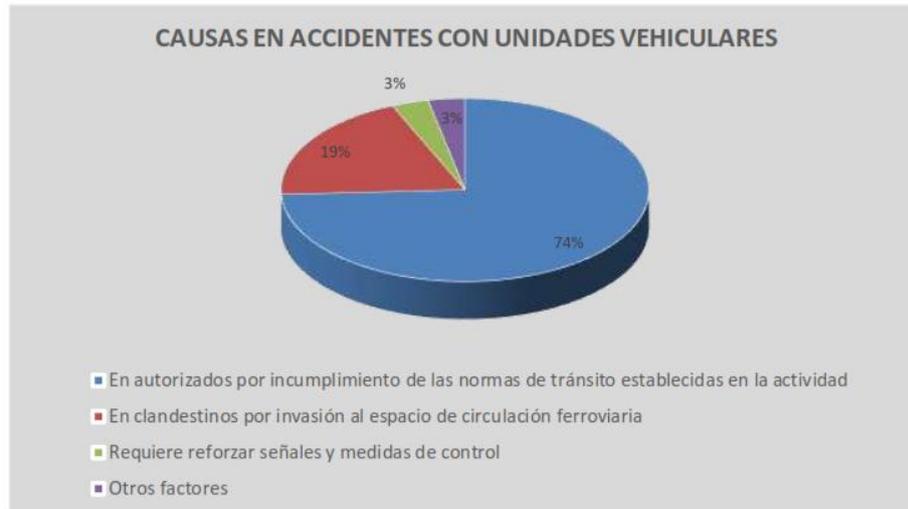


<https://www.ositran.gob.pe/wp-content/uploads/2017/12/pdn-2020-fetransa-5.pdf>

En el periodo comprendido entre el año 2011 al 2018 los accidentes en los pasos a nivel en el ferrocarril del sur se incremento de 4 accidentes en el 2011 a 38 en el 2018, de igual forma en el ferrocarril del sur oriente de 3 accidentes en el 2011 se incremento a 9 en el 2018.

Las causas que generaron los accidentes con terceros en los pasos a nivel en el 2018 se debieron en un 82% a causas de incumplimiento de las normas de transito tal como se muestra a continuacion:

Fig. 7: Causas en accidentes con unidades vehiculares.



<https://www.ositran.gob.pe/wp-content/uploads/2017/12/pdn-2020-fetransa-5.pdf>

Es por ello que toma bastante importancia este problema y debe ser necesariamente analizado por los ingenieros de tránsito con la finalidad de disminuir los accidentes.

1.2. Formulación del Problema

Ante los elevados índices de accidentabilidad en los pasos a nivel con líneas férreas, con la presente investigación se plantea responder las siguientes interrogantes:

1.2.1. Problema General

¿Cuál debe ser la metodología, para evaluar el nivel de seguridad vial en los pasos a nivel con líneas férreas y reducir los índices de peligrosidad?

El planteamiento del problema tiene como finalidad identificar y aplicar conceptos, modelos y herramientas de transporte para proponer una metodología que permita evaluar y mejorar seguridad vial en los pasos a nivel con líneas férreas, mediante la identificación de los puntos negros con alto riesgo de ocurrencia de accidentes de tránsito y reducir los índices de peligrosidad.

1.2.2. Problemas Específicos

1. ¿Cómo estudiar la accidentabilidad en un paso a nivel con líneas férreas en operación para identificar las zonas críticas y zonas con mayor severidad para mejorar la seguridad vial?
2. ¿Qué factores de peligro se deben evaluar para mejorar la seguridad vial en los pasos a nivel en líneas férreas?



3. ¿Qué medidas de gestión de tránsito se deben de tomar en consideración para mejorar la seguridad vial en los pasos a nivel en líneas férreas?
4. ¿Qué factores que consideran las condiciones del diseño geométrico se deben evaluar para mejorar la seguridad vial en un paso a nivel en líneas férreas?

1.3. Justificación

La investigación que se propone, se justifica porque aporta a las Políticas de Seguridad Vial, debido a que en nuestro medio no existe un manual, el cual, de pautas y criterios a los ingenieros de transportes para evaluar la seguridad vial en los pasos a nivel con líneas férreas. Es importante brindar una guía clara a los técnicos para que no existan evaluaciones ambiguas, en las cuales muchas veces sopesa la percepción con la que el técnico evalúa el problema.

Este trabajo de investigación tiene como finalidad desarrollar y organizar conocimiento y proponer una metodología sobre el tema y también tiene como propósito determinar una evaluación técnica para reducir la ocurrencia de accidentes de tránsito sobre los pasos a nivel en líneas férreas.

1.3.1. Conveniencia

La presente investigación servirá, para plantear y obtener una metodología o guía fundamentada en normativas elementales, que permitan y faciliten evaluar los distintos rangos y niveles de seguridad y además permita la regulación e implementación del uso de los cruces a nivel, con la finalidad de reducir riesgos y accidentes.

1.3.2. Relevancia social

Con los resultados que se obtengan con esta investigación se beneficiara la sociedad cusqueña y la sociedad peruana en conjunto porque el problema operacional y alta accidentabilidad de los pasos a nivel afecta directamente a toda la sociedad.

1.3.3. Implicancias prácticas

El mayor aporte de la investigación es que ayudara a disminuir el problema de la alta accidentabilidad que presentan los pasos a nivel. Evaluar los distintos niveles de seguridad y además permita la regulación e implementación del uso de los cruces a nivel, tiene como implicancia y finalidad reducir riesgos y accidentes.

Con esta metodología se podrá proponer soluciones y podrían ser implementadas en campo por entidades reguladoras del tránsito como la Gerencia de Tránsito, Vialidad y



Transporte de la Municipalidad Provincial del Cusco. La aplicación de las medidas de mitigación planteadas producto del análisis y la metodología propuesta del impacto generado, será la forma de tangibilizar la aplicabilidad de esta investigación.

1.3.4. Valor Teórico

El valor teórico reside en el aporte de una metodología no normada o establecida para el tipo de investigación. En el Perú no se tiene clara una metodología de análisis y evaluación que contemple el estudio de la seguridad vial en los pasos a nivel con líneas férreas. Tampoco hay manuales o libros nacionales que detallen o que simplemente consideren la metodología para evaluar la seguridad vial en los pasos a nivel con líneas férreas.

1.3.5. Utilidad metodológica

La investigación podrá facilitar un nuevo instrumento para la evaluación y análisis de la seguridad vial en los pasos a nivel con líneas férreas, así determinar y proponer alternativas de mejoramiento, solución y mitigación. Esta investigación tiene un enfoque netamente preventivo y no reactivo para evitar accidentes de tránsito ya que ayudaría a planificar alguna solución o prevención.

La aplicación de la metodología tiene el fin de:

- Identificar las zonas críticas en los pasos a nivel con líneas férreas e identificar los riesgos y proponer acciones para tentar disminuir los accidentes.
- Evaluar e identificar factores de peligro con el objetivo de proponer acciones y mejorar el nivel de seguridad vial en los pasos a nivel en líneas férreas.
- Proponer mejoras al diseño geométrico de los pasos a nivel en líneas férreas para mejorar el nivel de seguridad vial.

1.4. Objetivos de Investigación

1.4.1. Objetivo General

Plantear la aplicación de conceptos y procesos técnicos mediante una Metodología Integral para reducir los índices de peligrosidad y mejorar la Seguridad Vial en los pasos a nivel con líneas férreas.



1.4.2. Objetivos Específicos

1. Evaluar la accidentalidad en un paso a nivel con líneas férreas para determinar zonas críticas y zonas con mayor severidad propensas a accidentes, considerando los factores de peligro y las condiciones de diseño geométrico.
2. Determinar los factores de peligro cuyo acontecimiento e incidencia en mayor o menor medida interviene e influyen en la ocurrencia y probabilidad de que se presenten accidentes de tránsito en un paso a nivel con línea férrea y con ello plantear mejores niveles de seguridad.
3. Plantear medidas de gestión de tránsito que se deben considerar para mejorar la seguridad vial en los pasos a nivel en líneas férreas, como señalización vertical, señalización horizontal, sistemas sonoro luminosos, semáforos, líneas de pare, barreras y otros.
4. Evaluar factores del diseño geométrico como ángulo de cruce, pendiente o gradiente de los pasos a nivel, número de carriles y otros parámetros geométricos que se deben mejorar o rediseñar para optimizar la circulación vehicular en un paso a nivel en líneas férreas.

1.5. Delimitación del estudio

1.5.1. Delimitación espacial

Para determinar los puntos de estudio se tomó en consideración los 2 tramos ferroviarios ferrocarril del sur (Cusco – Puno – Arequipa – Mollendo) y el ferrocarril del sur oriente (Cusco – Poroy – Ollantaytambo – Machupicchu), tramos que se encuentran administrados por la empresa concesionaria Ferrocarril Trasandino S.A, como es conocido estos 2 tramos ferroviarios nacen y transitan por la ciudad de Cusco, para fines de este estudio se ha escogido 3 pasos a nivel por cada tramo ferroviario, estos pasos a nivel fueron escogidos tomando en cuenta el alto flujo vehicular que presentan. Estos pasos a nivel se encuentran dentro de la zona urbana de la provincia de Cusco y a continuación se muestra la ubicación y las coordenadas UTM de cada uno de estos puntos:

En el tramo Cusco – Poroy – Ollantaytambo – Machupicchu se evaluará los siguientes pasos a nivel:



1.- Puente de la Almudena y Calle Hospital

Coor_Este 176716.70m y Coor_Norte 8503118.99m Zona 19L



Fig. 8: Puente de la Almudena y Calle Hospital.

2.- Av. Túpac Amaru (Independencia)

Coor_Este 176536.71m y Coor_Norte 8503312.45m Zona 19L



Fig. 9: Av. Túpac Amaru (Independencia).

3.- Av. Tomasa Tito Condemayta (Asociación Miraflores - Tica Tica)

Coor_Este 175631.69m y Coor_Norte 8505106.23m Zona 19L



Fig. 10: Av. Tomasa Tito Condemayta (Asociación Miraflores - Tica Tica).

Y en el tramo ferroviario que corresponde a la ruta Cusco – Puno – Arequipa – Mollendo, los pasos a nivel a evaluarse son los siguientes:

1.- Av. La Paz y Av. 28 de Julio (Ovalo de Ttio)

Coor_Este 178765.79m y Coor_Norte 8502090.81m Zona 19L



Fig. 11: Av. La Paz y Av. 28 de Julio (Ovalo de Ttio).

2.- Asociación Agua Buena (Altura Vía Evitamiento)

Coor_Este 181671.91m y Coor_Norte 8501114.08m Zona 19L



Fig. 12: Asociación Agua Buena (Altura Vía Evitamiento).

3.- Vía Evitamiento (altura Maestro – Servicentro Santa Elena)

Coor_Este 186116.71m y Coor_Norte 8500775.97m Zona 19L



Fig. 13: Vía Evitamiento (altura Maestro – Servicentro Santa Elena).

1.5.2. Delimitación temporal

La investigación, el levantamiento de información, el análisis y desarrollo de la tesis se realizó durante el periodo del año 2020.



2. CAPITULO 2: MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de Estudios

A continuación, se presentan diferentes investigaciones desde el campo internacional y nacional que tienen relación con el problema de investigación del presente estudio.

2.1.1. Antecedentes Internacionales

A.- Elaboración de un manual que sirva como guía para realizar la señalización vertical vial en cruces de línea férrea.

Betancourt Landeta, Luis Eduardo. (2014). Elaboración de un manual que sirva como guía para realizar la señalización vertical vial en cruces de línea férrea. (Tesis de maestría). Pontificia Universidad Católica de Ecuador, Quito, Ecuador.¹

Resumen : El estudio en mención se fundamenta en principio en categorizar los pasos a nivel férreos, utilizando tres criterios distintos los que sirven para identificar los pasos a nivel más conflictivos o riesgosos, en los cuales es recomendable implementar mayor cantidad de señalización, con la finalidad de intentar disminuir y evitar que se originen accidentes tanto con vehículos y como con peatones. En base a estos criterios, se creó un manual para realizar la señalización de pasos a nivel.

Aporte a la investigación: Se creó y/o realizo un manual de sencilla aplicación y utilización para proceder con la señalización de pasos a nivel con líneas férreas. Además, se establece la señalética horizontal y vertical y los parámetros a utilizarse en los pasos a nivel con líneas férreas bajo la normativa del (INEN) Instituto Nacional De Normalización Ecuatoriana y señalización férrea a nivel internacional.

B.- Desarrollo de un manual de diseño de intersecciones a nivel para la república del Ecuador, aplicado a una intersección en el país.

Villacreses Cabrera, Juan Pablo. (2015). Desarrollo de un manual de diseño de intersecciones a nivel para la república del Ecuador, aplicado a una intersección en el país. (Tesis de maestría). Pontificia Universidad Católica de Ecuador, Quito, Ecuador.²

¹ Betancourt Landeta, L. (2014). *Elaboración de un manual que sirva como guía para realizar la señalización vertical vial en cruces de línea férrea*. [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica de Ecuador, Quito, Ecuador].

² Villacreses Cabrera, J. (2015). *Desarrollo de un manual de diseño de intersecciones a nivel para la república del Ecuador, aplicado a una intersección en el país*. [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica de Ecuador, Quito, Ecuador].



Resumen : El trabajo implanta un procedimiento para diseñar intersecciones a nivel. El País de Ecuador no cuenta con un Manual de diseño de intersecciones, en el cual se de pautas y criterios a los ingenieros de esta rama para lograr diseños económicos, seguros y cómodos. Además, se indica que existen tres razones principales que motivan a la creación de un documento con estas peculiaridades que vienen a ser: primero en la actualidad el gobierno del Ecuador está utilizando una gran cantidad de recursos para lograr el desarrollo vial, segundo la normativa NEVI-12 es un documento muy básico y general porque los profesionales en esta materia necesitan un manual y metodología para normalizar y estandarizar los resultados.

En el Ecuador toda la normativa disponible y de consulta oficial no contiene un procedimiento detallado para diseñar y dimensionar la geometría de estos elementos. Por lo que es evidente que existe una necesidad de disponer de un manual que permita normalizar y estandarizar cada uno de estos procedimientos.

Aporte a la investigación:

Este trabajo conceptúo una guía para los ingenieros de tránsito y planificadores viales. Además, el autor establece una metodología para elegir del tipo de intersección, así como los criterios para el trazo de la geometría de las mismas. Dentro del desarrollo de la tesis se ha logrado elaborar y proponer un manual que sirve para el diseño de intersecciones, además el ingeniero o diseñador puede tabular las directrices para elegir el tipo de intersección a proponer y diseñar una intersección en el medio local y contrastarlo o compararlo con el diseño existente.

C.- Desarrollo de módulo de protección para pasos a nivel con configuración de señalización luminosa y acústica (S.L.A) y semibarreras automáticas (S.B.A)

Gómez Fernández, Javier (2017). Desarrollo de módulo de protección para pasos a nivel con configuración de señalización luminosa y acústica (S.L.A.) y semibarreras automáticas (S.B.A.). (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.³

³ Gómez Fernández, J. (2017). *Desarrollo de módulo de protección para pasos a nivel con configuración de señalización luminosa y acústica (S.L.A.) y semibarreras automáticas (S.B.A.)*. [Tesis de pregrado]. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España].



Resumen : En este estudio la interacción del tráfico ferroviario con el tráfico de peatonal y vehicular se ha convertido en uno de los principales aspectos a mejorar en relación a la seguridad de estos tipos de transporte. Debido a la certeza y trayectoria de la ruta ferroviaria, es fácil predecir en qué lugares este se cruzará con otro tipo de tráfico.

Actualmente, existe un sistema de control automático para pasos a nivel, que puede mejorar la seguridad de los pasos a nivel y reducir situaciones peligrosas en ellos. Para estudiar algunas configuraciones de estos pasos, se ejecutó un simulador interactivo que cumple con la normativa y permite visualizar el tipo de operaciones realizadas en él para asegurar la instalación.

También se ha desarrollado un software para simular las acciones que realiza el módulo de control de pasos a nivel, encargado de gestionar y enviar las señales recibidas para condiciones seguras.

Aporte a la investigación: Se llevó a cabo un programa de simulación para adquirir más conocimientos y experimentar, y para simular las acciones habitualmente realizadas en un paso a nivel con suficiente precisión. El simulador se encuentra en modo académico, lo que permite familiarizarse con estas instalaciones y analizar las medidas tomadas para proteger la circulación en el ferrocarril y la circulación en las calles y avenidas que se cruzan para analizar su seguridad.

D.- Seguridad en la Circulación de los trenes de la Red Ferroviaria Española, en el ámbito de la Comunidad Autónoma de Catalunya.

Tejedor Fuentetaja, José (2012). Seguridad en la Circulación de los trenes de la Red Ferroviaria Española, en el ámbito de la Comunidad Autónoma de Catalunya. (Tesis de maestría). Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, España.⁴

Resumen : El objetivo de este trabajo es analizar la seguridad de las operaciones ferroviarias en la red ferroviaria española dentro de la comunidad autónoma de Catalunya.

Aporte a la investigación: Este estudio consta de dos partes diferentes. La primera parte tiene como objetivo introducir y analizar la infraestructura actual de la red ferroviaria española y sus instalaciones ferroviarias (electrificación y subestaciones, dispositivos de señalización y seguridad, comunicaciones), así como el análisis de diferentes sistemas

⁴ Tejedor Fuentetaja, J. (2012). *Seguridad en la Circulación de los trenes de la Red Ferroviaria Española, en el ámbito de la Comunidad Autónoma de Catalunya*. [Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, España].



técnicos de explotación y los bloqueos existentes. Una vez conocido el equipamiento actual de la red ferroviaria española, en la segunda parte se conocerá la producción de cada línea en función de la evolución de las circulaciones y kilómetros recorridos por el tren, una vez conocidas estas variables se podrán sacar conclusiones para mejorar la infraestructura ferroviaria y para garantizar una mayor seguridad y calidad del servicio, así como un mejor uso de la infraestructura de manera eficiente.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

A.- La Seguridad Vial en el Perú

Gallardo Zevallos, German Alfonso. (2016). La seguridad vial en el Perú. (Tesis de maestría). Universidad de Piura, Lima, Perú.⁵

Resumen : Este trabajo de investigación tiene como objetivo analizar la situación de la seguridad vial en el Perú y determinar su nivel de implementación y compararlo con Canadá. Al determinar el estado relativo de la seguridad vial en el país, ayudará a las profesionales que son responsables de la implementación de las políticas públicas, porque han entendido su contenido principal y los tipos de proyectos que deben implementarse primero. Este artículo propone planes de seguridad vial que se pueden implementar a nivel local. También recomienda una serie de pasos básicos y fundamentales para establecer una solución más permanente y que involucré a todos los actores.

Aporte a la investigación: Según la experiencia del autor, muchas ciudades del Perú se están transformando de ciudades pequeñas a ciudades medianas. En otras palabras, los negocios y comercios y todas las actividades económicas están aumentando gradualmente. Todos estos desarrollos, a su vez, llevaron a la riqueza de una generación, y por ende al incremento en el nivel de motorización de estas sociedades; a su vez, este incremento condujo a un incremento de accidentes y por ende el número de muertes; todos estos análisis fueron hechos en este trabajo. Este trabajo tiene como objetivo hacer una pequeña contribución a toda esta problemática.

B.- Implementación de Políticas y Técnicas Innovadoras de Seguridad Vial mediante la Aplicación de Auditorías de Seguridad Vial en Carreteras Nacionales.

⁵ Gallardo Zevallos, G. (2016). *La seguridad vial en el Perú*. [Tesis de maestría, Universidad de Piura, Lima, Perú].



Huamanchao Paquiyaury, Ulises. (2015). Implementación de políticas y técnicas innovadoras de seguridad vial mediante la aplicación de auditorías de seguridad vial en carreteras nacionales. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.⁶

Resumen : El propósito de esta investigación es implementar políticas y tecnologías innovadoras de seguridad vial mediante la aplicación de auditorías de seguridad vial en las carreteras nacionales, y proponer una metodología innovadora y completa para auditar sistemáticamente los datos de accidentes a través de una combinación de múltiples métodos. Identificar la parte donde se concentran los accidentes, utilizar tecnología de georreferenciación dinámica y verificar la efectividad de las mejoras de seguridad vial a través de fórmulas predictivas con estrategias para prevenir y reducir las muertes y lesiones por accidentes de tránsito. Los métodos que se utilizaron es la aplicación de Auditorias para dos casos, Caso 1: Ciclo de operación de la vía Los Libertadores y Caso 2: Ciclo de Inversión (Proyecto) de la vía nacional PE-28B, determinado tramos de concentración de accidentes (TCA) para el caso1, e identificación de elementos de inseguridad vial (EISV) para ambos casos agrupados en 20 aspectos o consideraciones de Seguridad Vial. Para los elementos de inseguridad vial se ha formulado mejoras para las condiciones de Seguridad Vial detallados en Fichas de identificación Análisis y Mitigación integrados a las listas de chequeo. Mediante fórmulas predictivas del Manual de Seguridad Vial (HSM) AASHTO 2010, analizar y verificar la efectividad de las medidas propuestas, ¿cuánto? mejora la Seguridad Vial, analizando las 02 condiciones con y sin medida, cuyo resultado es un indicador del porcentaje de reducción de víctimas por accidente de tránsito, para finalmente implementar las medidas propuestas de manera efectiva y eficiente sobre 02 factores: Infraestructura e Institucional.

Aporte a la investigación: La investigación resulta ser un aporte a la política nacional de seguridad vial, formulada por el gobierno peruano a través del Ministerio de Transporte (MTC) y otros sectores correspondientes.

C.- Análisis de la Aplicación de una Auditoria de Seguridad Vial en Carreteras Concesionadas.

⁶ Huamanchao Paquiyaury, U. (2015). *Implementación de políticas y técnicas innovadoras de seguridad vial mediante la aplicación de auditorías de seguridad vial en carreteras nacionales*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú].



Torres Márquez, Rolando Roque. (2017). Análisis de la aplicación de una Auditoría de Seguridad Vial en carreteras concesionadas. (Tesis de maestría). Universidad de Piura, Lima, Perú.⁷

Resumen : Esta investigación tiene como objetivo presentar y analizar la aplicación de las auditorías de seguridad vial en un tramo de carreteras concesionadas actualmente en operación al norte de Lima. Para ello, se introduce la base conceptual de la seguridad vial y la auditoría de seguridad vial, y se explican brevemente el alcance y las ventajas. Asimismo, las actividades realizadas durante la auditoría y el desarrollo de las actividades posteriores a la auditoría. Finalmente, resume la importancia de las auditorías para mejorar la seguridad vial.

Aporte a la investigación: El propósito de este trabajo es presentar y analizar la experiencia del Perú en la aplicación de auditorías de seguridad vial (ASV) realizadas por la consultora contratada. Este método ha sido aplicado al tramo de la vía de concesión ubicada al norte de la ciudad de Lima y actualmente en desarrollo. En este caso, esta experiencia estuvo a cargo del regulador OSITRAN responsable de administrar los contratos de concesión en el Perú. En este sentido, en este artículo, reflejaremos los conceptos básicos que necesitamos para adentrarnos a la ASV en base al concepto de instrucciones y los conceptos obtenidos del "Manual de Seguridad de Carreteras" o HSM de la AASHTO.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Seguridad Vial

Existen diferentes definiciones de seguridad vial como:

En el Proyecto del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) Política Nacional de Seguridad Vial 2023 – 2030 se define la Seguridad Vial como: “Conjunto de acciones orientadas a incrementar la seguridad intrínseca y la calidad de protección de las redes viales, en beneficio de los usuarios de las vías. De este modo, la seguridad vial es el conjunto de acciones que se orientan a cuidar la vida de la población del país en su proceso de movilidad, y eso implica la observancia a todos los factores que inciden en dicho proceso.

⁷ Torres Márquez, R. (2017). *Análisis de la aplicación de una Auditoría de Seguridad Vial en carreteras concesionadas*. [Tesis de maestría, Universidad de Piura, Lima, Perú].



La seguridad vial es también considerada como un proceso integral donde se articulan y ejecutan, políticas, estrategias, normas, procedimientos y actividades, con la finalidad de proteger a los usuarios del sistema de tránsito y su medio ambiente, en un marco de respeto a sus derechos fundamentales”. (pág. 55)⁸

Así mismo, en la Ley 1702 del 2013, por la cual se crea la Agencia Nacional de Seguridad Vial de Colombia en el Artículo 5 se define la seguridad vial de la siguiente manera: “Entiéndase por seguridad vial el conjunto de acciones y políticas dirigidas a prevenir, controlar y disminuir el riesgo de muerte o de lesión de las personas en sus desplazamientos ya sea en medios motorizados o no motorizados. Se trata de un enfoque multidisciplinario sobre medidas que intervienen en todos los factores que contribuyen a los accidentes de tráfico en la vía”. (pág. 1)⁹

Huamanchao Paquiyaury, U. (2015) afirma lo siguiente: “La Seguridad Vial se define como el diseño e implementación de una serie de estrategias, acciones y mecanismos en el ámbito informativo, normativo, formativo, educativo, técnico, tecnológico y de investigación que permitan establecer un sistema vial seguro y reduzcan de forma efectiva los accidentes de tránsito y las lesiones que provocan”. (pág. 24)¹⁰

También Chacón Gómez, M.A. (2016) afirma que la seguridad vial: “Es la suma de condiciones por las cuales las vías están libres de daños o riesgos causados por la movilidad de los vehículos. La seguridad vial se basa en normas y sistemas que permiten disminuir las posibilidades de lesiones, choques, traumatismos etc., y sus consecuencias. Su finalidad es proteger a los individuos y bienes, mediante la eliminación o la prevención de los factores del riesgo permitiendo reducir la cantidad y severidad de los siniestros de tránsito.¹¹

Por lo anterior el concepto de seguridad vial se utiliza para referirse a todo el conjunto de medidas, disposiciones, normas, leyes, entre otras, que existen entorno a la circulación y movilización de personas y automóviles, por las calles, vías, ciclorutas, etc.; que tienen la clara misión de prevenir accidentes de tránsito que involucren a los sujetos mencionados”. (pág. 34)

⁸ Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2022). Política Nacional de Seguridad Vial 2023 – 2030. MTC.

⁹ Agencia Nacional de Seguridad Vial de Colombia. (2013). *Artículo 5*. ANSVIC.

¹⁰ Huamanchao Paquiyaury, U. (2015).

¹¹ Chacón Gómez, M.A. (2016).



Por otro lado, en el manual de seguridad vial Ministerio de Transportes y Comunicaciones, MTC. (2016) se afirma que la: “La Seguridad Vial puede definirse como un atributo propio o característico de una vía, que aporta a garantizar el respeto a la integridad de los usuarios y los bienes materiales alrededor de ella. Por este motivo, la Seguridad Vial es un factor importante en el diseño, construcción, mantenimiento y operación de una obra vial”. (pág. 12)¹²

En ese entender este proyecto de tesis pretende proponer una metodología para evaluar la seguridad vial en pasos a nivel con líneas férreas tomando en consideración un conjunto de acciones y mecanismos para asegurar el normal funcionamiento del flujo del tránsito; mediante el uso de conocimientos (leyes, reglamentos y reglamentos) y estándares de comportamiento; ya sea como peatón, pasajero o conductor, para utilizar correctamente las vías públicas para prevenir accidentes de tránsito.

Otro término más completo es la definición de seguridad vial como un conjunto de reglas y actitudes necesarias para garantizar la seguridad de las personas que conducen o caminan por la carretera.

Desarrollar una metodología para evaluar la seguridad vial en los pasos a nivel con líneas férreas, apunta a la prevención de la accidentabilidad, a reducir del número de accidentes o mitigar la gravedad o severidad de los mismos, el principio rector es privilegiar la seguridad.

2.2.2. Políticas de seguridad vial

Políticas de seguridad vial vienen a ser las normas, conjunto de reglas y protocolos que se encargan de velar y establecer un sistema vial seguro y con su aplicación se reduzcan de forma efectiva los accidentes de tránsito.

El objetivo de la política de seguridad vial es reducir el número de personas que mueren y resultan heridas en las vías a fin de reducir el número de personas que mueren y resultan heridas cada año.

Estas políticas de seguridad vial, se pueden plantear en tres ámbitos de actuación diferentes: Prevención, Detección y Actuación.

En nuestro país tenemos:

¹² Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de seguridad vial*. MTC.



- Manual de Seguridad Vial aprobado mediante R.D N.º 05-2017-MTC/14
- Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras aprobado mediante R.D N.º 16-2016-MTC/14
- Directiva N.º 01-2007-MTC/14 Estándares Mínimos de Seguridad para Vías Férreas de Trocha de 914 Milímetros aprobado por R.D N.º 049-2007- MTC/14
- Reglamento Nacional de Transito aprobado por R.D N.º 016-2009- MTC

2.2.3. Técnicas de seguridad vial

Metodología, procedimientos y conocimiento técnico que se utiliza para evaluar, elaborar estudios, planes, propuestas de mejora y auditorias de seguridad vial de manera eficaz y conseguir resultados deseados.

Un paquete de técnicas de seguridad vial es:

- Control de velocidad
- Diseño y mejora de la infraestructura vial
- Vigilancia del cumplimiento de las leyes de transito
- Aplicación de las normas de seguridad vial
- Mejoramiento de la señalización.

2.2.4. Factores de peligro

Se considera factor de peligro aquella condición, elemento, circunstancia o característica intrínseca de los pasos a nivel con líneas férreas que pueden causar lesiones, daño a la propiedad y/o paralización de un proceso.

En esta investigación los factores de peligro que pueden ocasionar accidentes en un paso a nivel con líneas férreas son:

- Velocidad de los trenes
- Velocidad promedio del tránsito vehicular
- Volúmenes de tránsito vehiculares (cantidad de trenes y cantidad de vehículos)
- Distancia de visibilidad
- Características o parámetros geométricos del paso a nivel (ángulo de cruce, pendiente, numero de vías).

Para entender de mejor manera los factores de peligro, la REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: Diccionario panhispánico del español jurídico (DPEJ) [en línea]. < <https://dpej.rae.es/> > [Fecha de la consulta: 16/12/2022], Define Factor de Peligro



como: “característica, ingrediente o elemento de un producto o actividad que puede originar un perjuicio sobre la salud humana u otro bien jurídico protegido, como el medioambiente”.

2.2.5. Diseño Geométrico

Cárdenas Grisales, James (2013) expresa: “El diseño geométrico es la parte más importante ya que a través de él se establece su configuración geométrica tridimensional, con el fin de que la vía sea funcional, segura, cómoda, estética, económica y compatible con el medio ambiente”. (pág. 1)¹³

Cárdenas Grisales, James (2013) afirma también: “La geometría de la vía tendrá como premisa básica la de ser segura, a través de un diseño simple, uniforme y consistente”. (pág. 2)

Los factores o requisitos del diseño se agrupan en externos (existentes) e internos (propios de la vía y su diseño).

Cárdenas Grisales, James (2013) define: “Los factores externos están relacionados, entre otros aspectos, con la topografía del terreno natural, la conformación geológica y geotécnica del mismo, el volumen y características del tránsito actual y futuro, los valores ambientales, la climatología e hidrología de la zona, los desarrollos urbanísticos existentes y previstos, los parámetros socioeconómicos del área y la estructura de las propiedades.

Los factores internos del diseño contemplan las velocidades a tener en cuenta para el mismo y los efectos operacionales de la geometría, especialmente los vinculados con la seguridad exigida y los relacionados con la estética y armonía de la solución”. (pág. 2)

Bajo esas premisas el diseño geométrico de una vía, intersección o paso a nivel involucra la correlación de los siguientes elementos:

- a. Elementos físicos de la vía
- b. Condiciones de operación de las vías
- c. Características del terreno

Bautista Paico, Javier Orlando (2021) precisa: “Las causas que originan los accidentes de tránsito son distintas en cada punto de la vía, según las investigaciones realizadas, las

¹³ Cárdenas Grisales, J. (2013).



principales causas podrían ser: incompatibilidades del diseño geométrico, operacionales (tránsito, volumen y velocidad), ambiente y la actitud del conductor. Teniendo mayor implicancia en la seguridad vial: el diseño geométrico”. (pág. 5)¹⁴

2.2.6. Gestión de Tránsito

La Gestión de Tránsito se define como la combinación de medidas que sirven para preservar la capacidad de tránsito y mejorar la seguridad, la confianza y la fiabilidad de toda la red o sistema vial.

La gestión de tránsito nos permite diagnosticar, evaluar, planificar y programar objetivamente el mantenimiento de los activos viales en toda su vida útil, optimizando el uso de los recursos disponibles.

Fernández Aguilera, Rodrigo (2013) precisa: “El tráfico de vehículos en las ciudades ha llevado a la degradación de la calidad de vida urbana. Esta degradación se ve manifestada, conforme aumenta el nivel de flujos en las calles, en impactos como congestión vehicular, riesgo de accidentes, ruido, segregación del entorno, intimidación para usar el espacio público e intrusión visual por vehículos o infraestructuras de transporte. Corresponde a una rama de la ingeniería, denominada ingeniería de tránsito, abordar los problemas generados por el tráfico mediante diseños coherentes que tiendan a administrar racionalmente el desplazamiento de las personas por el espacio público de un área geográfica, considerando todos los impactos antes mencionados. Esto es lo que hoy día se entiende por gestión de tránsito”. (pág. 11)¹⁵

Algunos ejemplos de medidas comunes de gestión de tránsito que pueden adoptarse como parte de una estrategia para mejorar los pasos a nivel son:

- a. Diseñarse e implementarse en forma integral y de acuerdo a la particularidad de cada cruce a nivel, los dispositivos de control del tránsito necesarios, los cuales básicamente están conformados por señalización vertical, demarcaciones en el pavimento tanto planas como elevadas, señalización informativa, sistema de control de barreras automáticas provistas de semaforización y sensores, y otros. (Manual de Dispositivos de Control del Tránsito automotor para Calles y Carreteras)

¹⁴ Bautista Paico, J. O. (2021).

¹⁵ Fernández Aguilera, R. (2013).



- b. Realizar monitoreos permanentes de siniestralidad vial, para desarrollar planes de intervención que tiendan a mitigar o evitar accidentes. Este monitoreo puede fortalecerse a partir de la instalación de centrales de monitoreo de tránsito y cámaras de registro en los puntos más conflictivos de la ciudad.
- c. Rediseñar la geometría de las vías, intersecciones y pasos a nivel.

2.2.7. Índice de peligrosidad

Uno de los indicadores de seguridad vial es el índice de peligrosidad, la peligrosidad se describe generalmente como la probabilidad de ocurrencia de un evento peligroso.

Rivera, Juan Ignacio, Echaveguren, Tomas (2014) indican que: “Los índices de peligrosidad intentan explicar el grado de peligro y la exposición al riesgo de accidentes”. (pág. 56)¹⁶

2.2.8. Análisis de riesgos

Castillo Martínez, H. D. (2013) define que: “El análisis de riesgos comprende identificar los peligros de “Seguridad Vial” para cada factor de riesgo, estimar los riesgos realizando la evaluación y re-evaluación de los riesgos viales donde se espera que los riesgos finales en la presente Tesis no representarán pérdidas para los vehículos que transiten por el tramo de la carretera mencionada”. (pág. 4)¹⁷

Castillo Martínez, H. D. (2013) también afirma: “El análisis de riesgo, es el estudio de las causas de las posibles amenazas y probables eventos no deseados y los daños y consecuencias que estas pueden producir”. (pág. 22)

Sabemos que el riesgo es la combinación de la probabilidad y las consecuencias de peligros incontrolables, y los peligros son la causa de una gran pérdida de vidas y propiedades. Inevitablemente, hay tres factores inseparables en todas las actividades humanas:

Medio ambiente, máquinas y personas. En los accidentes de tráfico, la combinación de estos tres factores se denomina "Triángulo accidentológico". En esta figura geométrica, los "factores humanos" ocupan la base, los "factores ambientales" ocupan el cateto de la izquierda y los "factores del automóvil" ocupan el cateto de la derecha.

¹⁶ Rivera, J. I., Echaveguren, T. (2014).

¹⁷ Castillo Martínez, H. D. (2013).

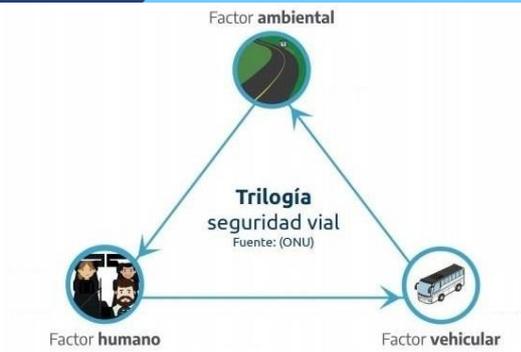


Fig. 14: Triángulo accidentológico.

2.2.9. Análisis de peligro

Es el proceso por el que se lleva a cabo la compilación y estudio de la información sobre los peligros y las causas que los originan y ocasionan, para decidir y tomar acciones al respecto con el objetivo de minimizarlos o mitigarlos.

La OHSAS 18001 (2007) define peligro como la fuente, situación o acción con el potencial de producir daño en término de lesión o enfermedad, o una combinación de estas.

2.3. Hipótesis

2.3.1. Hipótesis General

Con la aplicación de políticas y técnicas de seguridad vial aplicadas mediante una metodología secuencial, se logra mejorar la seguridad vial en los pasos a nivel con líneas férreas reflejando la reducción del índice de peligrosidad referente a los accidentes de tránsito.

2.3.2. Hipótesis Específicas

a.- La seguridad vial se ve influenciada por la correlación existente entre los factores de peligro y las condiciones de diseño geométrico que determinan el índice de peligrosidad.

b.- La evaluación de los factores de peligro como son los parámetros geométricos, velocidad de los trenes, velocidad promedio del tránsito vehicular, volúmenes de tránsito vehicular, distancia de visibilidad contribuyen a la seguridad vial y reducen los índices de peligro.

c.- La implementación de medidas de gestión de tránsito en seguridad vial contribuye a la reducción de los índices de peligrosidad.



d.- El cambio en la geometría e infraestructura mejora la seguridad vial y reduce los índices de peligrosidad.

2.4. Variables

2.4.1. Identificación de variables

Variables independientes:

- Seguridad Vial.

Variables dependientes:

- Índices de Peligrosidad.

2.4.2. Operacionalización de variables

Tabla 1: Operacionalización de variables.

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
SEGURIDAD VIAL	La seguridad vial se encarga de prevenir y/o minimizar los daños y efectos que provocan los accidentes viales, su principal objetivo es salvaguardar la integridad física de las personas que transitan por la vía pública eliminando y/o disminuyendo los factores de peligro.	Se medirá mediante la determinación del índice de peligrosidad	Factores de Peligro	Parámetros geométricos Velocidad de los trenes Velocidad de los vehículos Distancia de visibilidad de parada Distancia de visibilidad de parada total Distancia de visibilidad ferroviaria Distancia de visibilidad de cruce
			Diseño geométrico	Número de carriles Numero de vías Angulo de cruce entre la vía férrea Gradiente del camino Ancho de calzada Rampa de acceso al cruce



INDICES DE PELIGROSIDAD	Es un valor calculado que permite medir lo peligroso que puede llegar a ser una vía, tomando en cuenta los factores de riesgo cuya incidencia en menor o mayor medida influyen en la probable ocurrencia de accidentes de tránsito en un paso a nivel.	Se medirá evaluando y midiendo los factores de riesgo	Nivel de seguridad	Nivel de Peligrosidad Baja Nivel de Peligrosidad Media Nivel de Peligrosidad Alta Nivel de Peligrosidad muy Alta
-------------------------	--	---	--------------------	---

Referencia: Elaboración propia

2.5. Definición de términos básicos

A continuación, se definen algunos términos adoptados en el trabajo de investigación al cual se hace referencia, los cuales se consideran necesarios para el enfoque del mismo:

2.5.1. Factores de riesgo

Trata de aquellos aspectos cuya ocurrencia e incidencia en mayor o menor medida intervienen e influyen en la probabilidad y ocurrencia de accidentes de tránsito en un paso a nivel. Dentro de estos parámetros se consideran: aspectos del diseño geométricos, número de carriles, número de vías, ángulo de cruce entre la vía ferroviaria y el camino, distancia de visibilidad, velocidades de cada uno de los vehículos y equipo ferroviario que circulan en el paso a nivel, factores climáticos y otros que impiden la percepción de la proximidad del tren.

2.5.2. Características de los pasos a nivel

Las características usuales de los pasos a nivel con líneas férreas se pueden agrupar de la siguiente forma:

2.5.2.1. Aspectos geométricos

Los aspectos geométricos de un paso a nivel con líneas férreas que se pueden destacar son los siguientes: ancho de la faja de la vía, ancho de la calzada, ángulo de cruce de ambas vías, rampas de acceso al cruce, etc.

2.5.2.2. Características de los vehículos carreteros

Dentro de las características de los vehículos carreteros, se debe considerar la velocidad directriz de la vía y/o carretera que cruza la vía, peso de los vehículos, distancia de frenado de los vehículos, etc.



2.5.2.3. Características de los trenes:

Se deben considerar los parámetros como: la velocidad máxima de los trenes en el tramo de vía que corresponde al paso a nivel que se viene evaluando, la distancia de frenado de los trenes, el tonelaje máximo, máxima longitud de los tramos férreos en el paso a nivel.

2.5.2.4. Visibilidad:

Los pasos a nivel con líneas férreas son sectores críticos y como se sabe, los podemos definir como puntos de conflicto y con gran riesgo de accidente. Para evitar los accidentes o minimizar la probabilidad de accidentes se diseñan lo que denominamos rombos de visibilidad. A la zona libre de obstáculos que permite a los conductores que se aproximan a los pasos a nivel con líneas férreas se le llama rombo de visibilidad, divisar la proximidad de un tren a una distancia adecuada y suficiente para que sea posible evitar una eventual colisión.

En la evaluación de riesgos y peligrosidad en la zona de aproximación al paso a nivel, este factor es el de mayor incidencia tomando en consideración la visibilidad del conductor para poder visualizar hacia adelante y al estar este bajo el control de la velocidad y trayectoria del vehículo automotor, también de su experticia y formación depende directamente una operación segura y eficiente, por lo que es sumamente necesario disponer de distancias de visibilidad con longitudes suficientes para facilitar seguridad en la zona de aproximación del paso a nivel.

2.5.3. Factores climáticos

Estos factores pueden intervenir e influir negativamente en la ubicación o percepción de un tren que está próximo al paso a nivel, tales como: zonas de niebla o reflejos de sol que perjudican la visibilidad, también los vientos u otros sonidos que impidan la percepción acústica de la cercanía o proximidad del tren. Estos factores pueden influir o pueden impedir que se escuche las señales acústicas si es que las hay.

2.5.4. Gradiente del camino

Cuando el valor de este factor es diferente a cero (0) genera peligro o riesgo, lo ideal es cuando el paso a nivel entre caminos y vías férreas se crucen al mismo nivel o en un mismo plano horizontal.



Las gradientes en descenso pronunciado provocan una visibilidad inadecuada de los vehículos que vienen en dirección contraria, por ello esto genera que no se distinga con facilidad la aproximación y presencia de los trenes en la vía férrea.

En gradientes positivas o empinadas producen una disminución de la velocidad de los vehículos lo que puede provocar que no se perciba a tiempo la proximidad de un tren lo que podría provocar nefastas consecuencias.

2.5.5. Volumen de tráfico vehicular y ferroviario

Es un factor de riesgo directamente proporcional a su grado de peligrosidad, en otras palabras, cuanto más vehículos o trenes atraviesen o circulen un paso a nivel mayores son los riesgos involucrados o la probabilidad de accidentes aumenta. Se define como el número o cantidad de vehículos o trenes que circulan por un paso a nivel en un periodo determinado de tiempo.

2.5.6. Ángulo de cruce del camino

Es el ángulo que forma el cruce de la vía férrea con el camino, en los pasos a nivel con líneas férreas el ángulo recto es el ideal ya que esta muestra ventajas comparativas en relación a una menor incidencia de accidentes.

2.5.7. Caminos laterales

Se trata de los caminos que ingresan a un camino principal muy cerca de un paso a nivel con líneas férreas, esta disposición de las vías se constituye en un factor de riesgo, debido a que los vehículos que ingresan o salen por estas vías distraen a los conductores y pierden la atención al paso a nivel que se halla por delante.

Es recomendable que no ingresen o se empalmen caminos a una vía principal en un punto muy cercano a un paso a nivel, con la finalidad de evitar riesgos y accidentes, sin embargo, si no es posible evitar estos empalmes de vías lo recomendable es que estos se ubiquen a una distancia mínima de 20 m de un paso a nivel con la finalidad de minimizar el riesgo o la probabilidad de accidentes.

2.5.8. Velocidad en el camino

Viene a ser la velocidad con la que un vehículo se desplaza o circula por el camino, este parámetro es un factor de riesgo que tiene relación con la distancia de visibilidad. Cuando



un vehículo se aproxima a un paso a nivel depende de la velocidad y el tiempo que un conductor dispone para decidir si se detiene o pasa de manera segura.

2.5.9. Numero de vías ferroviarias

Es un factor relacionado directamente al riesgo ya que depende del número de líneas ferroviarias el tiempo que tarda un vehículo en cruzar el paso a nivel, acrecentándose el riesgo de accidentes cuando dos o más trenes atraviesan el paso a nivel al mismo tiempo.

2.5.10. Número de carriles

El factor de riesgo se acrecienta toda vez que mientras más carriles conforman un camino y estos a su vez cruzan una línea férrea, se produce una mayor probabilidad de accidentes, debido a que la visibilidad se ve obstruida sobre todo en la zona más próxima al paso a nivel, esta situación se agrava más en los caminos que presentan un alto volumen de tráfico.

2.5.11. Superficie de rodadura

Los pasos a nivel deben contemplar la compatibilidad de las dos vías que se cruzan, el pavimento o superficie de rodadura en el paso a nivel puede ser de distintos tipos, según las preferencias y los recursos de los gestores tanto de la infraestructura ferroviaria como de la carretera o camino que la cruza. Esta superficie se convierte en un factor de riesgo cuando la falta de mantenimiento produce el deterioro de la misma, esta condición de la superficie de rodadura o pavimento puede dar lugar a accidentes al dificultar el manejo, en algunos casos puede provocar el atrapamiento de los vehículos especialmente de baja altura provocados por el mal estado de la superficie de rodadura que atraviesa la vía ferroviaria.

2.5.12. Consideraciones generales de seguridad vial

Los accidentes de tránsito son un indicador que nos permite conocer que tan seguras son las vías, cuantos más accidentes presenten un tramo vial, más inseguro.

La seguridad vial se puede definir como la “no elaboración de accidentes” pero esta definición es ficticia, debido a que siempre existe la posibilidad de que se produzca algún accidente, peor aún si se tiene en cuenta que entre los elementos que intervienen en el tráfico se encuentra el ser humano, el cual tiene la capacidad de decidir y con ella la capacidad.



Se considera muy importante tratar las consideraciones de seguridad para la construcción y operación de pasos a nivel con líneas férreas, la experiencia recogida en estudios de ingeniería a nivel mundial para reducir los riesgos de accidentes y sus consecuencias. De este modo, las Consideraciones de Seguridad Vial se agrupan de la siguiente forma:

- Diseño geométrico del paso a nivel con líneas férreas.
- Señalización vial.
- Gestión de tránsito.
- Usuarios de la vía.



3. CAPITULO 3: MÉTODO

3.1. Tipo de Investigación

3.1.1. Enfoque de la investigación

La presente investigación, por la naturaleza del objeto de estudio, es de enfoque Cuantitativo. Ya que recogeremos y procesaremos los datos obtenidos del trabajo en campo (levantamiento topográfico) para la determinación de las longitudes visibles de la vía férrea, se realizará conteos vehiculares, se determinará volúmenes de tráfico ferroviario y vehicular, cálculos de las distancias de visibilidad y otros indicadores.

3.1.2. Método de investigación

En el presente estudio se empleará el método hipotético - deductivo, ya que se observará el fenómeno a estudiar en los pasos a nivel con líneas ferroviarias, con la finalidad de crear una hipótesis, para explicar dicho fenómeno, la cual será verificada y comprobada posteriormente.

3.2. Alcance de la investigación

El alcance de la investigación o nivel de estudio es descriptivo y correlacional. En este sentido, Hernández, Fernández y Baptista (2003) señalan que “los estudios descriptivos pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a los que se refieren” (pág. 119). De allí que en la investigación se pretende recoger información sobre las variables a partir de sus dimensiones e indicadores y del ámbito en el cual se desarrolla, para determinar cómo es su comportamiento en los pasos a nivel con líneas férreas. Buscaremos especificar las propiedades importantes de la infraestructura de la vía ferroviaria, y sus características de funcionamiento tales como diseño geométrico, volumen de tránsito, velocidad, flujo vehicular, distancias de visibilidad y otros indicadores.¹⁸

En cuanto a los estudios correlacionales, Hernández, Fernández y Baptista (2003) plantean que “tienen como propósito evaluar la relación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables (en un contexto en particular)”. (pág. 121). De esta forma, una vez que se medirán en forma conjunta las variables objeto de estudio, se procederá a evaluar la relación existente entre ellas, de manera cuantitativa, a través del

¹⁸ Hernández, Fernández, Baptista. (2003).



análisis de los resultados obtenidos, permitiendo predecir el comportamiento de una variable si se conoce el de la otra.

3.3. Diseño de Investigación

El diseño de la presente investigación es cuantitativo de tipo experimental porque corresponde a un estudio donde se busca o requiere examinar el comportamiento de los fenómenos, a partir de la operación de cambios intencionados en las variables que los componen. En base a los resultados obtenidos, metodología y fórmula propuesta para el cálculo del Índice de peligrosidad (IDP) de los pasos a nivel con líneas férreas, se ha modificado intencionadamente las variables correspondientes a:

- Angulo de cruce \emptyset
- Porcentaje (%) de incidencia de la pendiente

En el análisis se ha variado estos valores de Angulo de cruce \emptyset y Porcentaje (%) de incidencia de la pendiente con el propósito de evaluar si existe una incidencia y correlación con el Índice de Peligrosidad (IDP). Los resultados y explicaciones al respecto se muestran en Capítulo 4 de la presente investigación, exactamente en el acápite 4.2.4. Resultados respecto al objetivo específico N° 04.

Por medio del diseño de la investigación se obtuvo toda la información necesaria y requerida para aceptar o rechazar la hipótesis.

En este sentido, Hernández, Fernández y Baptista (2010) señalan que: “Una acepción particular de experimento, más armónica con un sentido científico del término, se refiere a un estudio en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes (supuestas causas-antecedentes), para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos-consecuentes), dentro de una situación de control para el investigador”. (Hernández, Fernández y Baptista, 2010).¹⁹

¹⁹ Hernández, Fernández, Baptista. (2010).

Fig. 15: Diseño de investigación.



Fuente: Hernández Sampieri, Fernández Collado & Baptista Lucio, 2014. pág. 5

3.4. Población

La investigación es válida para cualquier paso a nivel con líneas férreas a nivel nacional. Sin embargo para fines de esta investigación se ha tomado como población los pasos a nivel con líneas férreas dentro del polígono que delimita la zona urbana de la ciudad de Cusco, tomando en consideración los 2 tramos ferroviarios ferrocarril del sur (Cusco – Puno – Arequipa – Mollendo) y el ferrocarril del sur oriente (Cusco – Poroy – Ollantaytambo – Machupicchu), tramos que se encuentran administrados por la empresa concesionaria Ferrocarril Trasandino S.A, como es conocido estos 2 tramos ferroviarios nacen y transitan por la ciudad de Cusco.

3.5. Muestra

Se ha seleccionado una muestra de 6 pasos a nivel con líneas ferroviarias, para fines de este estudio se ha escogido 3 pasos a nivel por cada tramo ferroviario, estos pasos a nivel fueron escogidos tomando en cuenta el alto flujo vehicular que presentan. Los tramos ferroviarios en mención son el ferrocarril del sur (Cusco – Puno – Arequipa – Mollendo) y el ferrocarril del sur oriente (Cusco – Poroy – Ollantaytambo – Machupicchu).

El tipo de muestreo considerado es el no probabilístico de tipo intencional propuesto por el investigador.

3.6. Unidad de Análisis

De acuerdo a la muestra de estudio los 6 pasos a nivel ferroviarios se convierten en la unidad de análisis, toda vez que estos pasos a nivel serán evaluados y analizados con el propósito de poder determinar su nivel de seguridad vial.



3.7. Técnicas e instrumentos de recolección.

3.7.1. Técnica en la recolección de datos cantidad de vehículos

Este dato corresponde al número de vehículos que circulan por el paso a nivel en las 12 horas de mayor tránsito, el intervalo de tiempo de 12 horas de mayor tránsito es de 07:30 horas a 19:30 horas, en esta investigación para obtener resultados representativos se ha adoptado el promedio de los aforos vehiculares realizados en 3 días consecutivos hábiles, siendo el martes, miércoles y jueves.

Obtenido el volumen vehicular se observa que este valor no discrimina el tipo de vehículo, así un auto vale 1 y un camión largo y lento también vale 1. En ese sentido, es necesario convertir los valores heterogéneos a unidades homogéneas, para ello se utilizó el concepto de “Unidad Coche Patrón (UCP)” cuyo factor nos permite convertir flujo vehicular heterogéneo en flujo homogéneo.

A continuación, se muestra la tabla que permitió ponderar a los vehículos según su tipo mediante factores de vehículos equivalente a una unidad de coche patrón:

Tabla 2: Factores comunes (UCP) usados en investigaciones en el Perú.

TIPOS DE VEHICULO	AUTO	CAMIONETA	OMNIBUS	MICROBUS	COMBI	CAMION
(UCP): Factor de vehiculos equivalente a una Unidad de Coche Patron.	1.00	1.00	3.00	2.00	1.35	2.50

Fuente: Estudios de Flujo de Perú.

Así mismo se muestra a continuación el formato de aforo vehicular que se utilizó para la recolección de datos:

Tabla 3: Formato de campo para el aforo vehicular.



TESIS: "METODOLOGIA PARA EVALUAR LA SEGURIDAD VIAL EN LOS PASOS A NIVEL CON LINEAS FERREAS PARA REDUCIR LOS INDICES DE PELIGROSIDAD".

Formato de aforo vehicular

PASO A NIVEL:	ESTACION:
SENTIDO:	DIA:
OPERADOR:	FECHA:

HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	
7-8																				
8-9																				
9-10																				
10-11																				
11-12																				
12-13																				
13-14																				
14-15																				
15-16																				
16-17																				
17-18																				
18-19																				
19-20																				
20-21																				
21-22																				
22-23																				
23-00																				
0-1																				
1-2																				
2-3																				
3-4																				
4-5																				
5-6																				
6-7																				
TOTAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Propia

3.7.2. Técnica en la recolección de datos cantidad de trenes

Viene a ser la cantidad de trenes que circulan por el paso a nivel en 12 horas, estas horas son las mismas 12 horas que se utilizaron para realizar los conteos vehiculares, volumen calculado en base al promedio de los 3 días (martes, miércoles y jueves). Como este valor numérico no discrimina el tipo de vehículo ferroviario, para homogenizar este dato, se muestra a continuación, una tabla que pondera a los vehículos ferroviarios según su tipo:

Tabla 4: Propuesta de factores de equivalencia para vehículos ferroviarios.

TIPOS DE TREN	VEHICULO DE MANTENIMIENTO	TREN DE MERCANCIAS	TREN DE VIAJEROS
Factores de equivalencia	0.5	1.0	1.5

Fuente: Elaboración propia a partir de la tabla "Factores de Equivalencia" del MESPIVU Manual de Evaluación Social de Proyectos de Vialidad Urbana (2013) Chile.

El formato para los aforos ferroviarios, el cual nos sirvió para recopilación y/o recolección de datos es el siguiente:

Tabla 5: Formato de campo para el aforo ferroviario.

<p>TESIS: "METODOLOGIA PARA EVALUAR LA SEGURIDAD VIAL EN LOS PASOS A NIVEL CON LINEAS FERREAS PARA REDUCIR LOS INDICES DE PELIGROSIDAD". Formato de aforo vehicular</p>			
PASO A NIVEL:			
SENTIDO:			
FECHA:			
HORA	TREN DE VIAJEROS	TREN DE MERCANCIAS	VEHICULO DE MANTENIMIENTO
7-8			
8-9			
9-10			
10-11			
11-12			
12-13			
13-14			
14-15			
15-16			
16-17			
17-18			
18-19			
19-20			
20-21			
21-22			
22-23			
23-00			
0-1			
1-2			
2-3			
3-4			
4-5			
5-6			
6-7			
TOTAL	0	0	0

Fuente: Propia

3.7.3. Relevamiento planialtimétrico

Es un procedimiento topográfico que determina la situación planialtimétrica del paso a nivel con líneas férreas que se evalúa. El objetivo de este procedimiento es la ejecución de un levantamiento topográfico. En la actualidad, éste trabajo y recolección de datos se determina a partir de la utilización de equipos convencionales como Teodolito, Estación Total o en algunos casos, a partir de tecnologías de posicionamiento satelital GPS y/o Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT).

Fig. 16: Relevamiento planialtimétrico.



Fuente: Propia

3.7.4. Técnica en la recolección de datos ángulo de cruce

Es el ángulo del cruce entre la vía automovilística y la vía ferroviaria, el ángulo de cruce a considerar, es determinado por los ejes correspondientes a la vía automovilística y a la vía ferroviaria, o sus respectivas tangentes en el lugar si existieran trazos en curva. La medición de este ángulo se efectuó en grados sexagesimales y se obtuvo a través del estudio de relevamiento planialtimétrico que consiste en métodos, procedimientos de medición y representación gráfica que nos permitió elaborar planos a escala donde se representa en planta y en elevación cada uno de los detalles geométricos de los pasos a nivel ferroviarios que se evaluó.

Fig. 17: Relevamiento planialtimétrico.



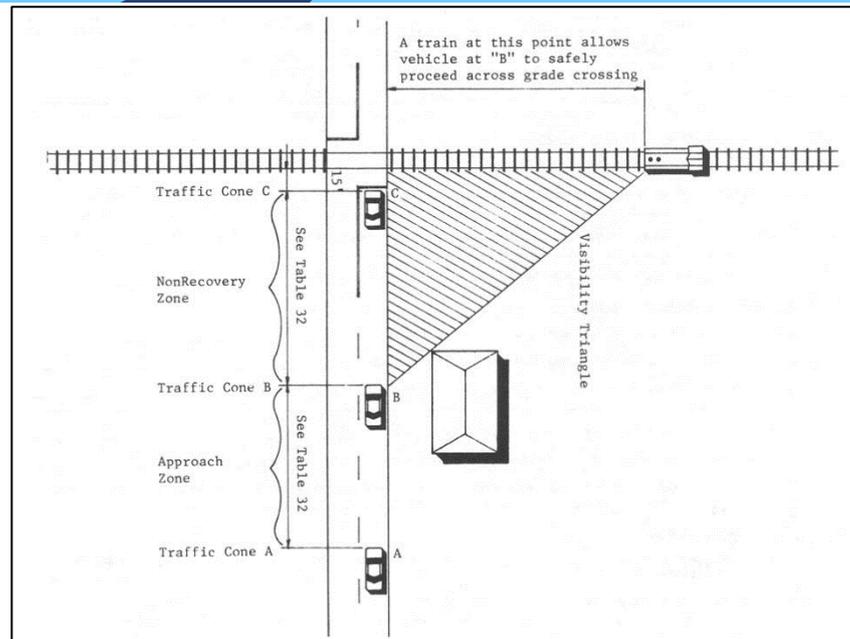
Fuente: Propia

3.7.5. Técnica en la recolección de datos visibilidad

Esta información se toma teniendo como criterio básico y fundamental el triángulo de visibilidad. Se conoce como triángulo de visibilidad a la zona libre de obstáculos que facilita a los conductores que se acercan simultáneamente a un paso a nivel, distinguirse o verse mutuamente a una distancia adecuada, de tal forma que les permita la maniobra o toma de decisiones con seguridad; evitando una eventual colisión.

El triángulo mínimo de visibilidad que se considera seguro, corresponde a la zona que tiene como lado, sobre el camino a la distancia de parada total y sobre la vía férrea, una longitud igual a la distancia visibilidad ferroviaria.

Fig. 18: Triángulos de visibilidad.



Fuente: Manual de pasos a nivel de carreteras y ferrocarriles (Railroad-Highway Grade Crossing Handbook,), segunda edición. Washington, DC: Departamento de Transporte de EE. UU., Federal Administración de Carreteras, 1986. Pag.65

Teniendo en cuenta que un paso a nivel tiene 4 cuadrantes y en cada cuadrante trazamos el correspondiente triángulo de visibilidad tendremos como resultado un rombo, al cual le llamaremos rombo de visibilidad, al tener 4 cuadrantes en el rombo de visibilidad, se tiene también 4 factores de visibilidad uno por cada cuadrante: $fv1, fv2, fv3, fv4$

Valores que se determinaran mediante la siguiente ecuación:

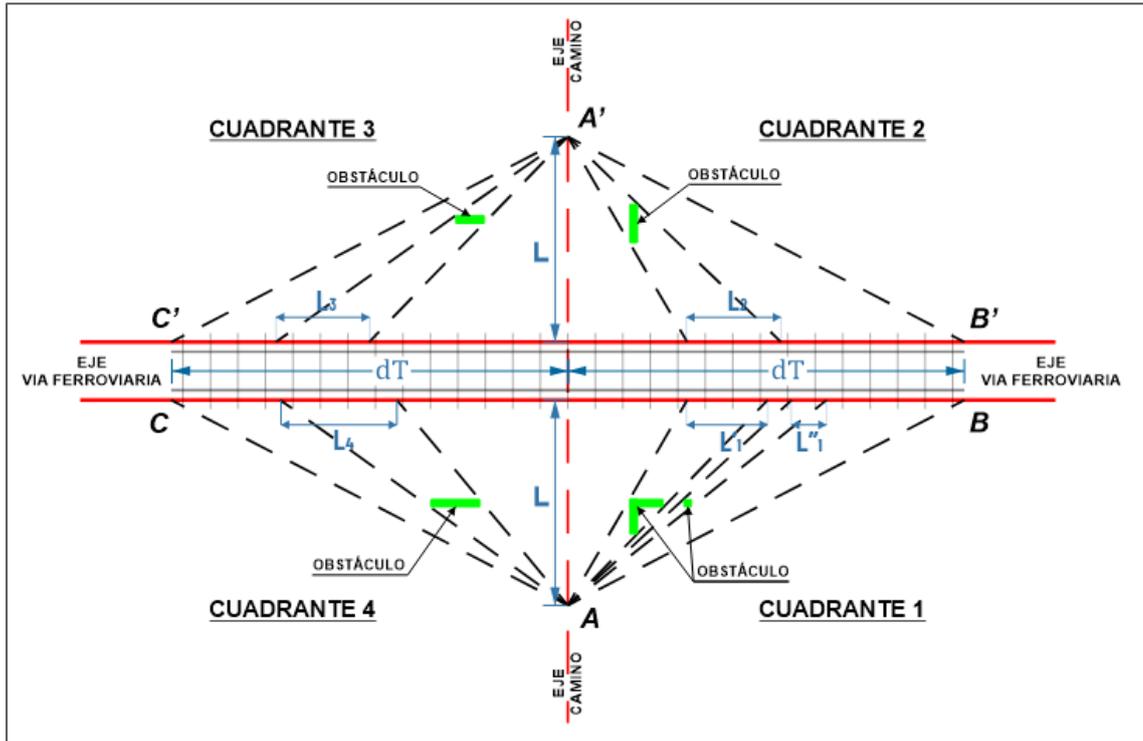
$$fv = 1 - \frac{\sum Ln}{dT}$$

Donde:

$\sum Ln$: es la sumatoria en metros de todas las proyecciones de los obstáculos fijos y temporales dentro la trayectoria ferroviaria que afectan o perturban la visión del conductor vehicular hacia la vía ferroviaria. Estas proyecciones se encuentran por separado en cada uno de los 4 cuadrantes que forman el rombo de visibilidad, estas se consideran sobre el eje de la vía ferroviaria hacia ambos lados, tomando como centro de proyección uno de los 2 vértices menores del rombo de visibilidad ubicados en el eje del camino vehicular que viene a ser el punto de detención del vehículo automotriz. La visual óptica se direcciona a los 2 vértices mayores situados en el eje de la vía ferroviaria hacia ambos lados.

dT : es la distancia de visibilidad ferroviaria

Fig. 19: Rombo de visibilidad.



Fuente: Elaboración propia

L: Para hallar los factores de visibilidad deberán tenerse en cuenta los tramos de vía férrea visibles a ambos lados por un observador colocado en el paso a nivel, a 15 m del primer riel en caminos sin pavimentar y a 30 m cuando el camino es pavimentado ó mejorado, con la altura visual de 1.20 m. sobre el camino.

Ln: por su parte; como ya se mencionó son las proyecciones de los obstáculos sobre el eje de la vía en cada uno de los 4 cuadrantes que se muestra en el grafico anterior. Se deben tomar en cuenta solo los obstáculos de difícil remoción. Se entiende que el desbroce, roce y desquinche de la faja vía férrea se debe efectuar permanentemente. En ese sentido tomando en cuenta los aspectos mencionados y que se deben considerar, los factores de visibilidad de cada cuadrante serían:

$$fv1 = 1 - \frac{L1' + L1''}{Dt}$$

$$fv2 = 1 - \frac{L2}{Dt}$$

$$fv3 = 1 - \frac{L3}{Dt}$$



$$fv4 = 1 - \frac{L4}{Dt}$$

3.7.6. Técnica en la recolección de datos coeficientes amplificadores

Para identificar estos coeficientes debemos considerar que son dependientes de condiciones locales de la vía férrea y del camino, además de ello estos representan las particularidades negativas de cada cruce en particular y que afectan su visibilidad. Se estima sus valores según la siguiente tabla:

Fig. 20: Valores del factor “b”.

Características de la Vía Férrea y el Camino	Valor de b
Gradiente del camino totalizando hasta 8% en ambos lados	hasta 0.30
Gradiente del camino hasta 4% en un solo lado	hasta 0.15
Caminos laterales desembocando dentro de los 20 metros desde el cruce.	hasta 0.15
Cruce angosto	hasta 0.10
Vías ferroviarias múltiples: doble vía	hasta 0.10
Vías ferroviarias múltiples: vía triple	hasta 0.20
Vías ferroviarias múltiples: vía cuádruple o más	hasta 0.30
Reflejo del sol	hasta 0.15

3.8. Validez y confiabilidad de instrumentos

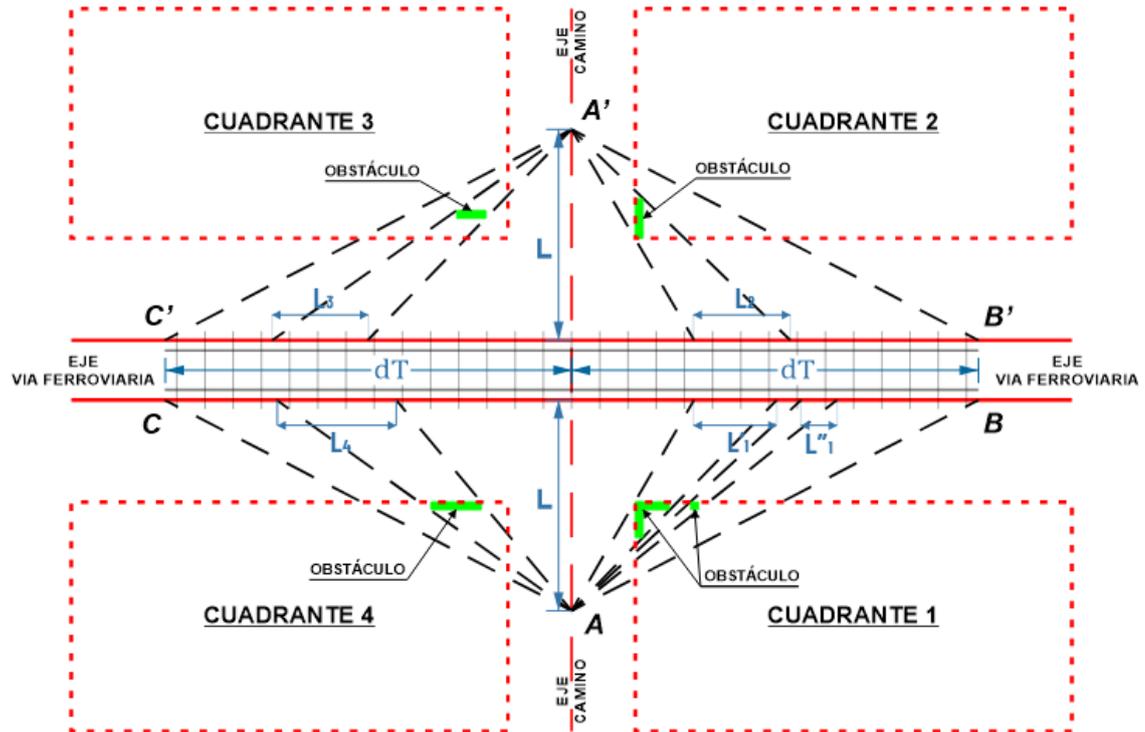
Evaluar la validez y la confiabilidad en la investigación es esencial para certificar y garantizar que los instrumentos de recolección de datos y la información recopilada sea consistente y precisa. En ese sentido para garantizar la confiabilidad y validez de los resultados obtenidos con los instrumentos topográficos utilizados se ha solicitado el certificado de calibración del equipo.

3.9. Plan de Análisis de datos

3.9.1. Deducción de la fórmula del cálculo del índice de peligrosidad (IDP)

La fórmula para el cálculo del índice de peligrosidad que se propone en esta tesis, se deduce del rombo de visibilidad, este rombo de visibilidad es producto del trazo de los triángulos de visibilidad en los cuatro cuadrantes que forma la intersección donde se encuentra una vía ferroviaria con otra vía de comunicación terrestre que puede ser una calle o una avenida, situadas en el mismo plano.

Fig. 21: Rombo de visibilidad.



Fuente: Elaboración propia

En base a ello sabemos que el momento de circulación o también llamado momento de tráfico que es un parámetro que indica el grado de utilización de una vía tanto por trenes o por vehículos carreteros (paso a nivel), se define como:

$$MC = V \times T$$

En otras palabras, viene a ser el producto del N.º de vehículos carreteros por N.º de vehículos ferroviarios.

Por otro lado, hacemos que quede como única incógnita el factor de visibilidad, representada por los coeficientes **fv1, fv2, fv3, fv4** (descritos en el ítem 3.7.5. Técnica en la recolección de datos visibilidad). Para ello se hace los siguientes supuestos con la seguridad que los valores que se obtendrán no se distorsionarán.

El factor para el ángulo de cruce \emptyset , lo suponemos con seno de $90^\circ = 1$, tomando en cuenta que son 4 cuadrantes:

$$\frac{1}{4 \cdot \text{sen}\emptyset} = \frac{1}{4}$$

Los 4 factores de visibilidad también los supondremos iguales, teniéndose:

$$fv1 = fv2 = fv3 = fv4 = fv$$

Luego se tendría:

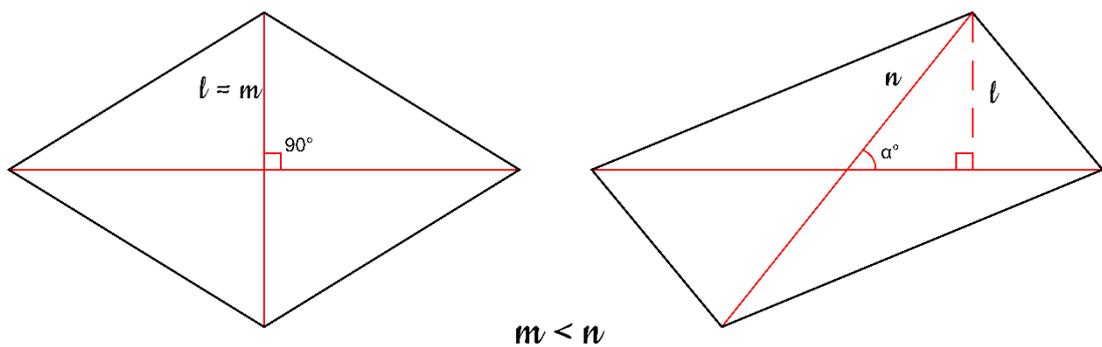
$$\frac{1}{fv1} + \frac{1}{fv2} + \frac{1}{fv3} + \frac{1}{fv4} = 4 \times \frac{1}{fv}$$

Y finalmente el factor de todas las particularidades negativas de cada cruce y que afectan la visibilidad (coeficientes amplificadores), para fines del cálculo, también lo supondremos en 1.

$$1 + \sum b = 1$$

En el gráfico siguiente se muestra el caso donde el ángulo de intersección es de 90° y en el segundo con un ángulo diferente a 90° , de aquí podemos observar que el valor de la distancia del vehículo hasta la intersección aumenta, por ellos $m < n$ según el gráfico.

Fig. 19: Rombos de visibilidad con distintos ángulos de cruce



Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, hallaremos la relación que existe entre las distancias m y n en función del ángulo de intersección, así podemos decir que:

$$\text{sen } \emptyset = \frac{l}{n}$$

Entonces:

$$n = \frac{l}{\text{sen } \emptyset}$$

Por lo tanto, la relación entre m y n , será:

$$\frac{n}{m} = \frac{l}{\text{sen } \emptyset}$$



$$\frac{n}{m} = \frac{\frac{l}{\text{sen } \emptyset}}{\frac{l}{1}}$$

$$\frac{n}{m} = \frac{1}{\text{sen } \emptyset}$$

Como analizamos para un cuadrante, tendríamos:

$$\frac{1}{4} \times \frac{1}{\text{sen } \emptyset} \times \left(\frac{1}{fv1} + \frac{1}{fv2} + \frac{1}{fv3} + \frac{1}{fv4} \right) = \frac{\left(\frac{1}{fv1} + \frac{1}{fv2} + \frac{1}{fv3} + \frac{1}{fv4} \right)}{4 \cdot \text{sen } \emptyset}$$

Finalmente, uniendo los 3 parámetros la formula analizados tendríamos la fórmula para medir el Índice de Peligrosidad (IDP):

$$\text{IDP} = \underbrace{(V \times T)}_{\text{I}} \times \underbrace{\left(\frac{\frac{1}{fv1} + \frac{1}{fv2} + \frac{1}{fv3} + \frac{1}{fv4}}{4 \cdot \text{sen } \emptyset} \right)}_{\text{II}} \times \underbrace{(1 + \sum b)}_{\text{III}}$$

PARTE I:

El primer término de la fórmula en cuestión está basado en el Momento de Circulación, e introduce algunos elementos simples relacionados con la visibilidad del cruce.

V = N.º de vehículos carreteros

T= N.º de vehículos ferroviarios

PARTE II:

El segundo término de la fórmula está relacionado con el factor de visibilidad de la intersección, y para hallar los factores de visibilidad deberán tenerse en cuenta los trechos de vía férrea visibles a ambos lados por un observador colocado en el paso a nivel.

Teniendo en cuenta que un paso a nivel tiene 4 cuadrantes y en cada cuadrante trazamos el correspondiente triángulo de visibilidad tendremos como resultado un rombo, al cual le llamaremos rombo de visibilidad, al tener 4 cuadrantes en el rombo de visibilidad, se tiene también 4 factores de visibilidad uno por cada cuadrante: **fv1, fv2, fv3, fv4**

Valores que se determinaran mediante la siguiente ecuación:



$$fvt = 1 - \frac{\sum Ln}{dT}$$

Donde:

$\sum Ln$: es la sumatoria en metros de todas las proyecciones de los obstáculos fijos y temporales dentro la trayectoria ferroviaria que afectan o perturban la visión del conductor vehicular hacia la vía ferroviaria. Estas proyecciones se encuentran por separado en cada uno de los 4 cuadrantes que forman el rombo de visibilidad, estas se consideran sobre el eje de la vía ferroviaria hacia ambos lados, tomando como centro de proyección uno de los 2 vértices menores del rombo de visibilidad ubicados en el eje del camino vehicular que viene a ser el punto de detención del vehículo automotriz. La visual óptica se direcciona a los 2 vértices mayores situados en el eje de la vía ferroviaria hacia ambos lados.

dT : es la distancia de visibilidad ferroviaria

L : Para hallar los factores de visibilidad deberán tenerse en cuenta los trechos de vía férrea visibles a ambos lados por un observador colocado en el paso a nivel, a 15 m del primer riel en caminos sin pavimentar y a 30 m cuando el camino es pavimentado ó mejorado, con la altura visual de 1.20 m. sobre el camino.

Ln : por su parte; como ya se mencionó son las proyecciones de los obstáculos sobre el eje de la vía en cada uno de los 4 cuadrantes que se muestra en el grafico anterior. Se deben tomar en cuenta solo los obstáculos de difícil remoción. Se entiende que el desbroce, roce y desquinche de la faja vía férrea se debe efectuar permanentemente. En ese sentido tomando en cuenta los aspectos mencionados y que se deben considerar, los factores de visibilidad de cada cuadrante serían:

$$fv1 = 1 - \frac{L1' + L1''}{Dt}$$

$$fv2 = 1 - \frac{L2}{Dt}$$

$$fv3 = 1 - \frac{L3}{Dt}$$

$$fv4 = 1 - \frac{L4}{Dt}$$



PARTE III:

El tercer término se determina estimando un factor de amplificación del IDP, según parámetros que inciden directamente con la peligrosidad de la intersección, dichos factores e incidencia se detallan en el cuadro que se describió en el ítem 3.7.6. Técnica en la recolección de datos coeficientes amplificadores de la presente tesis.

Finalmente haciendo algunos ajustes la formula a usar y la que propone es la siguiente:

$$IDP = \frac{(V.T)}{4 \cdot \text{sen } \emptyset} \times \left(\frac{1}{fv1} + \frac{1}{fv2} + \frac{1}{fv3} + \frac{1}{fv4} \right) \times (1 + \Sigma b)$$

Luego de la recolección de datos y la formula antes deducida y propuesta, la información ha sido procesada usando hojas de trabajo, tabulación de cuadros, elaboración de gráficos comparativos y otras que nos han sido necesarias durante el proceso de investigación y que nos permitió obtener rápidamente cuadros estadísticos, gráficos, listos para ser presentados y analizados. Para verificar la asociación entre variables y para realizar la prueba de nuestra hipótesis se utilizó como punto de partida el coeficiente de correlación de Spearman. Análisis que se detalla en los siguientes ítems.

3.9.2. Prueba de normalidad

La prueba de normalidad se ha empleado básicamente para saber si nuestros datos tienen una distribución normal o no y a partir de ello saber que prueba estadística debemos emplear para contrastar nuestras hipótesis, que pueden ser pruebas no paramétricas o pruebas paramétricas.

El procedimiento es bastante sencillo en primer lugar debemos fijar las hipótesis, siendo ello lo siguiente:

Hipótesis:

Hipótesis nula Ho = Los datos **tienen** una distribución normal

Hipótesis alterna Ha = Los datos **no tienen** una distribución normal

Seguidamente se debemos fijar el nivel de significancia o margen de error, siendo lo que se detalla:

Nivel de Significancia:

Confianza : 95%

Significancia (alfa) : 5%

Luego de ello se toma una decisión en base a lo siguiente:



- a. Si p – valor es **menor o igual** que **alfa**, se rechaza la H_0 y se acepta la H_a (los datos **no tienen** una distribución normal, entonces empleamos pruebas **no paramétricas**)
- b. Si p – valor es **mayor** que **alfa**, se acepta la H_0 y se rechaza la H_a (los datos **tienen** una distribución normal, entonces empleamos pruebas **paramétricas**)

Teniendo claro estos parámetros, se ha utilizado las pruebas de normalidad Kolmogorov Smirnov y Shapiro Wilk. La prueba de Kolmogorov Smirnov se utiliza cuando la muestra es mayor a 50 ($n > 50$) y la prueba de Shapiro Wilk se utiliza cuando la muestra es menor o igual a 50 ($n \leq 50$).

Romero Saldaña, Manuel (2016) indica que Kolmogorov Smirnov, “es una prueba de significación estadística para verificar si los datos de la muestra proceden de una distribución normal. Se emplea para variables cuantitativas continuas y cuando el tamaño muestral es mayor de 50”. (pág. 36)

Para realizar estas pruebas nos apoyamos del software de análisis estadístico IBM SPSS Statistics. Obteniéndose los siguientes resultados:

Para relacionar el IDP (índice de peligrosidad) hallado en cada uno de los pasos a nivel con la variación del ángulo de cruce \emptyset

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
ANGULO	.113	70	.027	.930	70	<.001
IDP	.279	70	<.001	.625	70	<.001

a. Corrección de significación de Lilliefors

Muestra p-valor

Tras observar los datos obtenidos y dado que nuestra muestra es mayor a 50, se tomo en consideración la prueba de Kolmogorov Smirnov, así mismo se observa que las variables no siguen una distribución normal ya que p -valor es $< \alpha$ (0.05), a partir de ello es que se decidió emplear la prueba de Spearman para medir la correlación de variables, porque viene a ser una prueba no paramétrica.

De igual forma para correlacionar el IDP (índice de peligrosidad) hallado en cada uno de los pasos a nivel con la variación del porcentaje (%) de incidencia de la pendiente.

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PENDIENTE	.067	70	.200*	.976	70	.202
IDP	.203	70	<.001	.887	70	<.001

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.
a. Corrección de significación de Lilliefors

Muestra p-valor

De igual manera, como en el caso anterior tras observar los datos obtenidos y dado que nuestra muestra es mayor a 50, se toma en consideración la prueba de Kolmogorov Smirnov, así mismo se observa que la variable referida a la pendiente no sigue una distribución normal ya que p-valor es $< \alpha$ (0.05), sin embargo, la variable referida al índice de peligrosidad (IDP) presenta que p-valor es $> \alpha$ (0.05) deduciéndose que esta variable presenta una distribución normal. En ese sentido de acuerdo a las reglas teóricas basta que una variable no cumpla el principio de normalidad, se considera que el conjunto de variables no cumple el principio de normalidad y a partir de ello es que se decidió emplear la prueba de Spearman para medir la correlación de variables, porque viene a ser una prueba no paramétrica.

3.9.3. Coeficiente de correlación de Spearman y prueba de hipótesis

El coeficiente de correlación de Spearman viene a ser una medida no paramétrica de la correlación de rango (dependencia estadística del ranking entre dos variables). Se utiliza principalmente para el análisis de datos. El coeficiente de correlación de Spearman tiene el objetivo de indicar cuán asociadas se encuentran dos variables entre sí. Y la regla de decisión es una herramienta que nos ayuda en la prueba de hipótesis para la correlación, si $p < 5\%$ (para un nivel de confianza del 95%), nos indica que la correlación entre las dos variables numéricas es significativa y que podremos interpretar su signo y magnitud. Se muestra a continuación los resultados de las correlaciones y la prueba de hipótesis.

Tabla 6: Coeficiente de correlación de Spearman y prueba de hipótesis.

Hipotesis a ser probada	Hipotesis nula	Condiciones de diseño geométrico	Nivel de significancia	Estadística de prueba	Regla de decisión
La seguridad vial se ve influenciada por la correlación existente entre los factores de peligro y las condiciones de diseño geométrico que determinan el índice de peligrosidad.	La seguridad vial no se ve influenciada por que no existe una correlación entre los factores de peligro y las condiciones de diseño geométrico que determinan el índice de peligrosidad.	Angulo de cruce \emptyset	-5.816	Spearman	Se rechaza decision nula
		Porcentaje (%) de incidencia de la pendiente	2.305	Spearman	Se rechaza decision nula



A continuación, se muestra el cálculo del coeficiente de correlación de Spearman entre las variables Angulo de Cruce Ø y el Índice de Peligrosidad (IDP)

CALCULO DEL COEFICIENTE DE CORRELACION DE SPEARMAN

ANG Ø (X)	IDP (INDICE DE PELIGRO) (Y)	RANGO (X) dx	RANGO (Y) dy	d	d ²
90	3,548.90	66.50	1.00	65.50	4,290.25
79.40	3,610.51	57.00	2.00	55.00	3,025.00
70	3,776.66	52.50	3.00	49.50	2,450.25
60	4,097.91	45.50	4.00	41.50	1,722.25
50	4,632.76	38.50	5.00	33.50	1,122.25
40	5,521.11	32.00	6.00	26.00	676.00
30	7,097.80	25.00	7.00	18.00	324.00
90	9,181.46	66.50	8.00	58.50	3,422.25
80	9,323.10	60.00	9.00	51.00	2,601.00
70	9,770.70	52.50	10.00	42.50	1,806.25
66.50	10,011.84	49.00	11.00	38.00	1,444.00
20	10,376.28	17.50	12.00	5.50	30.25
50	11,985.54	38.50	13.00	25.50	650.25
40	14,283.81	32.00	14.00	18.00	324.00
30	18,362.92	25.00	15.00	10.00	100.00
10	20,437.29	11.00	16.00	-5.00	25.00
90	22,879.69	66.50	17.00	49.50	2,450.25
80	23,232.65	60.00	18.00	42.00	1,764.00
70	24,348.06	52.50	19.00	33.50	1,122.25
60	26,419.19	45.50	20.00	25.50	650.25
20	26,844.79	17.50	21.00	-3.50	12.25
50	29,867.32	38.50	22.00	16.50	272.25
40	35,594.48	32.00	23.00	9.00	81.00
5	40,719.04	4.00	24.00	-20.00	400.00
90	41,348.10	66.50	25.00	41.50	1,722.25
81.43	41,814.98	63.00	26.00	37.00	1,369.00
93.70	43,310.32	70.00	27.00	43.00	1,849.00
90	43,689.38	66.50	28.00	38.50	1,482.25
80	43,886.79	60.00	29.00	31.00	961.00
70	44,001.72	52.50	30.00	22.50	506.25
80	44,363.36	60.00	31.00	29.00	841.00
30	45,759.39	25.00	32.00	-7.00	49.00
70	45,993.81	52.50	33.00	19.50	380.25
70	46,493.27	52.50	34.00	18.50	342.25
60	47,744.67	45.50	35.00	10.50	110.25
28.12	48,543.89	21.00	36.00	-15.00	225.00
60	49,906.21	45.50	37.00	8.50	72.25
60	50,448.15	45.50	38.00	7.50	56.25
57.85	51,602.16	42.00	39.00	3.00	9.00
10	52,873.91	11.00	40.00	-29.00	841.00
50	53,976.11	38.50	41.00	-2.50	6.25
50	56,419.76	38.50	42.00	-3.50	12.25
90	63,819.95	66.50	43.00	23.50	552.25
40	64,326.22	32.00	44.00	-12.00	144.00
80	64,804.48	60.00	45.00	15.00	225.00
40	67,238.46	32.00	46.00	-14.00	196.00
70.41	67,741.08	56.00	47.00	9.00	81.00
40	67,968.61	32.00	48.00	-16.00	256.00
60	73,692.93	45.50	49.00	-3.50	12.25
30	82,696.19	25.00	50.00	-25.00	625.00
50	83,311.03	38.50	51.00	-12.50	156.25
30	86,440.09	25.00	52.00	-27.00	729.00
30	87,378.76	25.00	53.00	-28.00	784.00
40	99,286.22	32.00	54.00	-22.00	484.00
5	105,345.42	4.00	55.00	-51.00	2,601.00
20	120,893.75	17.50	56.00	-38.50	1,482.25
20	126,366.96	17.50	57.00	-39.50	1,560.25
30	127,639.90	25.00	58.00	-33.00	1,089.00
20	127,739.20	17.50	59.00	-41.50	1,722.25
10	131,758.90	11.00	60.00	-49.00	2,401.00
20	186,597.05	17.50	61.00	-43.50	1,892.25
10	238,114.20	11.00	62.00	-51.00	2,601.00
10	248,894.33	11.00	63.00	-52.00	2,704.00
10	251,597.10	11.00	64.00	-53.00	2,809.00
5	262,515.04	4.00	65.00	-61.00	3,721.00
10	367,524.45	11.00	66.00	-55.00	3,025.00
5	474,416.20	4.00	67.00	-63.00	3,969.00
5	495,894.43	4.00	68.00	-64.00	4,096.00
5	501,279.40	4.00	69.00	-65.00	4,225.00
5	732,251.82	4.00	70.00	-66.00	4,356.00

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)}$$

ρ: Coeficiente de correlación de Spearman
d: es la diferencia entre los correspondientes datos de orden de x - y.
n: número de parejas de datos.

Σd² 90098.50
n 70
ρ -0.576
Correlacion negativa moderada

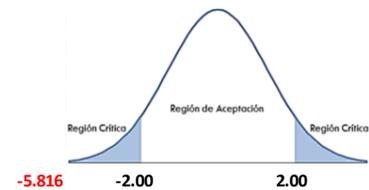
PRUEBA DE HIPOTESIS

H₀: ρ = 0 (No existe correlación lineal)
H₁: ρ ≠ 0 (Existe correlación lineal)

Estadístico de prueba

$$t = \frac{\rho}{\sqrt{\frac{1 - \rho^2}{n - 2}}} \quad t = -5.816$$

n= 70
gl=(n-2)= 68
α= 0.05 5.0%
t(α/2,n-2)= 2.00



DECISION: Se rechaza la hipótesis nula.
CONCLUSION: Existe evidencia estadística suficiente que el coeficiente de correlación es diferente de cero



De igual forma, seguidamente se muestra el cálculo del coeficiente de correlación de Spearman entre las variables Porcentaje (%) de incidencia de la pendiente y el Índice de Peligrosidad (IDP)

CALCULO DEL COEFICIENTE DE CORRELACION DE SPEARMAN					
% INDICENCIA PENDIENTE	IDP (INDICE DE PELIGRO)	RANGO (X) dx	RANGO (Y) dy	d	d ²
1.10	3,610.51	2.00	1.00	1.00	1.00
1.13	3,719.92	5.00	2.00	3.00	9.00
1.17	3,829.33	8.00	3.00	5.00	25.00
1.20	3,938.74	12.00	4.00	8.00	64.00
1.23	4,048.15	16.00	5.00	11.00	121.00
1.27	4,157.56	20.00	6.00	14.00	196.00
1.30	4,266.97	24.00	7.00	17.00	289.00
1.33	4,376.38	28.00	8.00	20.00	400.00
1.37	4,485.79	34.00	9.00	25.00	625.00
1.40	4,595.19	40.00	10.00	30.00	900.00
1.10	10,011.84	2.00	11.00	-9.00	81.00
1.13	10,315.23	5.00	12.00	-7.00	49.00
1.17	10,618.62	8.00	13.00	-5.00	25.00
1.20	10,922.01	12.00	14.00	-2.00	4.00
1.23	11,225.40	16.00	15.00	1.00	1.00
1.27	11,528.79	20.00	16.00	4.00	16.00
1.30	11,832.17	24.00	17.00	7.00	49.00
1.33	12,135.56	28.00	18.00	10.00	100.00
1.37	12,438.95	34.00	19.00	15.00	225.00
1.40	12,742.34	40.00	20.00	20.00	400.00
1.35	41,814.98	30.50	21.00	9.50	90.25
1.38	42,847.45	36.50	22.00	14.50	210.25
1.45	43,310.32	45.00	23.00	22.00	484.00
1.42	43,879.92	42.50	24.00	18.50	342.25
1.48	44,305.96	49.00	25.00	24.00	576.00
1.45	44,912.39	46.50	26.00	20.50	420.25
1.52	45,301.60	53.00	27.00	26.00	676.00
1.48	45,944.85	50.50	28.00	22.50	506.25
1.55	46,297.24	56.00	29.00	27.00	729.00
1.52	46,977.32	54.50	30.00	24.50	600.25
1.58	47,292.88	59.00	31.00	28.00	784.00
1.55	48,009.79	57.50	32.00	25.50	650.25
1.62	48,288.52	62.00	33.00	29.00	841.00
1.20	48,543.89	10.00	34.00	-24.00	576.00
1.58	49,042.26	60.50	35.00	25.50	650.25
1.65	49,284.16	65.00	36.00	29.00	841.00
1.23	49,892.33	14.00	37.00	-23.00	529.00
1.62	50,074.73	63.50	38.00	25.50	650.25
1.68	50,279.80	68.00	39.00	29.00	841.00
1.65	51,107.20	66.50	40.00	26.50	702.25
1.27	51,240.77	18.00	41.00	-23.00	529.00
1.72	51,275.44	69.00	42.00	27.00	729.00
1.35	51,602.16	30.50	43.00	-12.50	156.25
1.75	52,271.08	70.00	44.00	26.00	676.00
1.30	52,589.21	22.00	45.00	-23.00	529.00
1.38	52,876.29	36.50	46.00	-9.50	90.25
1.33	53,937.65	26.00	47.00	-21.00	441.00
1.42	54,150.42	42.50	48.00	-5.50	30.25
1.37	55,286.09	32.00	49.00	-17.00	289.00
1.45	55,424.55	46.50	50.00	-3.50	12.25
1.40	56,634.53	38.00	51.00	-13.00	169.00
1.48	56,698.67	50.50	52.00	-1.50	2.25
1.52	57,972.80	54.50	53.00	1.50	2.25
1.43	57,982.98	44.00	54.00	-10.00	100.00
1.55	59,246.93	57.50	55.00	2.50	6.25
1.47	59,331.42	48.00	56.00	-8.00	64.00
1.58	60,521.06	60.50	57.00	3.50	12.25
1.50	60,679.86	52.00	58.00	-6.00	36.00
1.62	61,795.18	63.50	59.00	4.50	20.25
1.65	63,069.31	66.50	60.00	6.50	42.25
1.10	67,741.08	2.00	61.00	-59.00	3,481.00
1.13	69,793.84	5.00	62.00	-57.00	3,249.00
1.17	71,846.60	8.00	63.00	-55.00	3,025.00
1.20	73,899.36	12.00	64.00	-52.00	2,704.00
1.23	75,952.12	16.00	65.00	-49.00	2,401.00
1.27	78,004.88	20.00	66.00	-46.00	2,116.00
1.30	80,057.64	24.00	67.00	-43.00	1,849.00
1.33	82,110.40	28.00	68.00	-40.00	1,600.00
1.37	84,163.16	34.00	69.00	-35.00	1,225.00
1.40	86,215.92	40.00	70.00	-30.00	900.00

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)}$$

ρ : Coeficiente de correlación de Spearman
 d : es la diferencia entre los correspondientes datos de orden de x - y.
 n : número de parejas de datos.

$\sum d^2$	41766.00
n	70
P	0.269

Correlacion positiva debil

PRUEBA DE HIPOTESIS

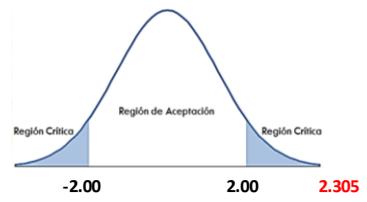
$H_0: \rho = 0$ (No existe correlación lineal)
 $H_1: \rho \neq 0$ (Existe correlación lineal)

Estadístico de prueba

$$t = \frac{\rho}{\sqrt{\frac{1 - \rho^2}{n - 2}}}$$

t = 2.305

n = 70
 gl = (n-2) = 68
 $\alpha = 0.05$ 5.0%
 $t(\alpha/2, n-2) = 2.00$



DECISION: Se rechaza la hipótesis nula.
CONCLUSION: Existe evidencia estadística suficiente que el coeficiente de correlacion es diferente de cero



La interpretación del coeficiente de Spearman concuerda que valores próximos a -1 indican una correlación negativa perfecta y valores próximos a 1 indican una correlación positiva perfecta. Valores próximos a cero indican que no hay correlación lineal. En los análisis realizados y en base a los resultados obtenidos en ambos casos se rechaza la hipótesis nula, con lo que queda demostrado que la seguridad vial se ve influenciada por la correlación existente entre los factores de peligro y las condiciones de diseño geométrico que determinan el índice de peligrosidad.

En el primer caso donde se evalúa la correlación de Spearman entre las variables Angulo de Cruce \emptyset y el Índice de Peligrosidad (IDP) el coeficiente de Spearman obtenido es de -0.575 ello nos hace concluir que existe una correlación negativa moderada.

Y en el segundo caso al evaluar la correlación de Spearman entre las variables Porcentaje (%) de incidencia de la pendiente y el Índice de Peligrosidad (IDP) el coeficiente de correlación de Spearman hallado es de 0.269 valor con el que concluimos que existe una correlación positiva débil entre estas dos variables.



Fig. 22: Interpretación del coeficiente de Spearman.

3.10. Aspectos Éticos

La presente investigación se ha realizado teniendo presente los principios éticos básicos y el conjunto de normas morales que rigen la conducta humana.

En ese sentido los datos obtenidos se han utilizado con transparencia, en cuanto a la bibliografía utilizada se ha cuidado de cumplir con las citas respectivas y no incurrir en plagio. Se ha cuidado de garantizar la veracidad de la investigación en todas sus etapas.



4. CAPITULO 4: RESULTADOS

4.1. Resultados respecto a las pruebas de hipótesis

4.1.1. Resultados respecto a la hipótesis n° 1

La hipótesis n° 1, indica que: La seguridad vial se ve influenciada por la correlación existente entre los factores de peligro y las condiciones de diseño geométrico que determinan el índice de peligrosidad.

Hipotesis a ser probada	Hipotesis nula	Condiciones de diseño geométrico	Nivel de significancia	Estadística de prueba	Regla de decision
La seguridad vial se ve influenciada por la correlación existente entre los factores de peligro y las condiciones de diseño geométrico que determinan el índice de peligrosidad.	La seguridad vial no se ve influenciada por que no existe una correlación entre los factores de peligro y las condiciones de diseño geométrico que determinan el índice de peligrosidad.	Angulo de cruce \emptyset	-5.816	Spearman	Se rechaza decision nula
		Porcentaje (%) de incidencia de la pendiente	2.305	Spearman	Se rechaza decision nula

En el primer caso donde se evalúa la correlación de Spearman entre las variables Angulo de Cruce \emptyset y el Índice de Peligrosidad (IDP) el coeficiente de Spearman obtenido es de -0.575 ello nos hace concluir que existe una correlación negativa moderada.

Y en el segundo caso al evaluar la correlación de Spearman entre las variables Porcentaje (%) de incidencia de la pendiente y el Índice de Peligrosidad (IDP) el coeficiente de correlación de Spearman hallado es de 0.269 valor con el que concluimos que existe una correlación positiva débil entre estas dos variables.

En base a estos resultados obtenidos en ambos casos se rechaza la hipótesis nula, con lo que queda demostrado que la seguridad vial se ve influenciada por la correlación existente entre los factores de peligro y las condiciones de diseño geométrico que determinan el índice de peligrosidad.

4.1.2. Resultados respecto a la hipótesis n° 2

La hipótesis n° 2 determina que: La evaluación de los factores de peligro como son los parámetros geométricos, velocidad de los trenes, velocidad promedio del tránsito vehicular, volúmenes de tránsito vehicular, distancia de visibilidad contribuyen a la seguridad vial y reducen los índices de peligro.

En efecto esta hipótesis también ha sido demostrada, con la fórmula propuesta para el IDP (índice de peligrosidad) y que se deduce del rombo de visibilidad se contribuye a la seguridad vial.



Esta investigación propone el uso de la siguiente formula, que calcula un coeficiente adimensional que mide la peligrosidad del paso a nivel.

$$IDP = \frac{(V.T)}{4 \cdot \text{sen } \emptyset} \times \left(\frac{1}{fv1} + \frac{1}{fv2} + \frac{1}{fv3} + \frac{1}{fv4} \right) \times (1 + \sum b)$$

Donde:

V = Es el N.º de vehículos carreteros que transitan por el paso a nivel.

T = Es el N.º de trenes que transitan por el paso a nivel

∅ = Es el ángulo del cruce entre la vía automovilística y la vía ferroviaria.

fv = Es el valor de los 4 factores de visibilidad en los 4 cuadrantes del rombo

b = Son coeficientes amplificadores del Índice de Peligrosidad

La metodología que se propone y se plantea contribuirá a mejorar la Seguridad Vial en los pasos a nivel con líneas férreas y es una herramienta de apoyo para reducir los índices de peligrosidad.

4.1.3. Resultados respecto a la hipótesis n° 3

En nuestra hipótesis n° 3 se menciona que: La implementación de medidas de gestión de tránsito en seguridad vial contribuye a la reducción de los índices de peligrosidad.

En relación a los resultados obtenidos se propone la implementación de medidas de gestión de tránsito en seguridad vial que contribuyen a la reducción de los índices de peligrosidad. Consecuentemente con la implementación de estas medidas de gestión de tránsito se mejoraría la seguridad vial. Las medidas de gestión de tránsito que se proponen están en función al IDP (índice de peligrosidad) y son:

RANGOS DE INDICE DE PELIGROSIDAD (IDP)	VALOR	RECOMENDACIONES
	< 15,000	Proteccion minima
	>= 15,000	Proteccion pasiva
	< 50,000	
	>= 50,000	Proteccion activa con dispositivos sonoro luminosos
	< 65,000	
	>= 65,000	Proteccion activa con barreras
	< 85,000	
>= 85,000	Analizar cruce a desnivel	

La peligrosidad se describe generalmente como la probabilidad de ocurrencia de un evento peligroso. Al implementar y mejorar la señalética en los pasos a nivel la ocurrencia de un evento peligroso se reduce.



4.1.4. Resultados respecto a la hipótesis n° 4

La hipótesis n° 4, afirma que: El cambio en la geometría e infraestructura mejora la seguridad vial y reduce los índices de peligrosidad.

En efecto esta hipótesis también se cumple, al modificar y/o cambiar el ángulo de cruce \emptyset de un paso a nivel, el IDP (índice de peligrosidad) cambia. El IDP (índice de peligrosidad) se reduce cuando el ángulo de cruce \emptyset tiende a los 90° y mejor aún si este es 90° . En ese sentido se concluye que, para mejorar un paso a nivel se puede cambiar la geometría haciendo que el ángulo de cruce \emptyset sea en ángulo recto.

De igual forma si hacemos que la pendiente del paso a nivel tienda a 0% el índice de peligrosidad (IDP) también baja, en ese sentido cambiando la geometría de los pasos a nivel y haciendo que las pendientes tienda a 0% se mejora la seguridad vial.

4.1.5. Resultados respecto a la hipótesis general

Con la aplicación de políticas y técnicas de seguridad vial aplicadas mediante una metodología secuencial, se logra mejorar la seguridad vial en los pasos a nivel con líneas férreas reflejándose en la reducción del índice de peligrosidad referente a los accidentes de tránsito.

Con esta investigación se concluye que, si es posible implementar una metodología secuencial y que aporta a mejorar la seguridad vial en los pasos a nivel, resultados que se muestran en lo ítems siguientes referidos a los objetivos específicos y objetivo general de esta investigación.

4.2. Resultados respecto a los objetivos específicos

4.2.1. Resultados respecto al objetivo específico N° 01

El objetivo específico n° 1 menciona: Evaluar la accidentalidad en un paso a nivel con líneas férreas para determinar zonas críticas y zonas con mayor severidad propensas a accidentes, considerando los factores de peligro y las condiciones de diseño geométrico.

Para lograr este primer objetivo se ha procedido con el relevamiento planialtimétrico y/o levantamiento topográfico de cada uno de los pasos a nivel, obteniéndose así para cada uno de los pasos a nivel un plano topográfico que muestran las principales características y factores de diseño geométrico, tales como número de carriles, número de vías, ángulo de cruce, gradiente del camino, ancho de calzada y rampa de acceso al cruce, así mismo utilizando las técnicas e instrumentos de recolección de datos explicados y descritos en



el ítem 3.7 de este trabajo se obtuvo los factores de peligro tales como la velocidad de los trenes, velocidad de los vehículos, distancia de visibilidad de parada, distancia de visibilidad de parada total, distancia de visibilidad ferroviaria y distancia de visibilidad de cruce.

Tabla 7: Factores de peligro y condiciones de diseño geométrico paso a nivel Puente de la Almudena y Calle Hospital.

FACTORES DE DISEÑO GEOMETRICO Y FACTORES DE PELIGRO	Puente de la Almudena				
	CUADRANTES				
	1	2	3	4	
LONGITUD VISIBLE DE VIA L1, L2, L3, L4 (m)	40.34	40.84	0.00	0.00	
dT DISTANCIA DE VISIBILIDAD FERROVIARIA (m)	45.00	45.00	45.00	45.00	
FACTORES DE VISIBILIDAD fv1, fv2, fv3, fv4	0.10	0.09	1.00	1.00	
1/fn	9.66	10.82	1.00	1.00	
$\Sigma(1/fn)$				22.47	
b				0.35	
CANTIDAD DE TRENES T				8.00	
CANTIDAD DE VEHICULOS V				720.00	
ANGULO DEL CRUCE DEL CAMINO ϕ				57.85	
VALORES b ASUMIDOS	PENDIENTE				0.00
	CRUCE ANGOSTO				0.10
	CALLE LATERAL				0.15
	CARRETERA DOBLE VIA				0.00
	VIA TRIPLE				0.00
	VIA MULTIPLE				0.00
	POSICION DESFAVORABLE RESPECTO AL SOL				0.10
INDICE DE PELIGROSIDAD (IDP) =				51,602.164	

Tabla 8: Factores de peligro y condiciones de diseño geométrico paso a nivel Av. Tupac Amaru (Independencia).

FACTORES DE DISEÑO GEOMETRICO Y FACTORES DE PELIGRO	Av. Túpac Amaru				
	CUADRANTES				
	1	2	3	4	
LONGITUD VISIBLE DE VIA L1, L2, L3, L4 (m)	83.43	0.00	77.57	78.77	
dT DISTANCIA DE VISIBILIDAD FERROVIARIA (m)	91.00	91.00	91.00	91.00	
FACTORES DE VISIBILIDAD fv1, fv2, fv3, fv4	0.08	1.00	0.15	0.13	
1/fn	12.02	1.00	6.78	7.44	
$\Sigma(1/fn)$				27.24	
b				0.20	
CANTIDAD DE TRENES T				8.00	
CANTIDAD DE VEHICULOS V				350.00	
ANGULO DEL CRUCE DEL CAMINO ϕ				28.12	
VALORES b ASUMIDOS	PENDIENTE				0.00
	CRUCE ANGOSTO				0.00
	CALLE LATERAL				0.10
	CARRETERA DOBLE VIA				0.00
	VIA TRIPLE				0.00
	VIA MULTIPLE				0.00
	POSICION DESFAVORABLE RESPECTO AL SOL				0.10
INDICE DE PELIGROSIDAD (IDP) =				48,543.887	

Tabla 9: Factores de peligro y condiciones de diseño geométrico paso a nivel Av. Tomasa Tito Condemayta (Asociación Miraflores - Tica tica).

FACTORES DE DISEÑO GEOMETRICO Y FACTORES DE PELIGRO		Av. Tomasa Tito Condemayta			
		CUADRANTES			
		1	2	3	4
LONGITUD VISIBLE DE VIA L1, L2, L3, L4 (m)		75.95	46.28	76.36	79.15
dT DISTANCIA DE VISIBILIDAD FERROVIARIA (m)		91.00	91.00	91.00	91.00
FACTORES DE VISIBILIDAD fv1, fv2, fv3, fv4		0.17	0.49	0.16	0.13
1/fn		6.05	2.03	6.22	7.68
$\sum(1/fn)$					21.98
b					0.10
CANTIDAD DE TRENES T					8.00
CANTIDAD DE VEHICULOS V					1320.00
ANGULO DEL CRUCE DEL CAMINO \emptyset					70.41
VALORES b ASUMIDOS	PENDIENTE				0.00
	CRUCE ANGOSTO				0.00
	CALLE LATERAL				0.00
	CARRETERA DOBLE VIA				0.00
	VIA TRIPLE				0.00
	VIA MULTIPLE				0.00
	POSICION DESFAVORABLE RESPECTO AL SOL				0.10
INDICE DE PELIGROSIDAD (IDP) =					67,741.077

Tabla 10: Factores de peligro y condiciones de diseño geométrico paso a nivel Av. La Paz.

FACTORES DE DISEÑO GEOMETRICO Y FACTORES DE PELIGRO		Av. La Paz (a)			
		CUADRANTES			
		1	2	3	4
LONGITUD VISIBLE DE VIA L1, L2, L3, L4 (m)		70.13	0.00	11.30	73.27
dT DISTANCIA DE VISIBILIDAD FERROVIARIA (m)		91.00	91.00	91.00	91.00
FACTORES DE VISIBILIDAD fv1, fv2, fv3, fv4		0.23	1.00	0.88	0.19
1/fn		4.36	1.00	1.14	5.13
$\sum(1/fn)$					11.63
b					0.35
CANTIDAD DE TRENES T					3.00
CANTIDAD DE VEHICULOS V					3510.00
ANGULO DEL CRUCE DEL CAMINO \emptyset					81.43
VALORES b ASUMIDOS	PENDIENTE				0.00
	CRUCE ANGOSTO				0.00
	CALLE LATERAL				0.15
	CARRETERA DOBLE VIA				0.10
	VIA TRIPLE				0.00
	VIA MULTIPLE				0.00
	POSICION DESFAVORABLE RESPECTO AL SOL				0.10
INDICE DE PELIGROSIDAD (IDP) =					41,814.979



FACTORES DE DISEÑO GEOMETRICO Y FACTORES DE PELIGRO		Av. La Paz (b)			
		CUADRANTES			
		1	2	3	4
LONGITUD VISIBLE DE VIA L1, L2, L3, L4 (m)		0.00	69.29	72.65	13.35
dT DISTANCIA DE VISIBILIDAD FERROVIARIA (m)		91.00	91.00	91.00	91.00
FACTORES DE VISIBILIDAD fv1,fv2,fv3,fv4		1.00	0.24	0.20	0.85
1/fn		1.00	4.19	4.96	1.17
$\Sigma(1/fn)$					11.32
b					0.45
CANTIDAD DE TRENES T					3.00
CANTIDAD DE VEHICULOS V					3510.00
ANGULO DEL CRUCE DEL CAMINO \emptyset					93.70
VALORES b ASUMIDOS	PENDIENTE				0.00
	CRUCE ANGOSTO				0.10
	CALLE LATERAL				0.15
	CARRETERA DOBLE VIA				0.10
	VIA TRIPLE				0.00
	VIA MULTIPLE				0.00
	POSICION DESFAVORABLE RESPECTO AL SOL				0.10
INDICE DE PELIGROSIDAD (IDP) =					43,310.322

Tabla 11: Factores de peligro y condiciones de diseño geométrico paso a nivel Asociación Agua Buena.

FACTORES DE DISEÑO GEOMETRICO Y FACTORES DE PELIGRO		Asociación Agua Buena			
		CUADRANTES			
		1	2	3	4
LONGITUD VISIBLE DE VIA L1, L2, L3, L4 (m)		0.00	79.61	0.00	63.96
dT DISTANCIA DE VISIBILIDAD FERROVIARIA (m)		91.00	91.00	91.00	91.00
FACTORES DE VISIBILIDAD fv1,fv2,fv3,fv4		1.00	0.13	1.00	0.30
1/fn		1.00	7.99	1.00	3.37
$\Sigma(1/fn)$					13.35
b					0.10
CANTIDAD DE TRENES T					2.00
CANTIDAD DE VEHICULOS V					1250.00
ANGULO DEL CRUCE DEL CAMINO \emptyset					66.50
VALORES b ASUMIDOS	PENDIENTE				0.00
	CRUCE ANGOSTO				0.00
	CALLE LATERAL				0.00
	CARRETERA DOBLE VIA				0.00
	VIA TRIPLE				0.00
	VIA MULTIPLE				0.00
	POSICION DESFAVORABLE RESPECTO AL SOL				0.10
INDICE DE PELIGROSIDAD (IDP) =					10,011.840



Tabla 12: Factores de peligro y condiciones de diseño geométrico paso a nivel Vía Evitamiento.

FACTORES DE DISEÑO GEOMETRICO Y FACTORES DE PELIGRO		Vía Evitamiento			
		CUADRANTES			
		1	2	3	4
LONGITUD VISIBLE DE VIA L1, L2, L3, L4 (m)		0.00	0.00	0.00	48.91
dT DISTANCIA DE VISIBILIDAD FERROVIARIA (m)		91.00	91.00	91.00	91.00
FACTORES DE VISIBILIDAD fv1,fv2,fv3,fv4		1.00	1.00	1.00	0.46
1/fn		1.00	1.00	1.00	2.16
Σ(1/fn)					5.16
b					0.10
CANTIDAD DE TRENES T					2.00
CANTIDAD DE VEHICULOS V					1250.00
ANGULO DEL CRUCE DEL CAMINO Ø					79.40
VALORES b ASUMIDOS	PENDIENTE				0.00
	CRUCE ANGOSTO				0.00
	CALLE LATERAL				0.00
	CARRETERA DOBLE VIA				0.00
	VIA TRIPLE				0.00
	VIA MULTIPLE				0.00
	POSICION DESFAVORABLE RESPECTO AL SOL				0.10
INDICE DE PELIGROSIDAD (IDP) =					3,610.510

4.2.2. Resultados respecto al objetivo específico N° 02

El objetivo específico n° 2 menciona: Determinar los factores de peligro cuyo acontecimiento e incidencia en mayor o menor medida intervienen e influyen en la ocurrencia y probabilidad de que se presenten accidentes de tránsito en un paso a nivel con línea férrea y con ello plantear la mejora de la seguridad vial.

Tabla 13: Distancia de visibilidad a lo largo de las vías del tren hasta permitir que el vehículo cruce y se aleje del cruce a la llegada del tren.

$$d_T = \frac{V_T}{V_v} (A)V_v t + \frac{BV_v^2}{a} + 2D + L + W$$

	Puente de la Almudena y Calle Hospital	Av. Túpac Amaru (Independencia)	Av. Tomasa Tito Condemayta (Asociación Miraflores - Tica tica)	Av. La Paz y Av. 28 de Julio (Ovalo de Ttio)	Asociación Agua Buena (Altura Vía Evitamiento)	Vía Evitamiento (altura Maestro - Servicentro Santa Elena)
Vt (Km/h)	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Vv (Km/h)	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00
A	0.278	0.278	0.278	0.278	0.278	0.278
B	0.039	0.039	0.039	0.039	0.039	0.039
t (seg)	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500
a (m/seg ²)	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400
D (m)	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50
L (m)	20.00	15.97	15.97	15.97	15.97	15.97
W (m)	1.500	0.914	0.914	1.435	1.435	1.435
dT (m)	51.50	46.89	46.89	47.41	47.41	47.41



Tabla 14: Distancia visual medida a lo largo de la carretera desde el carril más cercano al conductor de un vehículo, que permite detener el vehículo con seguridad sin invasión del área de cruce.

$$d_H = AV_v t + \frac{BV_v^2}{a} + D + d_e$$

	Puente de la Almudena y Calle Hospital	Av. Túpac Amaru (Independencia)	Av. Tomasa Tito Condemayta (Asociación Miraflores - Tica tica)	Av. La Paz y Av. 28 de Julio (Ovalo de Ttio)	Asociación Agua Buena (Altura Vía Evitamiento)	Vía Evitamiento (altura Maestro – Servicentro Santa Elena)
Vv (Km/h)	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00
A	0.278	0.278	0.278	0.278	0.278	0.278
B	0.039	0.039	0.039	0.039	0.039	0.039
t (seg)	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500
a (m/seg ²)	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400
D (m)	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50
de (m)	2.400	2.450	2.450	2.450	2.450	2.450
dH (m)	45.28	45.33	45.33	45.33	45.33	45.33

Tabla 15: Distancia de visibilidad a lo largo de las vías del tren hasta permitir que el vehículo cruce y se aleje del cruce a la llegada del tren.

$$d_T = 0.28V_T \left(\frac{V_G}{a_1} + \frac{L + 2D + W - d_a + J}{V_G} \right)$$

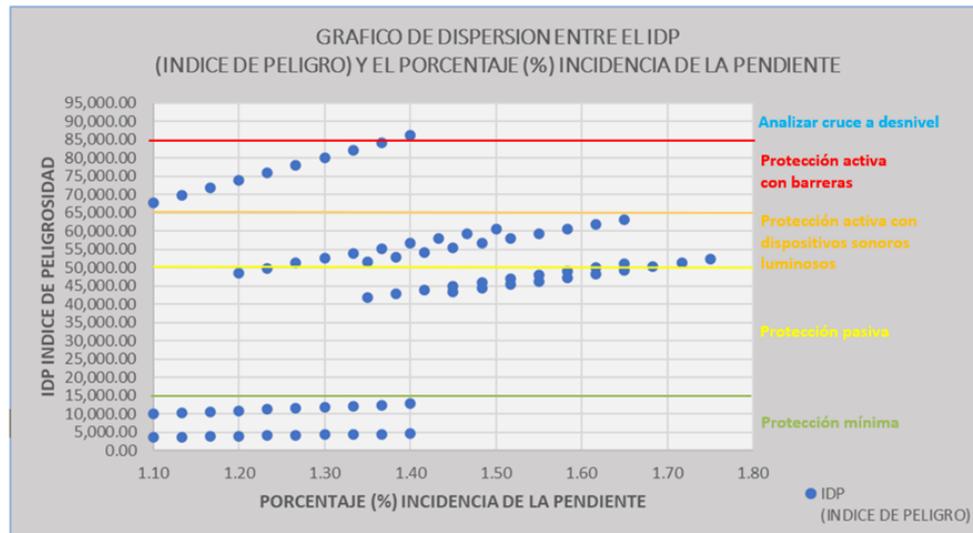
	Puente de la Almudena y Calle Hospital	Av. Túpac Amaru (Independencia)	Av. Tomasa Tito Condemayta (Asociación Miraflores - Tica tica)	Av. La Paz y Av. 28 de Julio (Ovalo de Ttio)	Asociación Agua Buena (Altura Vía Evitamiento)	Vía Evitamiento (altura Maestro – Servicentro Santa Elena)
Vt (Km/h)	10.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
A	0.278	0.278	0.278	0.278	0.278	0.278
a1 (m/seg)	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450
Vg (m/seg)	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700
D (m)	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50
L (m)	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
W (m)	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500
da (m)	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100
J (seg)	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
dT (m)	45.30	90.61	90.61	90.61	90.61	90.61
dT (m) REDONDEADO	45.00	91.00	91.00	91.00	91.00	91.00

4.2.3. Resultados respecto al objetivo específico N° 03

El objetivo específico n° 3 menciona: Plantear medidas de gestión de tránsito que se deben considerar para mejorar la seguridad vial en los pasos a nivel en líneas férreas, como señalización vertical, señalización horizontal, sistemas sonoro luminosos, semáforos, líneas de pare, barreras y otros.

Este apartado contiene una descripción de los parámetros relevantes a considerar en la metodología propuesta. Y en relación a los resultados obtenidos se propone la implementación de medidas de gestión de tránsito en seguridad vial que contribuyen a la reducción de los índices de peligrosidad. Consecuentemente con la implementación de estas medidas de gestión de tránsito se mejoraría la seguridad vial. Las medidas de gestión de tránsito que se proponen están en función al IDP (índice de peligrosidad) y son:

Fig. 23: Dispersión entre el IDP (índice de peligrosidad) y el porcentaje (%) de incidencia de la pendiente.



	VALOR	RECOMENDACIONES
RANGOS DE INDICE DE PELIGROSIDAD (IDP)	< 15,000	Proteccion minima
	>= 15,000	Proteccion pasiva
	< 50,000	Proteccion pasiva
	>= 50,000	Proteccion activa con dispositivos sonoro luminosos
	< 65,000	Proteccion activa con dispositivos sonoro luminosos
	>= 65,000	Proteccion activa con barreras
	< 85,000	Proteccion activa con barreras
	>= 85,000	Analizar cruce a desnivel

Para proponer las recomendaciones, descritas en el cuadro anterior, se ha tomado en cuenta una escala de valores, basado en el diagrama de dispersión que correlaciona el IDP (índice de peligrosidad) y el % de incidencia de la pendiente.

4.2.4. Resultados respecto al objetivo específico N° 04

El objetivo específico n° 4 menciona: Evaluar factores del diseño geométrico como ángulo de cruce, pendiente o gradiente de los pasos a nivel, número de carriles y otros parámetros geométricos que se deben mejorar o rediseñar para optimizar la circulación vehicular en un paso a nivel en líneas férreas.

Al calcular el IDP (índice de peligrosidad) de los pasos a nivel, con la fórmula propuesta y con los datos obtenidos del relevamiento planialtimétrico. Se tuvo los siguientes resultados:

IDP (índice de peligrosidad) del paso a nivel: Puente de la Almudena y Calle Hospital.

N°	V (N° DE VEH)	T (N° DE TRENES)	MC (MOM CIRC)	ANG Ø	SENO Ø	$\sum 1/f > 4$	$1 + \sum b < 1.45$	K=IP/MC	IDP (INDICE DE PELIGRO)
1	720	8	5,760	57.85	0.85	22.47	1.35	8.96	51,602.16

IDP (índice de peligrosidad) del paso a nivel: Av. Tupac Amaru (Independencia).

N°	V (N° DE VEH)	T (N° DE TRENES)	MC (MOM CIRC)	ANG Ø	SENO Ø	$\sum 1/f > 4$	$1 + \sum b < 1.45$	K=IP/MC	IDP (INDICE DE PELIGRO)
1	350	8	2,800	28.12	0.47	27.24	1.20	17.34	48,543.89

IDP (índice de peligrosidad) del paso a nivel: Av. Tomasa Tito Condemayta (Asociación Miraflores - Tica tica).

N°	V (N° DE VEH)	T (N° DE TRENES)	MC (MOM CIRC)	ANG Ø	SENO Ø	$\sum 1/f > 4$	$1 + \sum b < 1.45$	K=IP/MC	IDP (INDICE DE PELIGRO)
1	1,320	8	10,560	70.41	0.94	21.98	1.10	6.41	67,741.08

IDP (índice de peligrosidad) del paso a nivel: Av. La Paz.

N°	V (N° DE VEH)	T (N° DE TRENES)	MC (MOM CIRC)	ANG Ø	SENO Ø	$\sum 1/f > 4$	$1 + \sum b < 1.45$	K=IP/MC	IDP (INDICE DE PELIGRO)
1	3,510	3	10,530	81.43	0.99	11.63	1.35	3.97	41,814.98

IDP (índice de peligrosidad) del paso a nivel Av. La Paz.

N°	V (N° DE VEH)	T (N° DE TRENES)	MC (MOM CIRC)	ANG Ø	SENO Ø	$\sum 1/f > 4$	$1 + \sum b < 1.45$	K=IP/MC	IDP (INDICE DE PELIGRO)
1	3,510	3	10,530	93.70	1.00	11.32	1.45	4.11	43,310.32

IDP (índice de peligrosidad) del paso a nivel Asociación Agua Buena.

N°	V (N° DE VEH)	T (N° DE TRENES)	MC (MOM CIRC)	ANG Ø	SENO Ø	$\sum 1/f > 4$	$1 + \sum b < 1.45$	K=IP/MC	IDP (INDICE DE PELIGRO)
1	1,250	2	2,500	66.50	0.92	13.35	1.10	4.00	10,011.84

IDP (índice de peligrosidad) del paso a nivel Vía Evitamiento.

N°	V (N° DE VEH)	T (N° DE TRENES)	MC (MOM CIRC)	ANG Ø	SENO Ø	$\sum 1/f > 4$	$1 + \sum b < 1.45$	K=IP/MC	IDP (INDICE DE PELIGRO)
1	1,250	2	2,500	79.40	0.98	5.16	1.10	1.44	3,610.51

Teniendo los resultados reales mostrados líneas arriba, para verificar y evaluar si el ángulo de cruce \emptyset tiene alguna incidencia en el Valor del IDP (índice de peligro), se ha manipulado y cambiado intencionalmente el ángulo de cruce en cada uno de los pasos a nivel, con ello se pudo verificar que, el IDP (índice de peligrosidad) se reduce cuando el ángulo de cruce \emptyset tiende a los 90° y mejor aún si este es 90° . En ese sentido se concluye que, para mejorar un paso a nivel se puede cambiar la geometría haciendo que el ángulo de cruce \emptyset sea en ángulo recto.

Los resultados de este análisis y evaluación manipulando ángulo de cruce \emptyset de cada uno de los pasos a nivel, se muestran a continuación:



Tabla 16: Variación del IDP (índice de peligrosidad) en función del ángulo de cruce \emptyset paso a nivel Puente de la Almudena y Calle Hospital.

VARIACION DEL IDP EN FUNCION DEL ANGULO DE CRUCE \emptyset										
N°	V (N° DE VEH)	T (N° DE TRENES)	MC (MOM CIRC)	ANG \emptyset	SENO \emptyset	$\sum 1/f > 4$	$1 + \sum b < 1.45$	K=IP/MC	IDP (INDICE DE PELIGRO)	
1	720	8	5,760	90	1.00	22.47	1.35	7.58	43,689.38	
2	720	8	5,760	80	0.98	22.47	1.35	7.70	44,363.36	
3	720	8	5,760	70	0.94	22.47	1.35	8.07	46,493.27	
4	720	8	5,760	60	0.87	22.47	1.35	8.76	50,448.15	
5	720	8	5,760	57.85	0.85	22.47	1.35	8.96	51,602.16	
6	720	8	5,760	40	0.64	22.47	1.35	11.80	67,968.61	
7	720	8	5,760	30	0.50	22.47	1.35	15.17	87,378.76	
8	720	8	5,760	20	0.34	22.47	1.35	22.18	127,739.20	
9	720	8	5,760	10	0.17	22.47	1.35	43.68	251,597.10	
10	720	8	5,760	5	0.09	22.47	1.35	87.03	501,279.40	

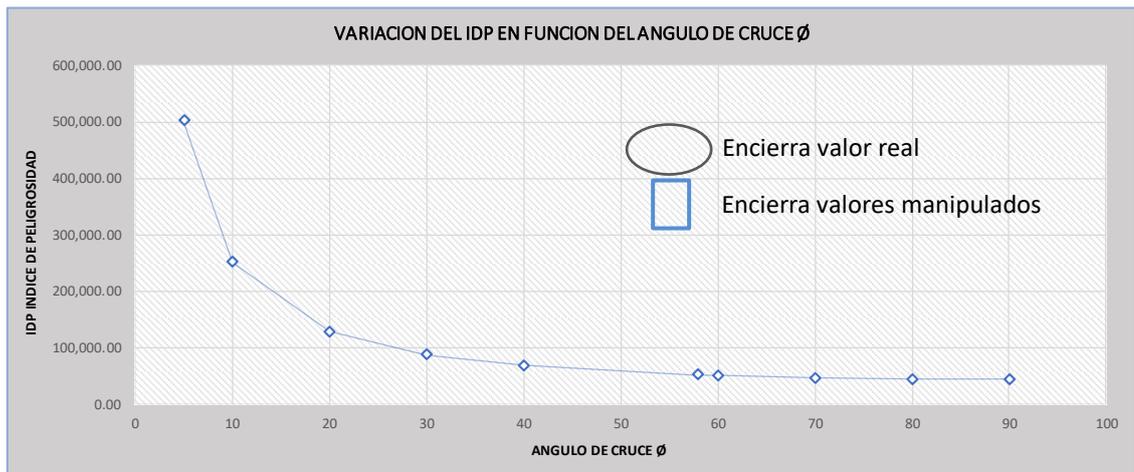


Tabla 17: Variación del IDP (índice de peligrosidad) en función del ángulo de cruce \emptyset paso a nivel Av. Tupac Amaru (Independencia).

VARIACION DEL IDP EN FUNCION DEL ANGULO DE CRUCE \emptyset										
N°	V (N° DE VEH)	T (N° DE TRENES)	MC (MOM CIRC)	ANG \emptyset	SENO \emptyset	$\sum 1/f > 4$	$1 + \sum b < 1.45$	K=IP/MC	IDP (INDICE DE PELIGRO)	
1	350	8	2,800	90	1.00	22.47	1.20	6.74	18,878.13	
2	350	8	2,800	80	0.98	22.47	1.20	6.85	19,169.35	
3	350	8	2,800	70	0.94	22.47	1.20	7.17	20,089.68	
4	350	8	2,800	60	0.87	22.47	1.20	7.79	21,798.58	
5	350	8	2,800	50	0.77	22.47	1.20	8.80	24,643.64	
6	350	8	2,800	40	0.64	22.47	1.20	10.49	29,369.15	
7	350	8	2,800	30	0.50	22.47	1.20	13.48	37,756.25	
8	350	8	2,800	28.12	0.47	27.24	1.20	17.34	48,543.89	
9	350	8	2,800	10	0.17	22.47	1.20	38.83	108,714.80	
10	350	8	2,800	5	0.09	22.47	1.20	77.36	216,602.21	

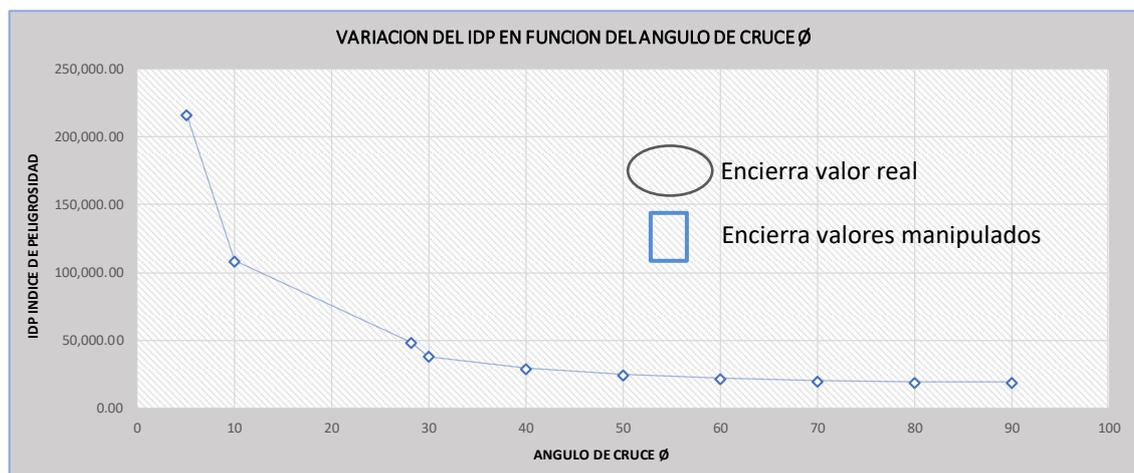




Tabla 18: Variación del IDP (índice de peligrosidad) en función del ángulo de cruce \emptyset paso a nivel Av. Tomasa Tito Condemayta (Asociación Miraflores - Tica tica).

VARIACION DEL IDP EN FUNCION DEL ANGULO DE CRUCE \emptyset										
N°	V (N° DE VEH)	T (N° DE TRENES)	MC (MOM CIRC)	ANG \emptyset	SENO \emptyset	$\sum 1/f > 4$	$1 + \sum b < 1.45$	K=IP/MC	IDP (INDICE DE PELIGRO)	
1	1,320	8	10,560	90	1.00	22.47	1.10	6.18	65,264.38	
2	1,320	8	10,560	80	0.98	22.47	1.10	6.28	66,271.19	
3	1,320	8	10,560	70.41	0.94	21.98	1.10	6.41	67,741.08	
4	1,320	8	10,560	60	0.87	22.47	1.10	7.14	75,360.81	
5	1,320	8	10,560	50	0.77	22.47	1.10	8.07	85,196.60	
6	1,320	8	10,560	40	0.64	22.47	1.10	9.61	101,533.35	
7	1,320	8	10,560	30	0.50	22.47	1.10	12.36	130,528.76	
8	1,320	8	10,560	20	0.34	27.24	1.10	21.90	231,268.16	
9	1,320	8	10,560	10	0.17	22.47	1.10	35.59	375,842.59	
10	1,320	8	10,560	5	0.09	22.47	1.10	70.91	748,824.78	

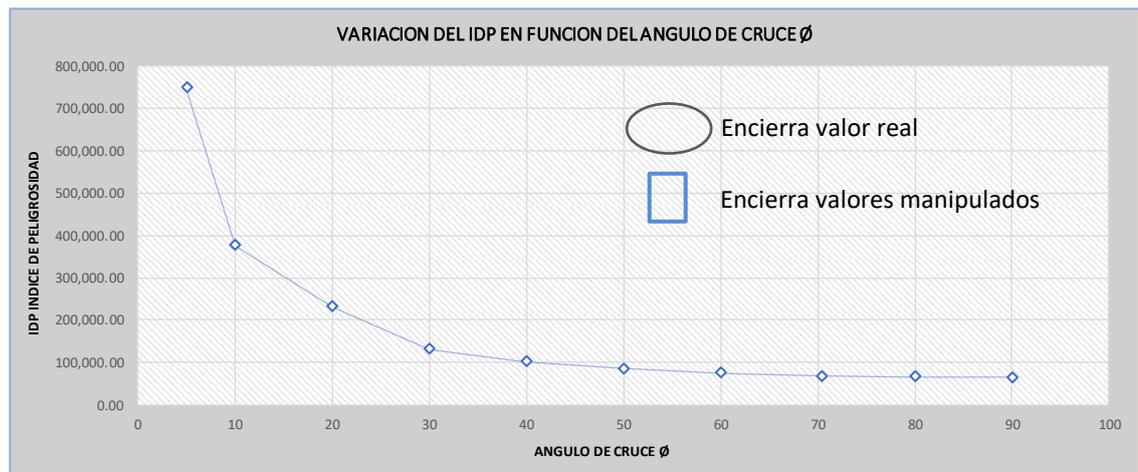


Tabla 19: Variación del IDP (índice de peligrosidad) en función del ángulo de cruce \emptyset paso a nivel Av. La Paz.

VARIACION DEL IDP EN FUNCION DEL ANGULO DE CRUCE \emptyset										
N°	V (N° DE VEH)	T (N° DE TRENES)	MC (MOM CIRC)	ANG \emptyset	SENO \emptyset	$\sum 1/f > 4$	$1 + \sum b < 1.45$	K=IP/MC	IDP (INDICE DE PELIGRO)	
1	3,510	3	10,530	90	1.00	11.63	1.35	3.93	41,348.10	
2	3,510	3	10,530	81.43	0.99	11.63	1.35	3.97	41,814.98	
3	3,510	3	10,530	70	0.94	11.63	1.35	4.18	44,001.72	
4	3,510	3	10,530	60	0.87	11.63	1.35	4.53	47,744.67	
5	3,510	3	10,530	50	0.77	11.63	1.35	5.13	53,976.11	
6	3,510	3	10,530	40	0.64	11.63	1.35	6.11	64,326.22	
7	3,510	3	10,530	30	0.50	11.63	1.35	7.85	82,696.19	
8	3,510	3	10,530	20	0.34	11.63	1.35	11.48	120,893.75	
9	3,510	3	10,530	10	0.17	11.63	1.35	22.61	238,114.20	
10	3,510	3	10,530	5	0.09	11.63	1.35	45.05	474,416.20	

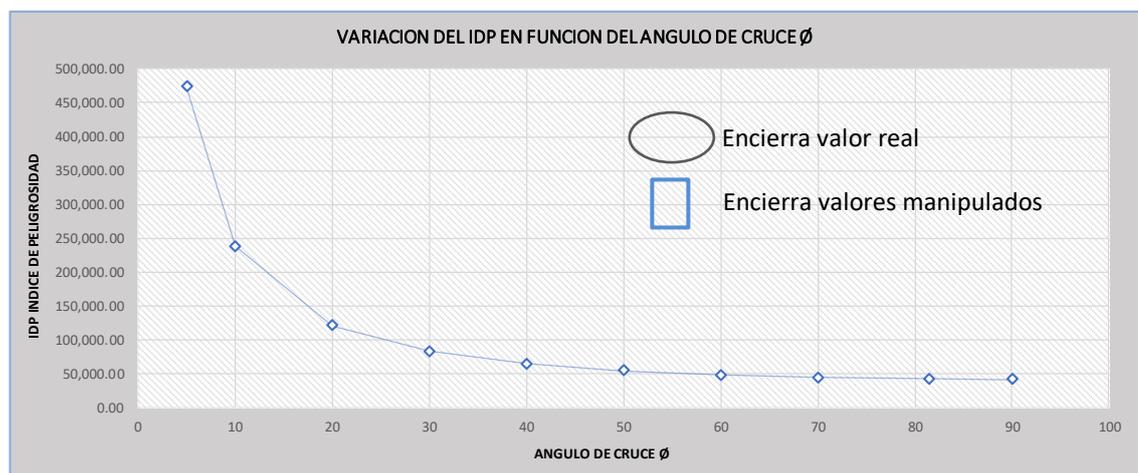




Tabla 20: Variación del IDP (índice de peligrosidad) en función del ángulo de cruce \emptyset paso a nivel Av. La Paz.

VARIACION DEL IDP EN FUNCION DEL ANGULO DE CRUCE \emptyset									
N°	V (N° DE VEH)	T (N° DE TRENES)	MC (MOM CIRC)	ANG \emptyset	SENO \emptyset	$\sum 1/f > 4$	$1 + \sum b < 1.45$	K=IP/MC	IDP (INDICE DE PELIGRO)
1	3,510	3	10,530	93.70	1.00	11.32	1.45	4.11	43,310.32
2	3,510	3	10,530	80	0.98	11.32	1.45	4.17	43,886.79
3	3,510	3	10,530	70	0.94	11.32	1.45	4.37	45,993.81
4	3,510	3	10,530	60	0.87	11.32	1.45	4.74	49,906.21
5	3,510	3	10,530	50	0.77	11.32	1.45	5.36	56,419.76
6	3,510	3	10,530	40	0.64	11.32	1.45	6.39	67,238.46
7	3,510	3	10,530	30	0.50	11.32	1.45	8.21	86,440.09
8	3,510	3	10,530	20	0.34	11.32	1.45	12.00	126,366.96
9	3,510	3	10,530	10	0.17	11.32	1.45	23.64	248,894.33
10	3,510	3	10,530	5	0.09	11.32	1.45	47.09	495,894.43

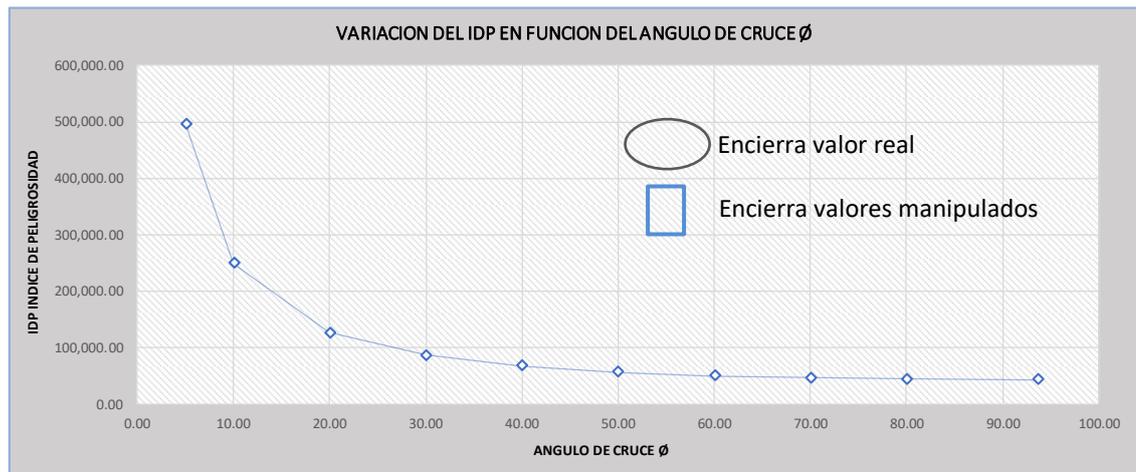


Tabla 21: Variación del IDP (índice de peligrosidad) en función del ángulo de cruce \emptyset paso a nivel Asociación Agua Buena.

VARIACION DEL IDP EN FUNCION DEL ANGULO DE CRUCE \emptyset									
N°	V (N° DE VEH)	T (N° DE TRENES)	MC (MOM CIRC)	ANG \emptyset	SENO \emptyset	$\sum 1/f > 4$	$1 + \sum b < 1.45$	K=IP/MC	IDP (INDICE DE PELIGRO)
1	1,250	2	2,500	90	1.00	13.35	1.10	3.67	9,181.46
2	1,250	2	2,500	80	0.98	13.35	1.10	3.73	9,323.10
3	1,250	2	2,500	70	0.94	13.35	1.10	3.91	9,770.70
4	1,250	2	2,500	66.50	0.92	13.35	1.10	4.00	10,011.84
5	1,250	2	2,500	50	0.77	13.35	1.10	4.79	11,985.54
6	1,250	2	2,500	40	0.64	13.35	1.10	5.71	14,283.81
7	1,250	2	2,500	30	0.50	13.35	1.10	7.35	18,362.92
8	1,250	2	2,500	20	0.34	13.35	1.10	10.74	26,844.79
9	1,250	2	2,500	10	0.17	13.35	1.10	21.15	52,873.91
10	1,250	2	2,500	5	0.09	13.35	1.10	42.14	105,345.42

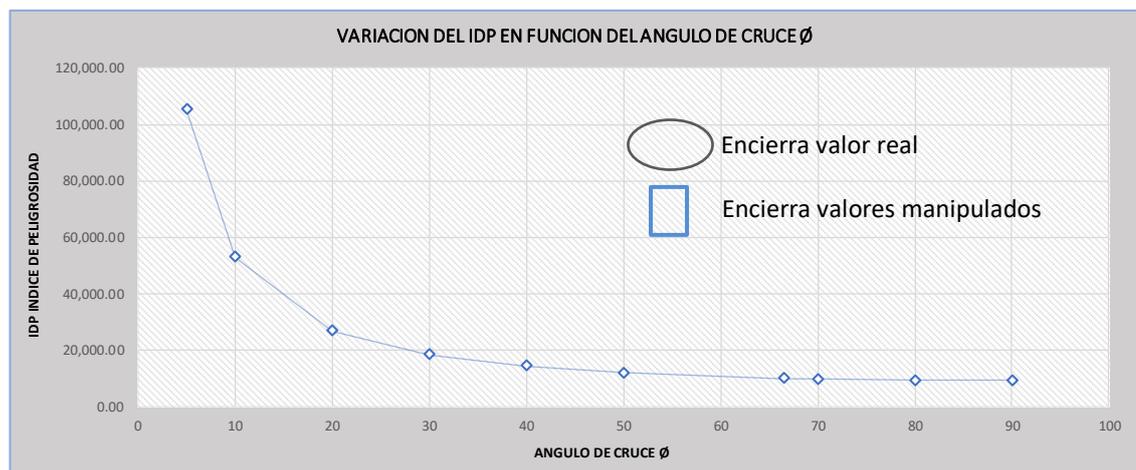
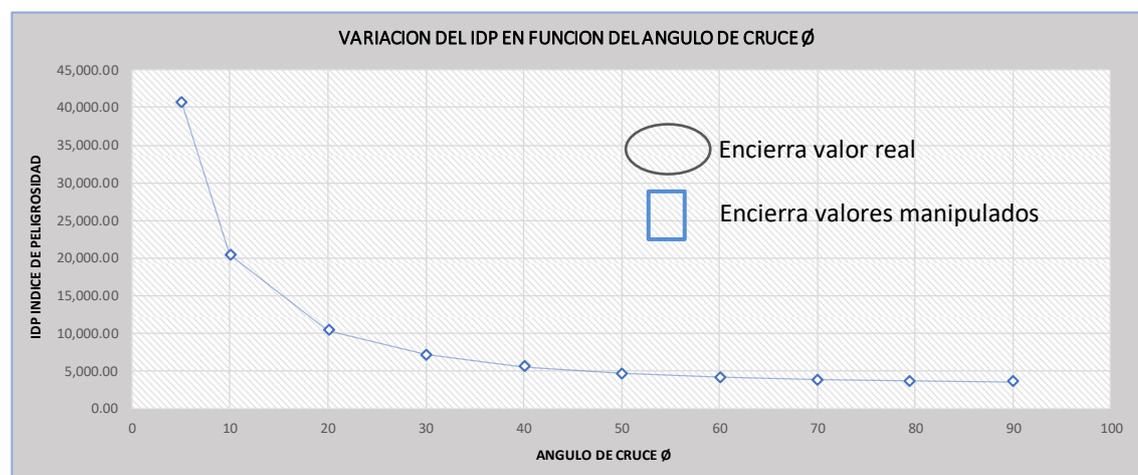




Tabla 22: Variación del IDP (índice de peligrosidad) en función del ángulo de cruce \emptyset paso a nivel Vía Evitamiento.

VARIACION DEL IDP EN FUNCION DEL ANGULO DE CRUCE \emptyset									
N°	V (N° DE VEH)	T (N° DE TRENES)	MC (MOM CIRC)	ANG \emptyset	SENO \emptyset	$\sum 1/f > 4$	$1 + \sum b < 1.45$	K=IP/MC	IDP (INDICE DE PELIGRO)
1	1,250	2	2,500	90	1.00	5.16	1.10	1.42	3,548.90
2	1,250	2	2,500	79.40	0.98	5.16	1.10	1.44	3,610.51
3	1,250	2	2,500	70	0.94	5.16	1.10	1.51	3,776.66
4	1,250	2	2,500	60	0.87	5.16	1.10	1.64	4,097.91
5	1,250	2	2,500	50	0.77	5.16	1.10	1.85	4,632.76
6	1,250	2	2,500	40	0.64	5.16	1.10	2.21	5,521.11
7	1,250	2	2,500	30	0.50	5.16	1.10	2.84	7,097.80
8	1,250	2	2,500	20	0.34	5.16	1.10	4.15	10,376.28
9	1,250	2	2,500	10	0.17	5.16	1.10	8.17	20,437.29
10	1,250	2	2,500	5	0.09	5.16	1.10	16.29	40,719.04



De igual forma para verificar y evaluar, si el porcentaje (%) de incidencia de la pendiente tiene alguna influencia en el Valor del IDP (índice de peligro), se ha manipulado y cambiado intencionalmente este valor en cada uno de los pasos a nivel, al manipular este valor se ha podido concluir que si hacemos que la pendiente del paso a nivel tienda a 0% el índice de peligrosidad (IDP) también baja, en ese sentido cambiando la geometría de los pasos a nivel y haciendo que las pendientes tiendan a 0% se mejora la seguridad vial. En otras palabras, pendientes bajas muestran valores de IDP (índice de peligrosidad) bajos. Los resultados de este análisis y evaluación manipulando el porcentaje (%) de incidencia de la pendiente de cada uno de los pasos a nivel, se muestran a continuación:



Tabla 23: Variación del IDP (índice de peligrosidad) en función del porcentaje (%) de incidencia de la pendiente; paso a nivel Puente de la Almudena y Calle Hospital.

VARIACION DEL IDP EN FUNCION DEL PORCENTAJE (%) DE INCIDENCIA DE LA PENDIENTE									
N°	V (N° DE VEH)	T (N° DE TRENES)	MC (MOM CIRC)	ANG Ø	SENO Ø	$\sum 1/f > 4$	$1 + \sum b < 1.45$	K=IP/MC	IDP (INDICE DE PELIGRO)
1	720	8	5,760	57.85	0.85	22.47	1.35	8.96	51,602.16
2	720	8	5,760	57.85	0.85	22.47	1.38	9.18	52,876.29
3	720	8	5,760	57.85	0.85	22.47	1.42	9.40	54,150.42
4	720	8	5,760	57.85	0.85	22.47	1.45	9.62	55,424.55
5	720	8	5,760	57.85	0.85	22.47	1.48	9.84	56,698.67
6	720	8	5,760	57.85	0.85	22.47	1.52	10.06	57,972.80
7	720	8	5,760	57.85	0.85	22.47	1.55	10.29	59,246.93
8	720	8	5,760	57.85	0.85	22.47	1.58	10.51	60,521.06
9	720	8	5,760	57.85	0.85	22.47	1.62	10.73	61,795.18
10	720	8	5,760	57.85	0.85	22.47	1.65	10.95	63,069.31

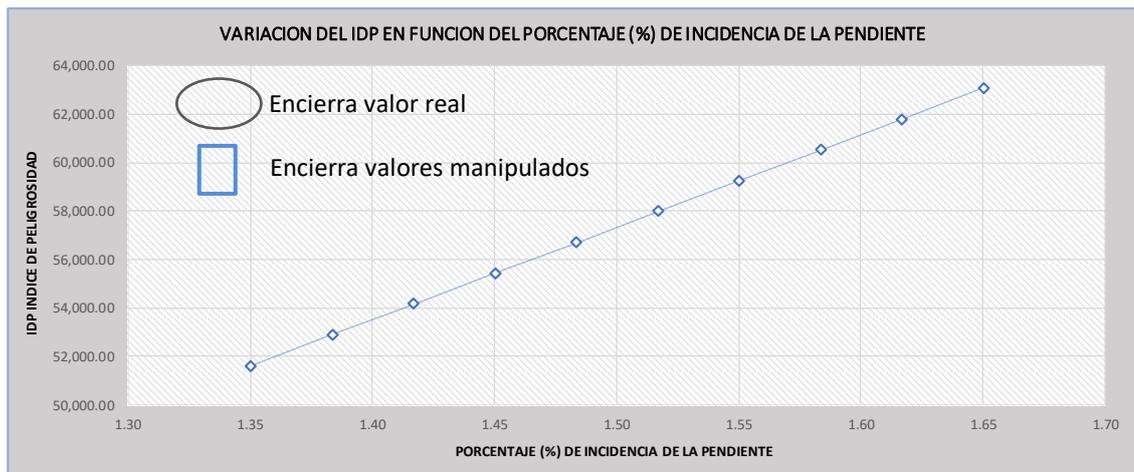


Tabla 24: Variación del IDP (índice de peligrosidad) en función del porcentaje (%) de incidencia de la pendiente; paso a nivel Av. Tupac Amaru (Independencia).

VARIACION DEL IDP EN FUNCION DEL PORCENTAJE (%) DE INCIDENCIA DE LA PENDIENTE									
N°	V (N° DE VEH)	T (N° DE TRENES)	MC (MOM CIRC)	ANG Ø	SENO Ø	$\sum 1/f > 4$	$1 + \sum b < 1.45$	K=IP/MC	IDP (INDICE DE PELIGRO)
1	350	8	2,800	28.12	0.47	27.24	1.20	17.34	48,543.89
2	350	8	2,800	28.12	0.47	27.24	1.23	17.82	49,892.33
3	350	8	2,800	28.12	0.47	27.24	1.27	18.30	51,240.77
4	350	8	2,800	28.12	0.47	27.24	1.30	18.78	52,589.21
5	350	8	2,800	28.12	0.47	27.24	1.33	19.26	53,937.65
6	350	8	2,800	28.12	0.47	27.24	1.37	19.75	55,286.09
7	350	8	2,800	28.12	0.47	27.24	1.40	20.23	56,634.53
8	350	8	2,800	28.12	0.47	27.24	1.43	20.71	57,982.98
9	350	8	2,800	28.12	0.47	27.24	1.47	21.19	59,331.42
10	350	8	2,800	28.12	0.47	27.24	1.50	21.67	60,679.86

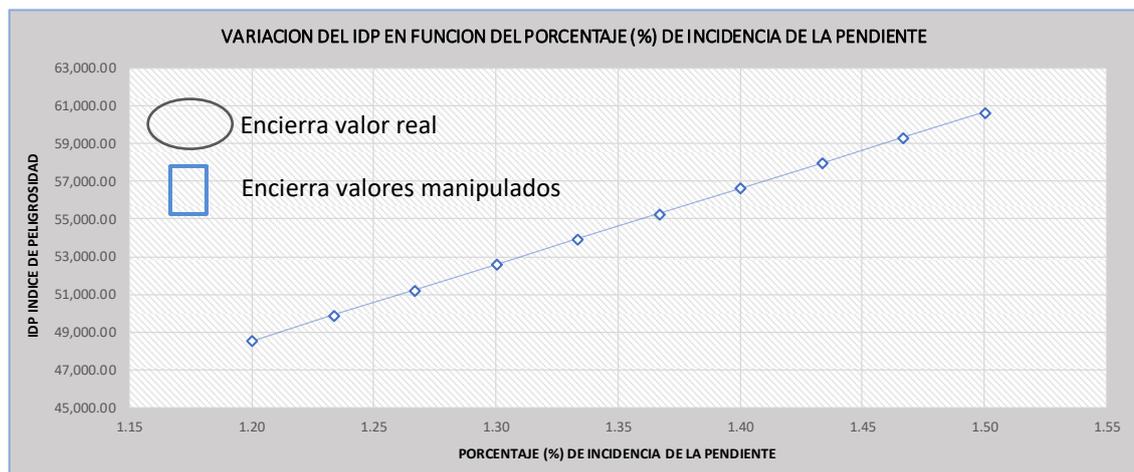




Tabla 25: Variación del IDP (índice de peligrosidad) en función del porcentaje (%) de incidencia de la pendiente; paso a nivel Av. Tomasa Tito Condemayta (Asociación Miraflores - Tica tica).

VARIACION DEL IDP EN FUNCION DEL PORCENTAJE (%) DE INCIDENCIA DE LA PENDIENTE									
N°	V (N° DE VEH)	T (N° DE TRENES)	MC (MOM CIRC)	ANG ∅	SENO ∅	$\sum 1/f > 4$	$1 + \sum b < 1.45$	K=IP/MC	IDP (INDICE DE PELIGRO)
1	1,320	8	10,560	70.41	0.94	21.98	1.10	6.41	67,741.08
2	1,320	8	10,560	70.41	0.94	21.98	1.13	6.61	69,793.84
3	1,320	8	10,560	70.41	0.94	21.98	1.17	6.80	71,846.60
4	1,320	8	10,560	70.41	0.94	21.98	1.20	7.00	73,899.36
5	1,320	8	10,560	70.41	0.94	21.98	1.23	7.19	75,952.12
6	1,320	8	10,560	70.41	0.94	21.98	1.27	7.39	78,004.88
7	1,320	8	10,560	70.41	0.94	21.98	1.30	7.58	80,057.64
8	1,320	8	10,560	70.41	0.94	21.98	1.33	7.78	82,110.40
9	1,320	8	10,560	70.41	0.94	21.98	1.37	7.97	84,163.16
10	1,320	8	10,560	70.41	0.94	21.98	1.40	8.16	86,215.92

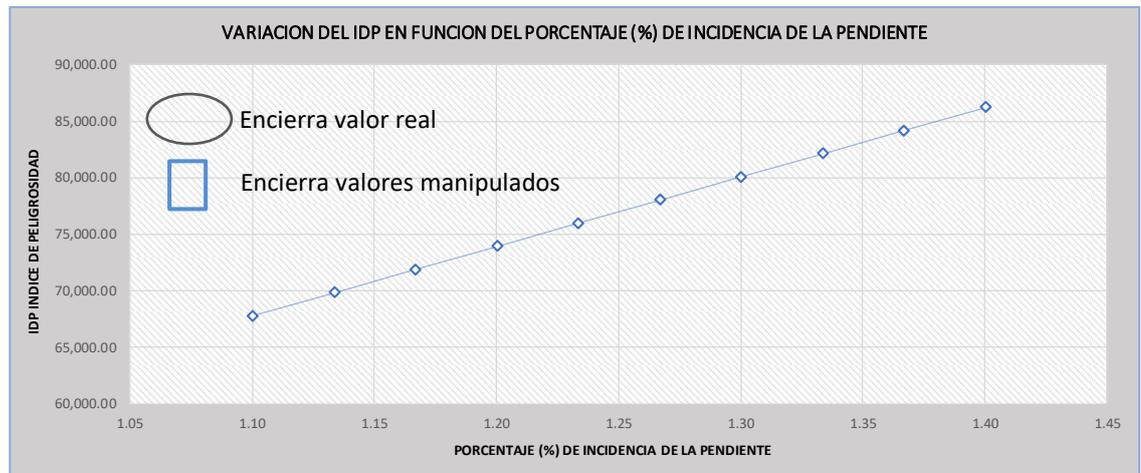


Tabla 26: Variación del IDP (índice de peligrosidad) en función del porcentaje (%) de incidencia de la pendiente; paso a nivel Av. La Paz.

VARIACION DEL IDP EN FUNCION DEL PORCENTAJE (%) DE INCIDENCIA DE LA PENDIENTE									
N°	V (N° DE VEH)	T (N° DE TRENES)	MC (MOM CIRC)	ANG ∅	SENO ∅	$\sum 1/f > 4$	$1 + \sum b < 1.45$	K=IP/MC	IDP (INDICE DE PELIGRO)
1	3,510	3	10,530	81.43	0.99	11.63	1.35	3.97	41,814.98
2	3,510	3	10,530	81.43	0.99	11.63	1.38	4.07	42,847.45
3	3,510	3	10,530	81.43	0.99	11.63	1.42	4.17	43,879.92
4	3,510	3	10,530	81.43	0.99	11.63	1.45	4.27	44,912.39
5	3,510	3	10,530	81.43	0.99	11.63	1.48	4.36	45,944.85
6	3,510	3	10,530	81.43	0.99	11.63	1.52	4.46	46,977.32
7	3,510	3	10,530	81.43	0.99	11.63	1.55	4.56	48,009.79
8	3,510	3	10,530	81.43	0.99	11.63	1.58	4.66	49,042.26
9	3,510	3	10,530	81.43	0.99	11.63	1.62	4.76	50,074.73
10	3,510	3	10,530	81.43	0.99	11.63	1.65	4.85	51,107.20

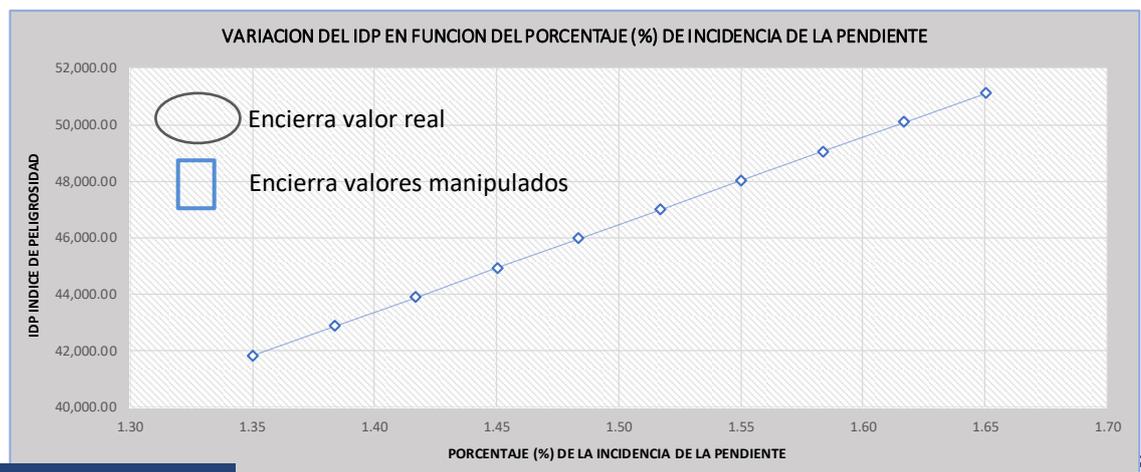




Tabla 27: Variación del IDP (índice de peligrosidad) en función del porcentaje (%) de incidencia de la pendiente; paso a nivel Av. La Paz.

VARIACION DEL IDP EN FUNCION DEL PORCENTAJE (%) DE INCIDENCIA DE LA PENDIENTE									
N°	V (N° DE VEH)	T (N° DE TRENES)	MC (MOM CIRC)	ANG ∅	SENO ∅	$\sum 1/f > 4$	$1 + \sum b < 1.45$	K=IP/MC	IDP (INDICE DE PELIGRO)
1	3,510	3	10,530	93.70	1.00	11.32	1.45	4.11	43,310.32
2	3,510	3	10,530	93.70	1.00	11.32	1.48	4.21	44,305.96
3	3,510	3	10,530	93.70	1.00	11.32	1.52	4.30	45,301.60
4	3,510	3	10,530	93.70	1.00	11.32	1.55	4.40	46,297.24
5	3,510	3	10,530	93.70	1.00	11.32	1.58	4.49	47,292.88
6	3,510	3	10,530	93.70	1.00	11.32	1.62	4.59	48,288.52
7	3,510	3	10,530	93.70	1.00	11.32	1.65	4.68	49,284.16
8	3,510	3	10,530	93.70	1.00	11.32	1.68	4.77	50,279.80
9	3,510	3	10,530	93.70	1.00	11.32	1.72	4.87	51,275.44
10	3,510	3	10,530	93.70	1.00	11.32	1.75	4.96	52,271.08

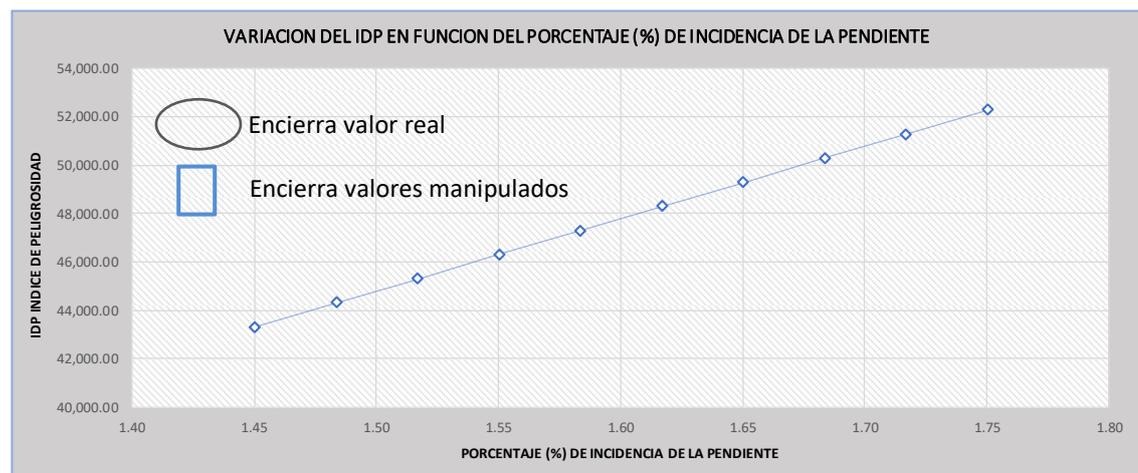


Tabla 28: Variación del IDP (índice de peligrosidad) en función del porcentaje (%) de incidencia de la pendiente; paso a nivel Asociación Agua Buena.

VARIACION DEL IDP EN FUNCION DEL PORCENTAJE (%) DE INCIDENCIA DE LA PENDIENTE									
N°	V (N° DE VEH)	T (N° DE TRENES)	MC (MOM CIRC)	ANG ∅	SENO ∅	$\sum 1/f > 4$	$1 + \sum b < 1.45$	K=IP/MC	IDP (INDICE DE PELIGRO)
1	1,250	2	2,500	66.50	0.92	13.35	1.10	4.00	10,011.84
2	1,250	2	2,500	66.50	0.92	13.35	1.13	4.13	10,315.23
3	1,250	2	2,500	66.50	0.92	13.35	1.17	4.25	10,618.62
4	1,250	2	2,500	66.50	0.92	13.35	1.20	4.37	10,922.01
5	1,250	2	2,500	66.50	0.92	13.35	1.23	4.49	11,225.40
6	1,250	2	2,500	66.50	0.92	13.35	1.27	4.61	11,528.79
7	1,250	2	2,500	66.50	0.92	13.35	1.30	4.73	11,832.17
8	1,250	2	2,500	66.50	0.92	13.35	1.33	4.85	12,135.56
9	1,250	2	2,500	66.50	0.92	13.35	1.37	4.98	12,438.95
10	1,250	2	2,500	66.50	0.92	13.35	1.40	5.10	12,742.34

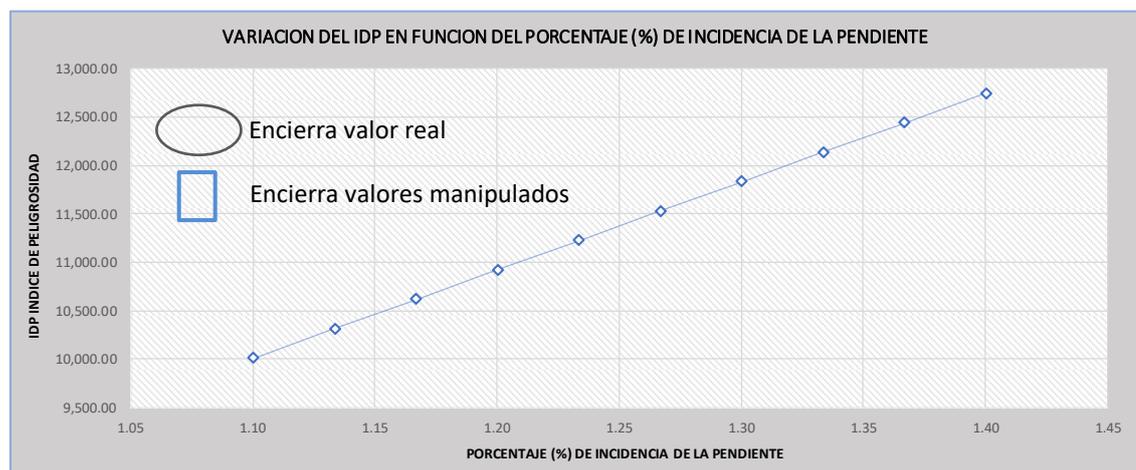
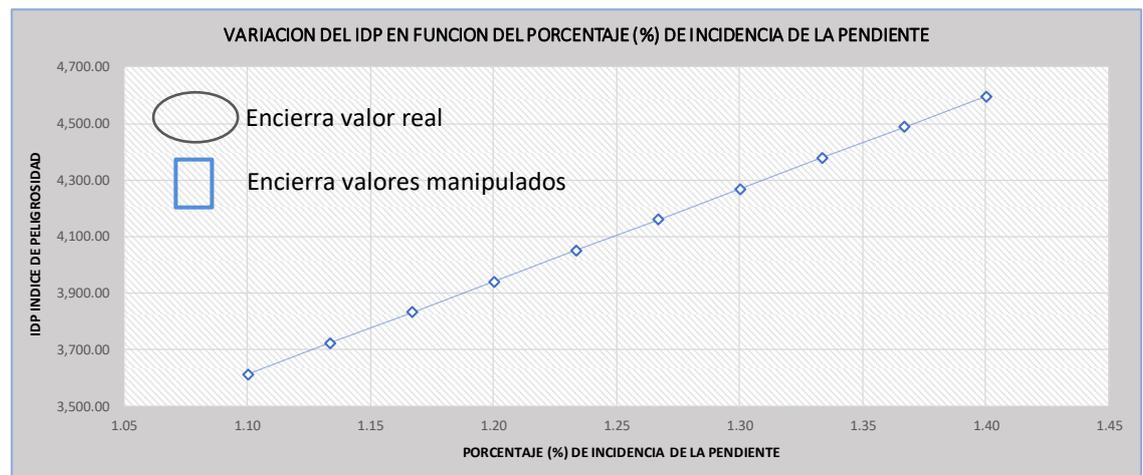




Tabla 29: Variación del IDP (índice de peligrosidad) en función del porcentaje (%) de incidencia de la pendiente; paso a nivel Vía Evitamiento.

VARIACION DEL IDP EN FUNCION DEL PORCENTAJE (%) DE INCIDENCIA DE LA PENDIENTE									
N°	V (N° DE VEH)	T (N° DE TRENES)	MC (MOM CIRC)	ANG ∅	SENO ∅	$\sum 1/f > 4$	$1 + \sum b < 1.45$	K=IP/MC	IDP (INDICE DE PELIGRO)
1	1,250	2	2,500	79.40	0.98	5.16	1.10	1.44	3,610.51
2	1,250	2	2,500	79.40	0.98	5.16	1.13	1.49	3,719.92
3	1,250	2	2,500	79.40	0.98	5.16	1.17	1.53	3,829.33
4	1,250	2	2,500	79.40	0.98	5.16	1.20	1.58	3,938.74
5	1,250	2	2,500	79.40	0.98	5.16	1.23	1.62	4,048.15
6	1,250	2	2,500	79.40	0.98	5.16	1.27	1.66	4,157.56
7	1,250	2	2,500	79.40	0.98	5.16	1.30	1.71	4,266.97
8	1,250	2	2,500	79.40	0.98	5.16	1.33	1.75	4,376.38
9	1,250	2	2,500	79.40	0.98	5.16	1.37	1.79	4,485.79
10	1,250	2	2,500	79.40	0.98	5.16	1.40	1.84	4,595.19



4.3. Resultados respecto al objetivo general

El objetivo general menciona: Plantear la aplicación de conceptos y procesos técnicos mediante una Metodología Integral para reducir los índices de peligrosidad y mejorar la Seguridad Vial en los pasos a nivel con líneas férreas.

El enfoque metodológico que se plantea mediante esta investigación, se centra en realizar dos tipos de actividades o trabajos, con el propósito de reducir los índices de peligrosidad (IDP) y mejorar la Seguridad Vial en los pasos a nivel con líneas férreas, contempla actividades o trabajos de campo y de gabinete.

Estas actividades resultan indispensables para cumplir con la metodología que se propone, siendo estas:

Trabajos de campo	Trabajos de gabinete
Identificación y levantamiento topográfico	Calificar la distancia de visibilidad (R1/R2)
Reconocer e identificar los factores de riesgo	Estimar los factores locales de la vía b
Determinar las condiciones de visibilidad	Calcular el índice de peligrosidad (IDP)
Realizar aforo del flujo ferroviario y vehicular	Determinar el MC
	Interpretar los indicadores obtenidos para el desarrollo de propuestas.



En ese sentido, este ítem contiene el documento técnico el cual, en base a nuestro análisis, tiene como principal objetivo proponer una nueva metodología de cálculo de un índice cuantitativo de la peligrosidad de un paso a nivel y con ello proponer la implementación de medidas de gestión de tránsito en seguridad vial que contribuyen a la reducción de los índices de peligrosidad. Consecuentemente con la implementación de estas medidas de gestión de tránsito se mejoraría la seguridad vial. Las medidas de gestión de tránsito que se proponen están en función al IDP (índice de peligrosidad).

Esta metodología propone el uso de la siguiente fórmula, que calcula un coeficiente adimensional que mide la peligrosidad del paso a nivel.

$$IDP = \frac{(V \cdot T)}{4 \cdot \text{sen } \emptyset} \times \left(\frac{1}{fv1} + \frac{1}{fv2} + \frac{1}{fv3} + \frac{1}{fv4} \right) \times (1 + \sum b)$$

Donde:

V = Es el N.º de vehículos carreteros que transitan por el paso a nivel.

T = Es el N.º de trenes que transitan por el paso a nivel

\emptyset = Es el ángulo del cruce entre la vía automovilística y la vía ferroviaria.

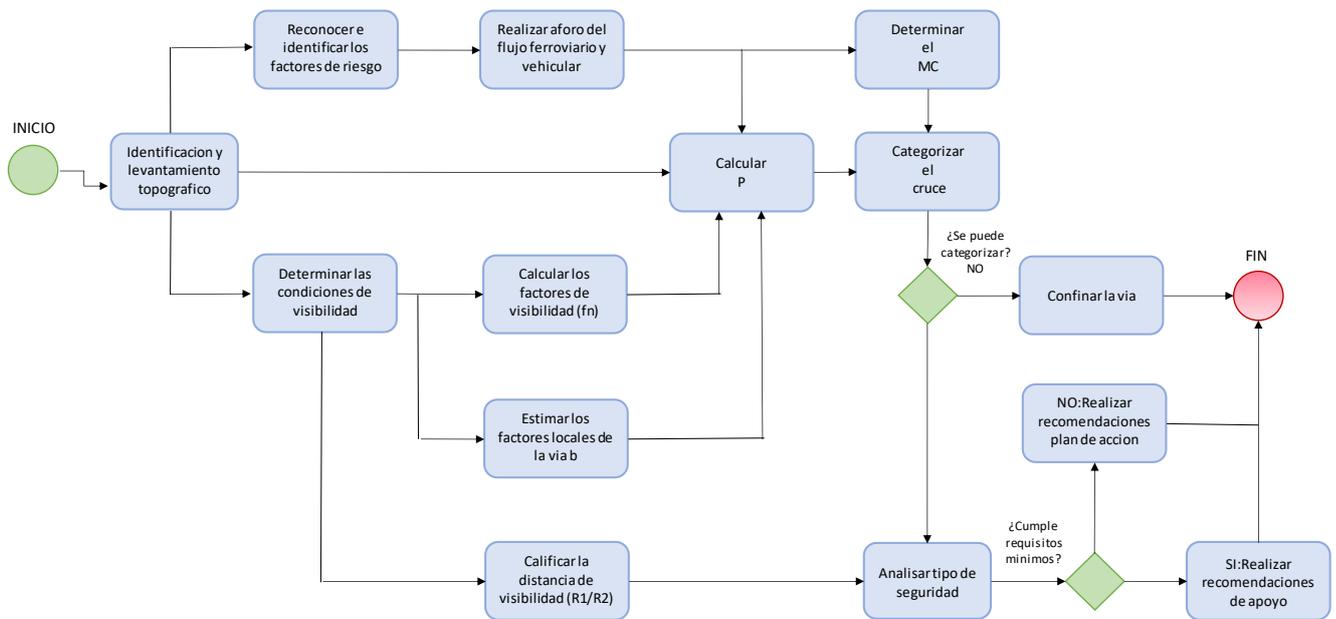
fv = Es el valor de los 4 factores de visibilidad en los 4 cuadrantes del rombo

b = Son coeficientes amplificadores del Índice de Peligrosidad

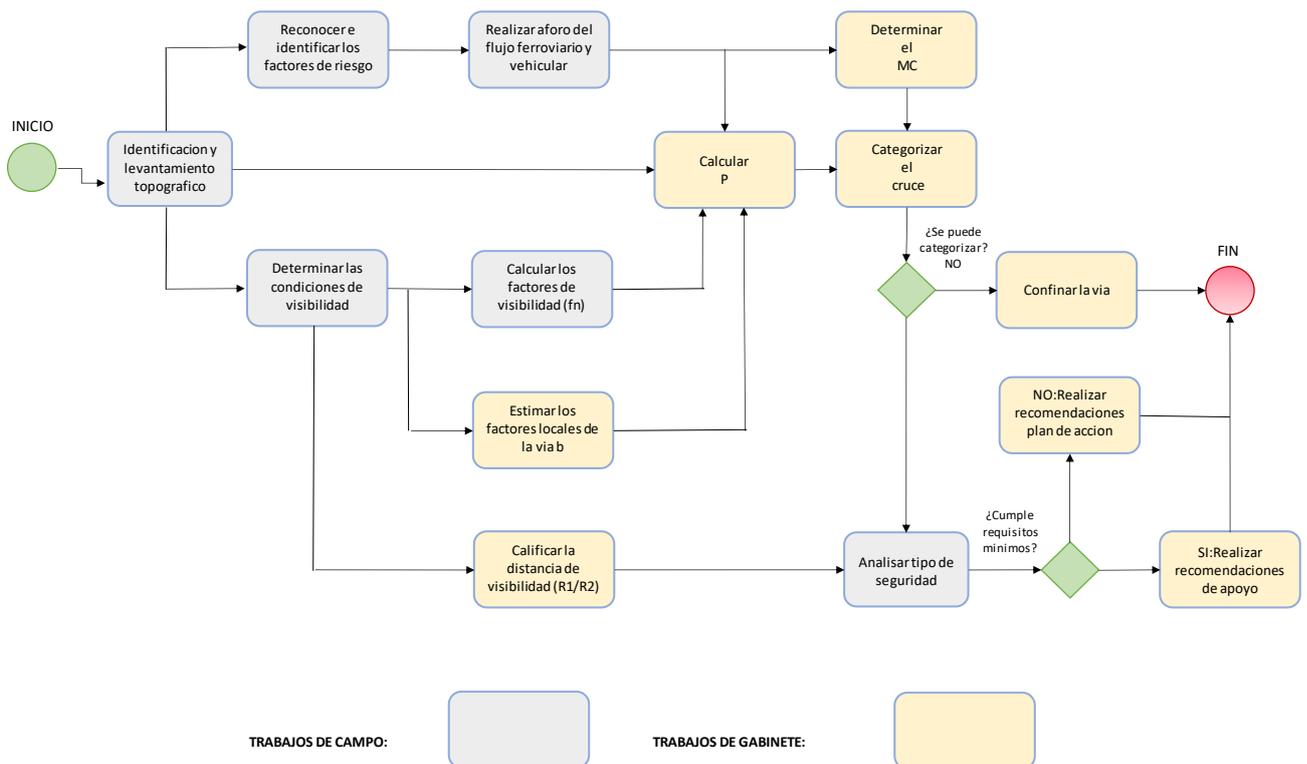
La metodología que se propone y plantea con el propósito reducir los índices de peligrosidad y mejorar la Seguridad Vial en los pasos a nivel con líneas férreas, se muestra en el siguiente modelo:



4.3.1. Metodología para evaluar la seguridad vial en los pasos a nivel con líneas férreas, para reducir los índices de peligrosidad.



4.3.2. Trabajos de campo y trabajos de gabinete: Metodología para evaluar la seguridad vial en los pasos a nivel con líneas férreas, para reducir los índices de peligrosidad





A continuación, se muestra el análisis y evaluación de cada uno de los pasos a nivel evaluados y las propuestas de mejora:

ÍNDICE DE PELIGROSIDAD (IDP) - PASO A NIVEL PUENTE ALMUDENA

El Índice de Peligrosidad se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$IDP = \frac{(V \cdot T)}{4 \cdot \text{sen } \emptyset} \times \left(\frac{1}{fv_1} + \frac{1}{fv_2} + \frac{1}{fv_3} + \frac{1}{fv_4} \right) \times (1 + \Sigma b)$$

Donde:

IDP = índice de peligrosidad.

T = cantidad de trenes en un periodo de 12 horas con mayor tráfico.

V = cantidad de vehículos en el periodo de 12 horas con mayor tránsito.

fv_i = coeficientes que contemplan la visibilidad de un observador colocado sobre la calle, y dirigiendo la visual hacia ambos lados de la vía férrea.

Se calcula como: $f = 1 - l/dT$, en donde dT representa una distancia en metros numéricamente igual a la distancia de visibilidad ferroviaria.

b = parámetros que incrementan el Índice. Tiene en cuenta otros factores que también inciden en el riesgo, de acuerdo a la siguiente tabla:

Factor a considerar	b máximo
Pendiente hasta 8% sumando ambos lados	30% ----> m := 0%
Pendiente hasta 4% un solo lado	15% ----> n := 0%
Cruce angosto	10% ----> o := 10%
Calle lateral desembocando a menos de 20m del paso a nivel	15% ----> p := 15%
Carretera doble vía	10% ----> q := 0%
Vía triple	20% ----> r := 0%
Vía múltiple (más de 3 vías)	30% ----> s := 0%
Posición desfavorable respecto al sol (sol en contra)	15% ----> t := 10%

$$l_1 := 40.34 \text{ m} \quad l_2 := 40.84 \text{ m} \quad l_3 := 0 \text{ m} \quad l_4 := 0 \text{ m}$$

$$T := 8 \text{ trenes} \quad V := 720 \text{ veh.} \quad v := 10 \text{ km/h} \quad \Phi := 57.85^\circ$$

$$dT := 45$$

$$fv_1 := 1 - \frac{l_1}{dT} = 0.104 \quad fv_3 := 1 - \frac{l_3}{dT} = 1$$

$$fv_2 := 1 - \frac{l_2}{dT} = 0.092 \quad fv_4 := 1 - \frac{l_4}{dT} = 1$$

$$b := m + n + o + p + q + r + s + t = 0.35$$

$$IDP := \frac{T \cdot V}{4 \cdot \text{sen}(\Phi)} \cdot \left(\frac{1}{fv_1} + \frac{1}{fv_2} + \frac{1}{fv_3} + \frac{1}{fv_4} \right) \cdot (1 + b)$$

$$IDP = 51602.164$$

Tipo de protección del paso a nivel en función del Índice de Peligrosidad (IDP):

	VALOR	RECOMENDACIONES
RANGOS DE INDICE DE PELIGROSIDAD (IDP)	< 15,000	Protección mínima
	≥ 15,000	Protección pasiva
	< 50,000	
	≥ 50,000	Protección activa con dispositivos sonoro luminosos
	< 65,000	
	≥ 65,000	Protección activa con barreras
	< 85,000	
	≥ 85,000	Analizar cruce a desnivel

Protección := if $IDP < 15000$

|| "Peligrosidad Baja – Protección mínima."

else if $15000 \leq IDP < 50000$

|| "Peligrosidad Media – Protección pasiva."

else if $50000 \leq IDP < 65000$

|| "Peligrosidad Alta – Protección activa con dispositivo sonoro luminoso."

else if $65000 \leq IDP < 85000$

|| "Peligrosidad muy Alta – Protección activa con barreras."

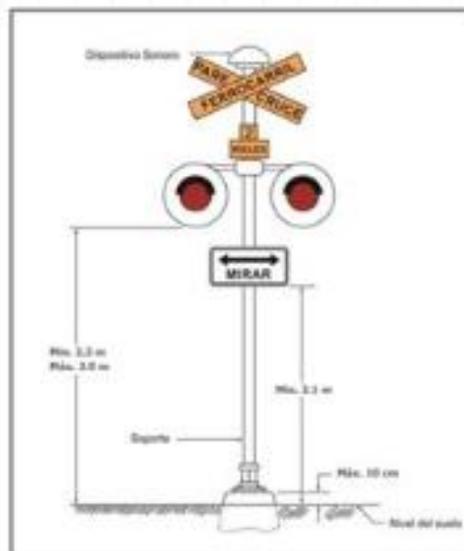
else if $IDP \geq 85000$

|| "Analizar cruce a desnivel."

Medidas de gestión de tránsito a considerar para mejorar la seguridad vial en el paso a nivel:

Protección = "Peligrosidad Alta – Protección activa con dispositivo sonoro luminoso."

TIPOS DE PROTECCION :



Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito automotor para calles y carreteras. RD N° 16-2016-MTC/14.



ÍNDICE DE PELIGROSIDAD (IDP) - PASO A NIVEL TUPAC AMARU PICCHU

El Índice de Peligrosidad se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$IDP = \frac{(V \cdot T)}{4 \cdot \text{sen } \theta} \times \left(\frac{1}{fv_1} + \frac{1}{fv_2} + \frac{1}{fv_3} + \frac{1}{fv_4} \right) \times (1 + \sum b)$$

Donde:

- IDP** = índice de peligrosidad.
- T** = cantidad de trenes en un periodo de 12 horas con mayor tráfico.
- V** = cantidad de vehículos en el periodo de 12 horas con mayor tránsito.
- fv_i** = coeficientes que contemplan la visibilidad de un observador colocado sobre la calle, y dirigiendo la visual hacia ambos lados de la vía férrea.
Se calcula como: $f = 1 - l/dT$, en donde dT representa una distancia en metros numéricamente igual a la distancia de visibilidad ferroviaria.
- b** = parámetros que incrementan el Índice. Tiene en cuenta otros factores que también inciden en el riesgo, de acuerdo a la siguiente tabla:

Factor a considerar	b máximo
Pendiente hasta 8% sumando ambos lados	30% ----> m := 0%
Pendiente hasta 4% un solo lado	15% ----> n := 0%
Cruce angosto	10% ----> o := 0%
Calle lateral desembocando a menos de 20m del paso a nivel	15% ----> p := 10%
Carretera doble vía	10% ----> q := 0%
Vía triple	20% ----> r := 0%
Vía múltiple (más de 3 vías)	30% ----> s := 0%
Posición desfavorable respecto al sol (sol en contra)	15% ----> t := 10%

$$l_1 := 83.43 \text{ m} \quad l_2 := 0 \text{ m} \quad l_3 := 77.57 \text{ m} \quad l_4 := 78.77 \text{ m}$$

$$T := 8 \text{ trenes} \quad V := 350 \text{ veh.} \quad v := 20 \text{ km/h} \quad \Phi := 28.12^\circ$$

$$dT := 91$$

$$fv_1 := 1 - \frac{l_1}{dT} = 0.083 \quad fv_3 := 1 - \frac{l_3}{dT} = 0.148$$

$$fv_2 := 1 - \frac{l_2}{dT} = 1 \quad fv_4 := 1 - \frac{l_4}{dT} = 0.134$$

$$b := m + n + o + p + q + r + s + t = 0.2$$

$$IDP := \frac{T \cdot V}{4 \cdot \text{sen } (\Phi)} \cdot \left(\frac{1}{fv_1} + \frac{1}{fv_2} + \frac{1}{fv_3} + \frac{1}{fv_4} \right) \cdot (1 + b)$$

$$IDP = 48543.887$$

Tipo de protección del paso a nivel en función del Índice de Peligrosidad (IDP):

RANGOS DE INDICE DE PELIGROSIDAD (IDP)	VALOR	RECOMENDACIONES
	< 15,000	Protección mínima
	>= 15,000	Protección pasiva
	< 50,000	
	>= 50,000	Protección activa con dispositivos sonoro luminosos
	< 65,000	
	>= 65,000	Protección activa con barreras
	< 85,000	
	>= 85,000	Analizar cruce a desnivel

Protección := if $IDP < 15000$

|| "Peligrosidad Baja – Protección mínima."

else if $15000 \leq IDP < 50000$

|| "Peligrosidad Media – Protección pasiva."

else if $50000 \leq IDP < 65000$

|| "Peligrosidad Alta – Protección activa con dispositivo sonoro luminoso."

else if $65000 \leq IDP < 85000$

|| "Peligrosidad muy Alta – Protección activa con barreras."

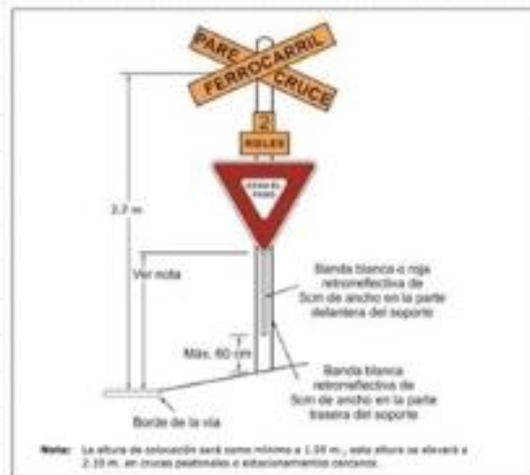
else if $IDP \geq 85000$

|| "Analizar cruce a desnivel."

Medidas de gestión de tránsito a considerar para mejorar la seguridad vial en el paso a nivel:

Protección = "Peligrosidad Media – Protección pasiva."

TIPOS DE PROTECCION :



Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito automotor para calles y carreteras. RD N° 16-2016-MTC/14.



ÍNDICE DE PELIGROSIDAD (IDP) - PASO A NIVEL TOMASA TTITO CONDEMARYTA

El Índice de Peligrosidad se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$IDP = \frac{(V \cdot T)}{4 \cdot \text{sen } \phi} \times \left(\frac{1}{fv_1} + \frac{1}{fv_2} + \frac{1}{fv_3} + \frac{1}{fv_4} \right) \times (1 + \Sigma b)$$

Donde:

IDP = índice de peligrosidad.

T = cantidad de trenes en un período de 12 horas con mayor tráfico.

V = cantidad de vehículos en el período de 12 horas con mayor tránsito.

fv_i = coeficientes que contemplan la visibilidad de un observador colocado sobre la calle, y dirigiendo la visual hacia ambos lados de la vía férrea.

Se calcula como: $f = 1 - l/dT$, en donde dT representa una distancia en metros numéricamente igual a la distancia de visibilidad ferroviaria.

b = parámetros que incrementan el Índice. Tiene en cuenta otros factores que también inciden en el riesgo, de acuerdo a la siguiente tabla:

Factor a considerar	b máximo
Pendiente hasta 8% sumando ambos lados	30% ----> m := 0%
Pendiente hasta 4% un solo lado	15% ----> n := 0%
Cruce angosto	10% ----> o := 0%
Calle lateral desembocando a menos de 20m del paso a nivel	15% ----> p := 0%
Carretera doble vía	10% ----> q := 0%
Vía triple	20% ----> r := 0%
Vía múltiple (más de 3 vías)	30% ----> s := 0%
Posición desfavorable respecto al sol (sol en contra)	15% ----> t := 10%

$$l_1 := 75.95 \text{ m} \quad l_2 := 46.28 \text{ m} \quad l_3 := 76.36 \text{ m} \quad l_4 := 79.15 \text{ m}$$

$$T := 8 \text{ trenes} \quad V := 1320 \text{ veh.} \quad v := 20 \text{ km/h} \quad \phi := 70.41^\circ$$

$$dT := 91$$

$$fv_1 := 1 - \frac{l_1}{dT} = 0.165 \quad fv_3 := 1 - \frac{l_3}{dT} = 0.161$$

$$fv_2 := 1 - \frac{l_2}{dT} = 0.491 \quad fv_4 := 1 - \frac{l_4}{dT} = 0.13$$

$$b := m + n + o + p + q + r + s + t = 0.1$$

$$IDP := \frac{T \cdot V}{4 \cdot \text{sen}(\phi)} \cdot \left(\frac{1}{fv_1} + \frac{1}{fv_2} + \frac{1}{fv_3} + \frac{1}{fv_4} \right) \cdot (1 + b)$$

$$IDP = 67741.077$$

Tipo de protección del paso a nivel en función del Índice de Peligrosidad (IDP):

RANGOS DE INDICE DE PELIGROSIDAD (IDP)	VALOR	RECOMENDACIONES
	$< 15,000$	Protección mínima
	$\geq 15,000$	Protección pasiva
	$< 50,000$	
	$\geq 50,000$	Protección activa con dispositivos sonoro luminosos
	$< 65,000$	
	$\geq 65,000$	Protección activa con barreras
	$< 85,000$	
	$\geq 85,000$	Analizar cruce a desnivel

Protección := if IDP < 15000

 | "Peligrosidad Baja – Protección mínima."

 else if $15000 \leq IDP < 50000$

 | "Peligrosidad Media – Protección pasiva."

 else if $50000 \leq IDP < 65000$

 | "Peligrosidad Alta – Protección activa con dispositivo sonoro luminoso."

 else if $65000 \leq IDP < 85000$

 | "Peligrosidad muy Alta – Protección activa con barreras."

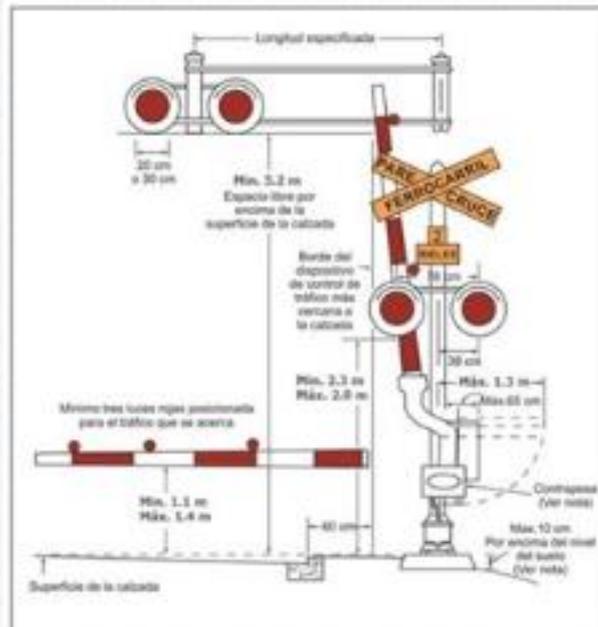
 else if $IDP \geq 85000$

 | "Analizar cruce a desnivel."

Medidas de gestión de tránsito a considerar para mejorar la seguridad vial en el paso a nivel:

Protección = "Peligrosidad muy Alta – Protección activa con barreras."

TIPOS DE PROTECCION :



Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito automotor para calles y carreteras. RD N° 16-2016-MTC/14.



ÍNDICE DE PELIGROSIDAD (IDP) - PASO A NIVEL OVALO PACHACUTEC I

El Índice de Peligrosidad se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$IDP = \frac{(V \cdot T)}{4 \cdot \text{sen } \phi} \times \left(\frac{1}{fv_1} + \frac{1}{fv_2} + \frac{1}{fv_3} + \frac{1}{fv_4} \right) \times (1 + \Sigma b)$$

Donde:

- IDP** = índice de peligrosidad.
- T** = cantidad de trenes en un periodo de 12 horas con mayor tráfico.
- V** = cantidad de vehículos en el periodo de 12 horas con mayor tránsito.
- fvi** = coeficientes que contemplan la visibilidad de un observador colocado sobre la calle, y dirigiendo la visual hacia ambos lados de la vía férrea.
Se calcula como: $f = 1 - l/dT$, en donde dT representa una distancia en metros numéricamente igual a la distancia de visibilidad ferroviaria.
- b** = parámetros que incrementan el Índice. Tiene en cuenta otros factores que también inciden en el riesgo, de acuerdo a la siguiente tabla:

Factor a considerar	b máximo
Pendiente hasta 8% sumando ambos lados	30% ----> m := 0%
Pendiente hasta 4% un solo lado	15% ----> n := 0%
Cruce angosto	10% ----> o := 0%
Calle lateral desembocando a menos de 20m del paso a nivel	15% ----> p := 15%
Carretera doble vía	10% ----> q := 10%
Vía triple	20% ----> r := 0%
Vía múltiple (más de 3 vías)	30% ----> s := 0%
Posición desfavorable respecto al sol (sol en contra)	15% ----> t := 10%

$$l_1 := 70.13 \text{ m} \quad l_2 := 0 \text{ m} \quad l_3 := 11.30 \text{ m} \quad l_4 := 73.27 \text{ m}$$

$$T := 3 \text{ trenes} \quad V := 3510 \text{ veh.} \quad v := 20 \text{ km/h} \quad \phi := 81.43^\circ$$

$$dT := 91$$

$$fv_1 := 1 - \frac{l_1}{dT} = 0.229 \quad fv_3 := 1 - \frac{l_3}{dT} = 0.876$$

$$fv_2 := 1 - \frac{l_2}{dT} = 1 \quad fv_4 := 1 - \frac{l_4}{dT} = 0.195$$

$$b := m + n + o + p + q + r + s + t = 0.35$$

$$IDP := \frac{T \cdot V}{4 \cdot \text{sen}(\phi)} \cdot \left(\frac{1}{fv_1} + \frac{1}{fv_2} + \frac{1}{fv_3} + \frac{1}{fv_4} \right) \cdot (1 + b)$$

$$IDP = 41814.979$$

Tipo de protección del paso a nivel en función del Índice de Peligrosidad (IDP):

RANGOS DE INDICE DE PELIGROSIDAD (IDP)	VALOR	RECOMENDACIONES
	< 15,000	Protección mínima
>= 15,000	Protección pasiva	
< 50,000		
>= 50,000	Protección activa con dispositivos sonoro luminosos	
< 65,000		
>= 65,000	Protección activa con barreras	
< 85,000		
>= 85,000	Análisis cruce a desnivel	

Protección := if $IDP < 15000$

|| "Peligrosidad Baja – Protección mínima."

else if $15000 \leq IDP < 50000$

|| "Peligrosidad Media – Protección pasiva."

else if $50000 \leq IDP < 65000$

|| "Peligrosidad Alta – Protección activa con dispositivo sonoro luminoso."

else if $65000 \leq IDP < 85000$

|| "Peligrosidad muy Alta – Protección activa con barreras."

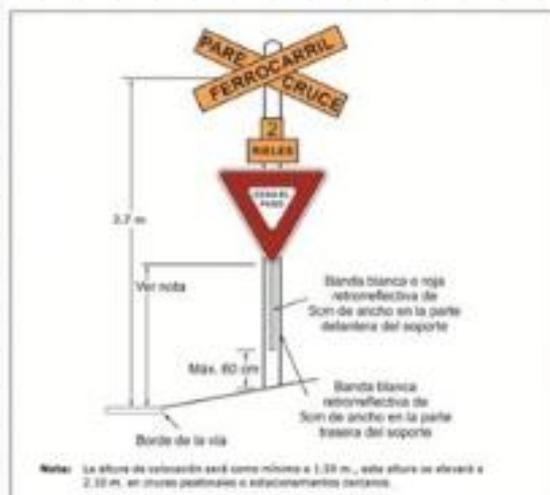
else if $IDP \geq 85000$

|| "Analizar cruce a desnivel."

Medidas de gestión de tránsito a considerar para mejorar la seguridad vial en el paso a nivel:

Protección = "Peligrosidad Media – Protección pasiva."

TIPOS DE PROTECCION :



Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito automotor para calles y carreteras. RD N° 16-2016-MTC/14.



ÍNDICE DE PELIGROSIDAD (IDP) - PASO A NIVEL OVALO PACHACUTEC II

El Índice de Peligrosidad se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$IDP = \frac{(V \cdot T)}{4 \cdot \text{sen } \phi} \times \left(\frac{1}{fv_1} + \frac{1}{fv_2} + \frac{1}{fv_3} + \frac{1}{fv_4} \right) \times (1 + \Sigma b)$$

Donde:

- IDP** = índice de peligrosidad.
- T** = cantidad de trenes en un periodo de 12 horas con mayor tráfico.
- V** = cantidad de vehículos en el periodo de 12 horas con mayor tránsito.
- fv** = coeficientes que contemplan la visibilidad de un observador colocado sobre la calle, y dirigiendo la visual hacia ambos lados de la vía férrea.
Se calcula como: $f = 1 - l/dT$, en donde dT representa una distancia en metros numéricamente igual a la distancia de visibilidad ferroviaria.
- b** = parámetros que incrementan el índice. Tiene en cuenta otros factores que también inciden en el riesgo, de acuerdo a la siguiente tabla:

Factor a considerar	b máximo
Pendiente hasta 8% sumando ambos lados	30% ----> m := 0%
Pendiente hasta 4% un solo lado	15% ----> n := 0%
Cruce angosto	10% ----> o := 10%
Calle lateral desembocando a menos de 20m del paso a nivel	15% ----> p := 15%
Carretera doble vía	10% ----> q := 10%
Vía triple	20% ----> r := 0%
Vía múltiple (más de 3 vías)	30% ----> s := 0%
Posición desfavorable respecto al sol (sol en contra)	15% ----> t := 10%

$$l_1 := 0 \quad m \quad l_2 := 69.29 \quad m \quad l_3 := 72.65 \quad m \quad l_4 := 13.35 \quad m$$

$$T := 3 \quad \text{trenes} \quad V := 3510 \quad \text{veh.} \quad v := 20 \quad \text{km/h} \quad \phi := 93.70 \quad \bullet$$

$$dT := 91$$

$$fv_1 := 1 - \frac{l_1}{dT} = 1 \quad fv_3 := 1 - \frac{l_3}{dT} = 0.202$$

$$fv_2 := 1 - \frac{l_2}{dT} = 0.239 \quad fv_4 := 1 - \frac{l_4}{dT} = 0.853$$

$$b := m + n + o + p + q + r + s + t = 0.45$$

$$IDP := \frac{T \cdot V}{4 \cdot \text{sen } (\phi)} \cdot \left(\frac{1}{fv_1} + \frac{1}{fv_2} + \frac{1}{fv_3} + \frac{1}{fv_4} \right) \cdot (1 + b)$$

$$IDP = 43310.322$$

Tipo de protección del paso a nivel en función del Índice de Peligrosidad (IDP):

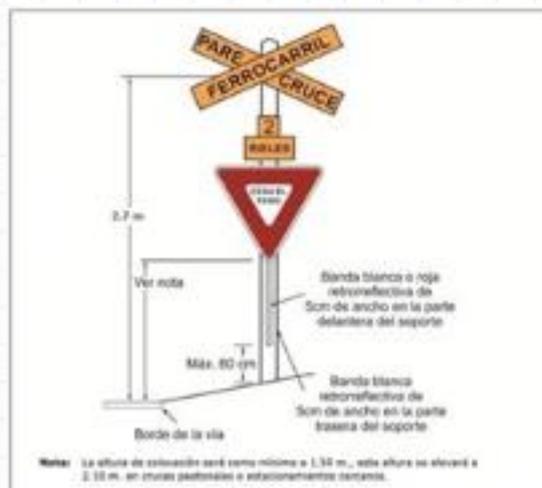
	VALOR	RECOMENDACIONES
RANGOS DE INDICE DE PELIGROSIDAD (IDP)	< 15,000	Protección mínima
	≥ 15,000	Protección pasiva
	< 50,000	
	≥ 50,000	Protección activa con dispositivos sonoro luminosos
	< 65,000	
	≥ 65,000	Protección activa con barreras
	< 85,000	
	≥ 85,000	Analizar cruce a desnivel

```
Protección := if IDP < 15000
  || "Peligrosidad Baja – Protección mínima."
else if 15000 ≤ IDP < 50000
  || "Peligrosidad Media – Protección pasiva."
else if 50000 ≤ IDP < 65000
  || "Peligrosidad Alta – Protección activa con dispositivo sonoro luminoso."
else if 65000 ≤ IDP < 85000
  || "Peligrosidad muy Alta – Protección activa con barreras."
else if IDP ≥ 85000
  || "Analizar cruce a desnivel."
```

Medidas de gestión de tránsito a considerar para mejorar la seguridad vial en el paso a nivel:

Protección = "Peligrosidad Media – Protección pasiva."

TIPOS DE PROTECCION :



Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito automotor para calles y carreteras. RD N° 16-2016-MTC/14.



ÍNDICE DE PELIGROSIDAD (IDP) - PASO A NIVEL AGUA BUENA

El Índice de Peligrosidad se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$IDP = \frac{(V \cdot T)}{4 \cdot \text{sen } \phi} \times \left(\frac{1}{fv_1} + \frac{1}{fv_2} + \frac{1}{fv_3} + \frac{1}{fv_4} \right) \times (1 + \Sigma b)$$

Donde:

IDP = índice de peligrosidad.

T = cantidad de trenes en un periodo de 12 horas con mayor tráfico.

V = cantidad de vehículos en el periodo de 12 horas con mayor tránsito.

fv_i = coeficientes que contemplan la visibilidad de un observador colocado sobre la calle, y dirigiendo la visual hacia ambos lados de la vía férrea.

Se calcula como: $f = 1 - l/dT$, en donde dT representa una distancia en metros numéricamente igual a la distancia de visibilidad ferroviaria.

b = parámetros que incrementan el índice. Tiene en cuenta otros factores que también inciden en el riesgo, de acuerdo a la siguiente tabla:

Factor a considerar	b máximo
Pendiente hasta 8% sumando ambos lados	30% ----> m = 0%
Pendiente hasta 4% un solo lado	15% ----> n = 0%
Cruce angosto	10% ----> o = 0%
Calle lateral desembocando a menos de 20m del paso a nivel	15% ----> p = 0%
Carretera doble vía	10% ----> q = 0%
Vía triple	20% ----> r = 0%
Vía múltiple (más de 3 vías)	30% ----> s = 0%
Posición desfavorable respecto al sol (sol en contra)	15% ----> t = 10%

$$l_1 := 0 \quad m \quad l_2 := 79.61 \quad m \quad l_3 := 0 \quad m \quad l_4 := 63.96 \quad m$$

$$T := 2 \quad \text{trenes} \quad V := 1250 \quad \text{veh.} \quad v := 20 \quad \text{km/h} \quad \phi := 66.50 \quad ^\circ$$

$$dT := 91$$

$$fv_1 := 1 - \frac{l_1}{dT} = 1 \quad fv_3 := 1 - \frac{l_3}{dT} = 1$$

$$fv_2 := 1 - \frac{l_2}{dT} = 0.125 \quad fv_4 := 1 - \frac{l_4}{dT} = 0.297$$

$$b := m + n + o + p + q + r + s + t = 0.1$$

$$IDP := \frac{T \cdot V}{4 \cdot \text{sen}(\phi)} \cdot \left(\frac{1}{fv_1} + \frac{1}{fv_2} + \frac{1}{fv_3} + \frac{1}{fv_4} \right) \cdot (1 + b)$$

$$IDP = 10011.84$$

Tipo de protección del paso a nivel en función del Índice de Peligrosidad (IDP):

RANGOS DE INDICE DE PELIGROSIDAD (IDP)	VALOR	RECOMENDACIONES
	< 15,000	Protección mínima
	≥ 15,000	Protección pasiva
	< 50,000	
	≥ 50,000	Protección activa con dispositivos sonoro luminosos
	< 65,000	
	≥ 65,000	Protección activa con barreras
	< 85,000	
	≥ 85,000	Analizar cruce a desnivel

```

Protección := if IDP < 15000
    || "Peligrosidad Baja – Protección mínima."
else if 15000 ≤ IDP < 50000
    || "Peligrosidad Media – Protección pasiva."
else if 50000 ≤ IDP < 65000
    || "Peligrosidad Alta – Protección activa con dispositivo sonoro luminoso."
else if 65000 ≤ IDP < 85000
    || "Peligrosidad muy Alta – Protección activa con barreras."
else if IDP ≥ 85000
    || "Analizar cruce a desnivel."
    
```

Medidas de gestión de tránsito a considerar para mejorar la seguridad vial en el paso a nivel:

Protección = "Peligrosidad Baja – Protección mínima."

TIPOS DE PROTECCION :

	<p>SEÑAL CRUCE FERROVIARIO A NIVEL SIN BARRERAS (P-42)</p> <p>Esta señal advierte al Conductor la proximidad de un cruce ferroviario a nivel sin barreras.</p>
	<p>SEÑAL DE CRUCE FERROVIARIO A NIVEL "CRUZ DE SAN ANDRÉS" (P-44)</p> <p>Esta señal advierte al Conductor la proximidad de un cruce ferroviario a nivel.</p>
	<p>SEÑAL DE CRUCE FERROVIARIO A NIVEL "CRUCE OBLICUO" (P-44A)</p> <p>Esta señal advierte al Conductor la proximidad de un cruce ferroviario oblicuo a nivel.</p>

Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito automotor para calles y carreteras. RD N° 16-2016-MTC/14.



INDICE DE PELIGROSIDAD (IDP) - PASO A NIVEL VIA DE EVITAMIENTO

El Índice de Peligrosidad se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$IDP = \frac{(V \cdot T)}{4 \cdot \text{sen } \phi} \times \left(\frac{1}{fv1} + \frac{1}{fv2} + \frac{1}{fv3} + \frac{1}{fv4} \right) \times (1 + \sum b)$$

Donde:

IDP = índice de peligrosidad.

T = cantidad de trenes en un periodo de 12 horas con mayor tráfico.

V = cantidad de vehículos en el periodo de 12 horas con mayor tránsito.

fv = coeficientes que contemplan la visibilidad de un observador colocado sobre la calle, y dirigiendo la visual hacia ambos lados de la vía férrea.

Se calcula como: $f = 1 - l/dT$, en donde dT representa una distancia en metros numéricamente igual a la distancia de visibilidad ferroviaria.

b = parámetros que incrementan el Índice. Tiene en cuenta otros factores que también inciden en el riesgo, de acuerdo a la siguiente tabla:

Factor a considerar	b máximo
Pendiente hasta 8% sumando ambos lados	30% ----> m := 0%
Pendiente hasta 4% un solo lado	15% ----> n := 0%
Cruce angosto	10% ----> o := 0%
Calle lateral desembocando a menos de 20m del paso a nivel	15% ----> p := 0%
Carretera doble vía	10% ----> q := 0%
Vía triple	20% ----> r := 0%
Vía múltiple (más de 3 vías)	30% ----> s := 0%
Posición desfavorable respecto al sol (sol en contra)	15% ----> t := 10%

$$l_1 := 0 \quad m \quad l_2 := 0 \quad m \quad l_3 := 0 \quad m \quad l_4 := 48.91 \quad m$$

$$T := 2 \quad \text{trenes} \quad V := 1250 \quad \text{veh.} \quad v := 20 \quad \text{km/h} \quad \phi := 79.40^\circ$$

$$dT := 91$$

$$fv_1 := 1 - \frac{l_1}{dT} = 1 \quad fv_3 := 1 - \frac{l_3}{dT} = 1$$

$$fv_2 := 1 - \frac{l_2}{dT} = 1 \quad fv_4 := 1 - \frac{l_4}{dT} = 0.463$$

$$b := m + n + o + p + q + r + s + t = 0.1$$

$$IDP := \frac{T \cdot V}{4 \cdot \text{sen}(\phi)} \cdot \left(\frac{1}{fv_1} + \frac{1}{fv_2} + \frac{1}{fv_3} + \frac{1}{fv_4} \right) \cdot (1 + b)$$

$$IDP = 3610.51$$



Tipo de protección del paso a nivel en función del Índice de Peligrosidad (IDP):

RANGOS DE INDICE DE PELIGROSIDAD (IDP)	VALOR	RECOMENDACIONES
	< 15,000	Proteccion mínima
	>= 15,000	Proteccion pasiva
	< 50,000	
	>= 50,000	Proteccion activa con dispositivos sonoro luminosos
	< 65,000	
	>= 65,000	Proteccion activa con barreras
	< 85,000	
	>= 85,000	Analizar cruce a desnivel

Protección := if $IDP < 15000$

```

    || "Peligrosidad Baja – Protección mínima."
else if  $15000 \leq IDP < 50000$ 
    || "Peligrosidad Media – Protección pasiva."
else if  $50000 \leq IDP < 65000$ 
    || "Peligrosidad Alta – Protección activa con dispositivo sonoro luminoso."
else if  $65000 \leq IDP < 85000$ 
    || "Peligrosidad muy Alta – Protección activa con barreras."
else if  $IDP \geq 85000$ 
    || "Analizar cruce a desnivel."

```

Medidas de gestión de transito a considerar para mejorar la seguridad vial en el paso a nivel:

Protección = "Peligrosidad Baja – Protección mínima."

TIPOS DE PROTECCION :

<p>SEÑAL CRUCE FERROVIARIO A NIVEL SIN BARRERAS (P-42)</p> 	<p>Esta señal advierte al Conductor la proximidad de un cruce ferroviario a nivel sin barreras.</p>
<p>SEÑAL DE CRUCE FERROVIARIO A NIVEL "CRUZ DE SAN ANDRÉS" (P-44)</p> 	<p>Esta señal advierte al Conductor la proximidad de un cruce ferroviario a nivel.</p>
<p>SEÑAL DE CRUCE FERROVIARIO A NIVEL "CRUCE OBLICUO" (P-44A)</p> 	<p>Esta señal advierte al Conductor la proximidad de un cruce ferroviario oblicuo a nivel.</p>

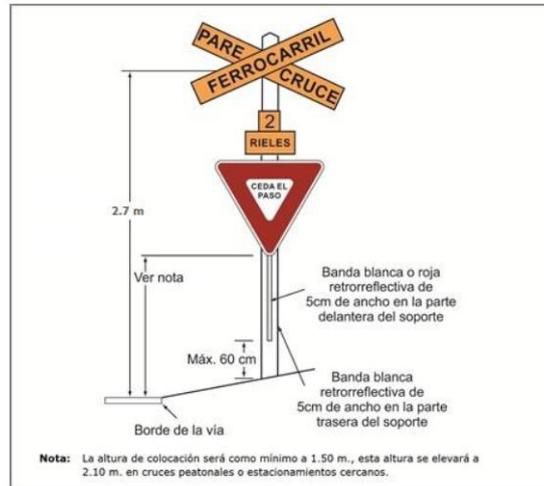
Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Transito automotor para calles y carreteras. RD N° 16-2016-MTC/14.

4.3.3. Tipos de protección según el Índice de Peligrosidad (IDP)

Protección pasiva:

Consiste en una señalización estándar; son fijas y no emiten ningún tipo de iluminación o movimiento para advertir la presencia cercana de los trenes. Normalmente estas señales se usan cuando existe un bajo tráfico de trenes, y este tránsito ferroviario es a baja velocidad.

Fig. 24: Protección pasiva poste de señalización ferroviaria estándar.



Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Transito automotor para calles y carreteras. RD N° 16-2016-MTC/14

Protección activa:

Este tipo de protección es manipulada por un personal autorizado, también puede ser remotamente o con un sistema automatizado. Este tipo de señalización utiliza sensores de advertencia para detectar el acercamiento de los trenes, y se utilizan con un flujo de tráfico medio-alto o a una alta velocidad.

Fig. 25: Protección activa poste de señalización ferroviaria estándar con luces y sonidos adicionales intermitentes.

Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Transito automotor para calles y carreteras. RD N° 16-2016-MTC/14.

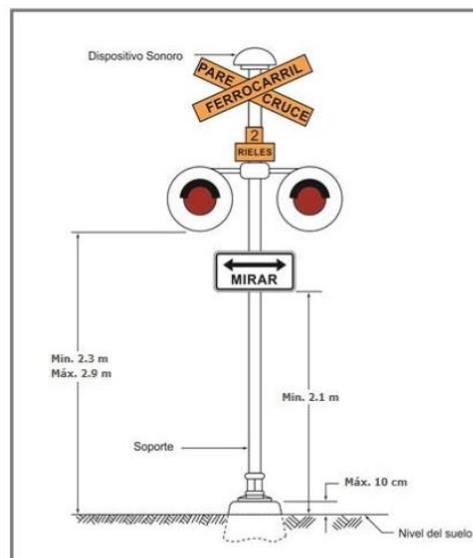
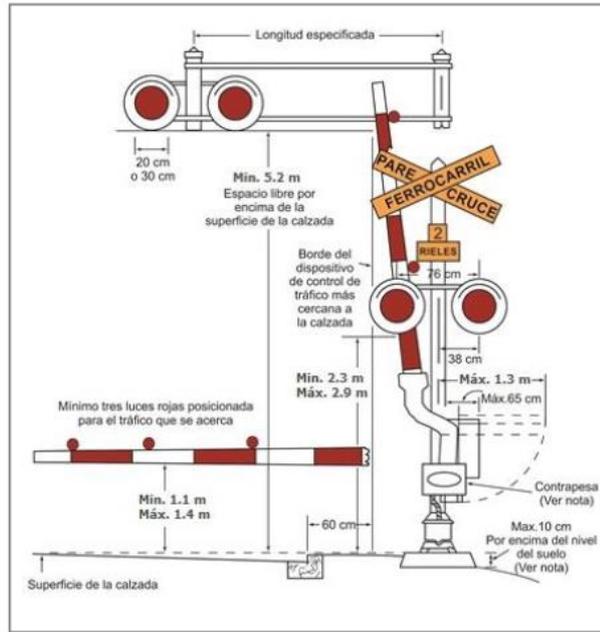


Fig. 26: Protección activa poste de señalización ferroviaria estándar con luces y sonidos adicionales intermitentes y 2 barreras automáticas.



Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Transito automotor para calles y carreteras. RD N° 16-2016-MTC/14

Protección mínima:

Este tipo de protección es conocida como señalización preventiva y esta referida a lo siguiente:

Fig. 27: Protección activa poste de señalización ferroviaria

<p>SEÑAL CRUCE FERROVIARIO A NIVEL SIN BARRERAS (P-42)</p>	<p>Esta señal advierte al Conductor la proximidad de un cruce ferroviario a nivel sin barreras.</p>
<p>SEÑAL DE CRUCE FERROVIARIO A NIVEL "CRUZ DE SAN ANDRÉS" (P-44)</p>	<p>Esta señal advierte al Conductor la proximidad de un cruce ferroviario a nivel.</p>
<p>SEÑAL DE CRUCE FERROVIARIO A NIVEL "CRUCE OBLICUO" (P-44A)</p>	<p>Esta señal advierte al Conductor la proximidad de un cruce ferroviario oblicuo a nivel.</p>

Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Transito automotor para calles y carreteras. RD N° 16-2016-MTC/14



5. CAPITULO 5:

DISCUSION

5.1. Descripción de los hallazgos más relevantes y significativos

En base a los resultados obtenidos, en el presente trabajo de investigación, se puede aseverar que existe correlación positiva entre el IDP (índice de peligro) y el porcentaje (%) de incidencia de la pendiente con p-valor “sig.(bilateral)” = $0,000 < 0.05$; con una correlación de Rho de Spearman equivalente a 0.269 definiéndose como una correlación positiva débil. Además, mediante la estadística de prueba y la distribución t-student con n-2 grados de libertad se determinó que esta correlación es lineal $p = 0.269$, concluyéndose que existe estadística suficiente que el coeficiente de correlación es diferente de cero ($p \neq 0$).

Para analizar la relación que existe entre estas dos variables y medir cuan dependientes son entre sí, se calculó el coeficiente de correlación de Pearson, también llamado R de Pearson, este cálculo estadístico mide la fuerza de las relaciones de dos variables. Este coeficiente de correlación de Pearson hallado es: 0.3392. Concluyéndose lo siguiente:

- El signo nos indica la dirección de la relación, al ser un valor positivo podemos determinar que la relación es directa o positiva.
- La correlación positiva se da cuando al aumentar una de las variables la otra también aumenta. Es decir, cuando se aumenta el porcentaje (%) de incidencia de la pendiente el IDP (índice de peligrosidad) también aumenta.
- El cambio de una variable es directamente proporcional al cambio de la otra variable ya que la correlación es positiva.

También, se puede aseverar que existe una correlación negativa entre el IDP (índice de peligro) y el ángulo de cruce de los pasos a nivel con p-valor “sig.(bilateral)” = $0,000 < 0.05$; con una correlación de Rho de Spearman equivalente a -0.576 interpretándose como correlación negativa moderada. Así mismo, mediante la estadística de prueba y la distribución t-student con n-2 grados de libertad se determinó que esta correlación es lineal $p = -0.576$, concluyéndose también existe estadística suficiente que el coeficiente de correlación es diferente de cero ($p \neq 0$).



Con el propósito de analizar la relación que existe entre estas dos variables y medir cuan dependientes son entre sí, se calculó el coeficiente de correlación de Pearson, también llamado R de Pearson, este cálculo estadístico mide la fuerza de las relaciones de dos variables. Este coeficiente de correlación de Pearson hallado es: -0.5693. Concluyéndose lo siguiente:

- El signo nos indica la dirección de la relación, al ser un valor negativo podemos determinar que la relación es indirecta, inversa o negativa.
- La correlación inversa se da cuando al aumentar una de las variables la otra disminuye. Es decir, cuando se aumenta el ángulo de cruce \emptyset el IDP (índice de peligrosidad) disminuye.
- El cambio de una variable es inversamente proporcional al cambio de la otra variable ya que la correlación es negativa.

5.2. Limitaciones del estudio

Las limitaciones para la elaboración de este trabajo fueron las siguientes:

No existe marco normativo, técnico y legal vigente en nuestro país que considere algún procedimiento para analizar y evaluar las condiciones de seguridad vial de los pasos a nivel y que nos ayude a proponer soluciones técnicas que mejore la operatividad y seguridad de esta infraestructura vial, estableciendo de manera razonada un estándar de protección de pasos a nivel.

Falta de información técnica y normativa que se enfoque en el análisis de la seguridad vial de los pasos a nivel con líneas férreas.

5.3. Comparación crítica con la literatura existente

En nuestro País, contamos con el Reglamento Nacional de Ferrocarriles D.S N.º 032-2005-MTC, con las Normas y Especificaciones Técnicas para el Diseño de vías férreas en el Perú aprobado mediante R.M N.º 0231-78-TC/TE, con el Reglamento Nacional del Sistema Eléctrico de Transporte de Pasajeros en vías férreas que formen parte del Sistema Ferroviario Nacional D.S N.º 039-2010-MTC, tenemos también la Directiva N.º 01-2007-MTC/14 referida a los Estándares Mínimos de Seguridad para Vías Férreas de Trocha de 914 Milímetros y la Directiva N.º 02-2006-MTC/14 que regula los procedimientos a seguir por las organizaciones ferroviarias para la adecuación de las normas previstas en el reglamento nacional de ferrocarriles; dentro de todo este marco normativo y legal vigente en nuestro país no se considera ningún procedimiento para analizar y evaluar las



condiciones de seguridad vial de los pasos a nivel que nos ayude a proponer ajustes normativos y técnicos que mejore la operatividad y seguridad de esta infraestructura vial, estableciendo de manera razonada un estándar de protección de cruces en función del Índice de Peligrosidad.

Este vacío también podemos encontrar en el Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras aprobado mediante R.D N.º 16-2016-MTC/14 y en el Manual de Seguridad Vial R.D N.º 19-2016-MTC/14

5.4. Implicancias del estudio

Las implicaciones del presente trabajo de investigación pueden agruparse en: (a) implicaciones académicas, tanto para los estudiantes de la facultad de ingeniería civil; y (b) implicaciones prácticas para los profesionales responsables de proponer soluciones técnicas en la rama de la Ingeniería de Transportes, Ingeniería de Tránsito e Ingeniería Civil.

Desde un punto de vista práctico, las conclusiones de esta investigación permiten la toma de decisiones técnicas para garantizar la seguridad en los pasos a nivel, mediante el uso de una metodología técnicamente aplicable.

Esta metodología representa un aporte técnico para los profesionales de la Ingeniería de Transportes, Ingeniería de Tránsito e Ingeniería Civil encargados de la planificación, diseño, operación y administración del tránsito, vialidad y transporte de las ciudades.



CONCLUSIONES

Conclusion n° 1:

Se logro la hipótesis general, si es posible con la aplicación de políticas y técnicas de seguridad vial y mediante una metodología secuencial, lograr mejorar la seguridad vial en los pasos a nivel con líneas férreas reflejándose en la reducción del índice de peligrosidad referente a los accidentes de tránsito.

Conclusion n° 2:

Mediante nuestro análisis se demostro la sub hipotesis y se concluye que la seguridad vial se ve influenciada por la correlación existente entre los factores de peligro y las condiciones de diseño geométrico que determinan el índice de peligrosidad.

Conclusion n° 3:

Se demostro, que la evaluación y analisis de los factores de peligro como son los parámetros geométricos, velocidad de los trenes, velocidad promedio del tránsito vehicular, volúmenes de tránsito vehicular, distancia de visibilidad contribuyen a la seguridad vial y reducen los índices de peligro.

Conclusion n° 4:

El aporte de este trabajo a nivel de metodologia contribuye con el plateamiento de procedimientos secuenciales usando criterios tecnicos y estandares normativos para evaluar la seguridad vial en los pasos a nivel con lineas ferreas. Con esta investigacion se plantea la aplicación de conceptos y procesos técnicos mediante una metodología integral para reducir los índices de peligrosidad y mejorar la seguridad vial en los pasos a nivel con líneas férreas.

A nivel nacional no se cuenta con una norma, reglamento u otro documento técnico legal que plantee una metodología para evaluar y mejorar la seguridad vial de este tipo de infraestructura, ante esta necesidad, este trabajo tiene una utilidad metodologica en cuanto a la originalidad del instrumento de recoleccion, ya que fue diseñada con el proposito de aportar con un procedimiento que sustente el tipo de señaletica e intervencion para reducir los índices de peligrosidad en este tipo de infraestructura vial.



SUGERENCIAS

Sugerencia n° 1:

Se sugiere a todos los profesionales de la rama de la Ingeniería de Transportes, Ingeniería de Tránsito e Ingeniería Civil, tomar como referencia esta metodología propuesta, porque establece los requisitos mínimos de seguridad que debe cumplir un paso a nivel ferroviario, tomando en consideración que en un paso a nivel confluyen dos tránsitos muy diferentes: el tránsito ferroviario, más pesado y con menor capacidad de frenado, y el tránsito vehicular, más vulnerable, pero con mejor capacidad de maniobra. Por lo tanto, la presente tesis procura brindar al tránsito vehicular todos los elementos necesarios para prevenir cualquier riesgo de colisión.

Sugerencia n° 2:

Se sugiere a los profesionales involucrados en el transporte y vialidad, utilizar la metodología propuesta en esta tesis, ya que proporciona una herramienta y metodología técnica cuyo procedimiento permite evaluar los niveles de seguridad vial en los pasos a nivel ferroviarios; con la aplicación de esta metodología se logra reducir los índices de peligrosidad en este tipo de infraestructura vial.

Sugerencia n° 3:

Esta investigación se enfoca en el análisis de la seguridad vial de los pasos a nivel con líneas férreas, proponiendo la medición de un índice de peligrosidad (IDP) cuantificando factores, los cuales se consideran en una sola fórmula de cálculo. Se sugiere el uso de esta metodología porque cuantifica de manera numérica la peligrosidad de un paso a nivel.

Sugerencia n° 4:

Se recomienda el uso de la metodología propuesta, porque es aplicable a cualquier paso a nivel ferroviario y con todo tipo de vías de circulación de vehículos, siempre y cuando se presenten a un mismo nivel. Estas vías de circulación pueden ser vías urbanas como vías expresas, vías arteriales, vías colectoras, vías locales, caminos departamentales, caminos vecinales, vía de acceso a establecimientos, etc. No comprende pasajes peatonales.



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- American Association of state highway and Transportation officials (2004). *Geometric Design of highways and streets*. [Estados Unidos de América].
- Brent D. Ogden, Korve Engineering. Federal Highway Administration (2007). *Railroad-Highway Grade Crossing Handbook*. Washington. [Estados Unidos de América. Revised Second].
- Directiva que Regula los Procedimientos a seguir por las Organizaciones Ferroviarias para la adecuación de las Normas Previstas en el Reglamento Nacional de Ferrocarriles (2006) *Resolución Directoral n° 033-2006-MTC/14*.
- Estándares Mínimos de Seguridad para Vías Férreas de Trocha de 914 milímetros (2007) *Directiva n° 01-2007-MTC/14*.
- León Rodríguez C. (2010) *Transporte Ferroviario*. Montevideo Uruguay.
- Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras (2016) *Resolución Directoral n° 16-2016-MTC/14*.
- Manual de Seguridad Vial (2016) *Resolución Directoral n° 19-2016-MTC/14*.
- Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. Libra Ingenieros Consultores (2008). *Análisis de la Seguridad en el Transporte Ferroviario*. Santiago. [Chile].
- Normas y Especificaciones Técnicas para el Diseño de Vías Férreas en el Perú (1978) *Resolución Ministerial n° 0231-78-TC/TE*.
- Renata do Carmo (2006). *Método para evaluación de cruces a nivel*. Rio de Janeiro. [Brasil].
- Administrador de Infraestructuras Ferroviarias ADIF. (2005). *Pasos a Nivel*. Madrid. [España].
- Reglamento Nacional de Ferrocarriles (2005) *Anexo Decreto Supremo n° 032-2005-MTC*.
- Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-1 (2011). [Quito Ecuador].
- Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2 (2011). [Quito Ecuador].



Reglamento Nacional del Sistema Eléctrico de Transporte de Pasajeros en Vías Férreas que formen parte del sistema Ferroviario Nacional (2010) *Decreto Supremo n° 039-2010-MTC*.

Texto Único Ordenado del Reglamento Nacional de Tránsito (2009) *Decreto Supremo n° 016-2009-MTC*.



ANEXOS:

A. DECLARACION DE ORIGINALIDAD

Yo, Herbert Jesús Zevallos Guzmán en mi condición egresado de la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina del Cusco, Maestría Ingeniería Civil con Mención en Transportes, identificado con DNI N° 238939068, dejo constancia que el tema de la tesis que elabore y que lleva por título: “Metodología para evaluar la seguridad vial en los pasos a nivel con líneas férreas, para reducir los índices de peligrosidad” es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis ha sido elaborado por mi persona y no existe plagio/copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación presentado por otra persona natural o jurídica ante instituciones académicas.

Hago constar, que las citas creadas por otros autores han sido debidamente identificadas en la presente tesis, por lo que no asumo como mías las opiniones vertidas por terceros.

En caso de irregularidades de esta declaración, me someteré a lo dispuesto en el estatuto y reglamento de la Universidad Andina del Cusco y las disposiciones legales vigentes.

Cusco, 02 de noviembre del 2022.



B. MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLES DEPENDIENTES
¿Cuál debe ser la metodología, para evaluar el nivel de seguridad vial en los pasos a nivel con líneas férreas y reducir los índices de peligrosidad?	Plantear la aplicación de conceptos y procesos técnicos mediante una Metodología Integral para reducir los índices de peligrosidad y mejorar la Seguridad Vial en los pasos a nivel con líneas férreas.	Con la aplicación de políticas y técnicas de seguridad vial aplicadas mediante una metodología secuencial, se logra mejorar la seguridad vial en los pasos a nivel con líneas férreas reflejándose en la reducción del índice de peligrosidad referente a los accidentes de tránsito.	Índices de Peligrosidad
PROBLEMA ESPECIFICO	OBJETIVO ESPECIFICO	HIPOTESIS ESPECIFICA	VARIABLE INDEPENDIENTE
¿Cómo estudiar la accidentalidad en un paso a nivel con líneas férreas en operación para identificar las zonas críticas y zonas con mayor severidad para mejorar la seguridad vial?	Evaluar la accidentalidad en un paso a nivel con líneas férreas para determinar zonas críticas y zonas con mayor severidad propensas a accidentes, considerando los factores de peligro y las condiciones de diseño geométrico.	La seguridad vial se ve influenciada por la correlación existente entre los factores de peligro y las condiciones de diseño geométrico que determinan el índice de peligrosidad.	Seguridad Vial
¿Qué factores de peligro se deben evaluar para mejorar la seguridad vial en los pasos a nivel en líneas férreas?	Determinar los factores de peligro cuyo acontecimiento e incidencia en mayor o menor medida intervienen e influyen en la ocurrencia y probabilidad de que se presenten accidentes de tránsito en un paso a nivel con línea férrea y con ello plantear la mejora de la seguridad vial.	La evaluación de los factores de peligro como son los parámetros geométricos, velocidad de los trenes, velocidad promedio del tránsito vehicular, volúmenes de tránsito vehicular, distancia de visibilidad contribuyen a la seguridad vial y reducen los índices de peligro.	
¿Qué medidas de gestión de tránsito se deben de tomar en consideración para mejorar la seguridad vial en los pasos a nivel en líneas férreas?	Plantear medidas de gestión de tránsito que se deben considerar para mejorar la seguridad vial en los pasos a nivel en líneas férreas, como señalización vertical, señalización horizontal, sistemas sonoro luminosos, semáforos, líneas de pare, barreras y otros.	La implementación de medidas de gestión de tránsito en seguridad vial contribuye a la reducción de los índices de peligrosidad.	
¿Qué factores que consideran las condiciones del diseño geométrico se deben evaluar para mejorar la seguridad vial en un paso a nivel en líneas férreas?	Evaluar factores del diseño geométrico como ángulo de cruce, pendiente o gradiente de los pasos a nivel, número de carriles y otros parámetros geométricos que se deben mejorar o rediseñar para optimizar la circulación vehicular en un paso a nivel en líneas férreas.	El cambio en la geometría e infraestructura mejora la seguridad vial y reduce los índices de peligrosidad.	



C. MATRIZ DE INSTRUMENTOS.

TIPO DE VARIABLE	DENOMINACION DE LA VARIABLE	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Variable Independiente	Seguridad Vial	Parámetros geométricos Velocidad de los trenes Velocidad de los vehículos Distancia de visibilidad de parada Distancia de visibilidad de parada total Distancia de visibilidad ferroviaria Distancia de visibilidad de cruce	Formatos de recolección de información Hojas de calculo Observación de campo Levantamiento Topográfico Formatos de aforos vehiculares Formatos de aforos peatonales
		Número de carriles Numero de vías Angulo de cruce entre la vía férrea Gradiente del camino Ancho de calzada Rampa de acceso al cruce	Levantamiento Topográfico Fichas de características geométricas Hojas de calculo Formatos de recolección de información
Variable Dependiente	Índices de Peligrosidad	Nivel de Peligrosidad Baja Nivel de Peligrosidad Media Nivel de Peligrosidad Alta Nivel de Peligrosidad muy Alta	Hojas de calculo Formatos de recolección de información Observación de campo



D. INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS.

a. Ficha de aforo vehicular

Nos ayuda a determinar el número de vehículos que transitan en los pasos a nivel con líneas ferroviarias en intervalos de tiempo determinados, y de esta manera poder clasificarlos.

PASO A NIVEL:		ESTACIÓN																	
SENTIDO		DÍA																	
OPERADOR		FECHA																	
HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER				
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
7-8																			
8-9																			
9-10																			
10-11																			
11-12																			
12-13																			
13-14																			
14-15																			
15-16																			
16-17																			
17-18																			
18-19																			
19-20																			
20-21																			
21-22																			
22-23																			
23-00																			
0-1																			
1-2																			
2-3																			
3-4																			
4-5																			
5-6																			
6-7																			
TOTAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia



b. Ficha de aforo peatonal

Los aforos peatonales nos ayudaron a determinar el número de peatones y sentidos de circulación en intervalos de tiempo determinado.

 	<p>TESIS: "METODOLOGIA PARA EVALUAR LA SEGURIDAD VIAL EN LOS PASOS A NIVEL CON LINEAS FERREAS PARA REDUCIR LOS INDICES DE PELIGROSIDAD".</p> <p>Formato de aforo vehicular</p>
PASO A NIVEL:	
SENTIDO:	
FECHA:	

HORA	TREN DE VIAJEROS	TREN DE MERCANCIAS	VEHICULO DE MANTENIMIENTO
			
7-8			
8-9			
9-10			
10-11			
11-12			
12-13			
13-14			
14-15			
15-16			
16-17			
17-18			
18-19			
19-20			
20-21			
21-22			
22-23			
23-00			
0-1			
1-2			
2-3			
3-4			
4-5			
5-6			
6-7			
TOTAL	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

c. Relevamiento planialtimétrico (planos levantamiento topográfico)

Es un procedimiento topográfico que determina la situación planialtimétrica del paso a nivel con líneas férreas que se evalúa. El objetivo de este procedimiento es la ejecución de un levantamiento topográfico. En la actualidad, éste trabajo y recolección de datos se determina a partir de la utilización de equipos convencionales como Teodolito, Estación Total o en algunos casos, a partir de tecnologías de posicionamiento satelital GPS y/o Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT).

Este procedimiento, nos permite realizar un inventario vial mediante levantamiento topográfico realizado en campo considerando una serie de características que se detallan en los planos adjuntos a este documento en la parte final.

Fig. 28: Relevamiento planialtimétrico.





E. VALIDACION DE INSTRUMENTOS.



METROLOGÍA E INGENIERÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACION

CLA-0110- 2021

Página 1 de 2
Fecha de Emisión 2021-04-25

OT
Expediente 0445-2021
1.- CLIENTE 0644-2021
Dirección INGEOTEST CONTRATISTAS Y CONSULTORES EIRL
AV. 28 DE JULIO H2-1, TERCER PARADERO DE URB. TTIO
DISTRITO WANCHAC, PROVINCIA CUSCO, DEPARTAMENTO CUSCO.

2.- INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : ESTACION TOTAL ELECTRÓNICO
Marca SHOUT GTS Alcance Horizontal De 0° a 360°
Modelo DT5A Alcance Vertical De 0° a 90°
Número de serie 080632 Resolución 1"
Código EQ 132230

3.- DE LA CALIBRACIÓN
Fecha : 2021-04-25
Lugar : Laboratorio de Calibraciones de INGEOTEST EIRL.

4.- METODO DE CALIBRACIÓN
El control y calibración de ángulos se constatan con un nivel colimador KERN GK-23-FB1090A con telescopio 30X cuyo retículo enfocado al infinito el grosor de sus trazos esta dentro de 01"
Colimador KERN NK-3 con telescopio 30X grosor del retículo enfocado al infinito sus trazos estan dentro de 01"
Las distancias son medidas con ESTACION TOTAL con base fijada en la pared y el prisma estacionado sobre un tripode con baston centrador en cada punto de control establecido
La norma de desviacion estandar es: ISO 9001 / JISQ-9001 / 2000

5.- PATRONES DE REFERENCIA

INSTRUMENTO	MARCA / MODELO	Nº DE CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
Regla metálica	MITUTOYO 182-309	LLA-326-2017	INACAL-DM
Bloque patrón angular	INSIZE 4109-7A	LLA-056-2018	INACAL-DM
Termohigrómetro digital	TRACEABLE 4087	LH-023-2018	INACAL-DM

6.- CONDICIONES AMBIENTALES

	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	20.0 °C	20.2 °C
HUMEDAD RELATIVA	61,8 %	62,7 %

7.- OBSERVACIONES

- Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran a partir de la página 02 del presente documento.
- Los resultados expresados en este certificado son válidos únicamente para la unidad ensayada, no siendo extensivos a otras unidades aun cuando fueran del mismo tipo y lote.
- Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.

Ing. Milton Mamani Nuñez
Gerencia Técnica