

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“INCIDENCIA DE REDES NEURONALES PARA LA EVALUACIÓN
ESTRUCTURAL Y FUNCIONAL DE LA CARPETA ASFÁLTICA”**

Línea de Investigación institucional:

Nuevas tecnologías y procesos

PRESENTADO POR:

Bach: PEÑALOZA BUSTAMANTE, JUL ANDERLI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

Huancayo - Perú

2020

Hoja de conformidad de los jurados

DR. CASIO AURELIO TORRES LÓPEZ
DECANO

ING. VLADIMIR ORDOÑEZ CAMPOSANO
JURADO

ING. CHRISTIAN MALLAUPOMA REYES
JURADO

ING. LUIS FABIAN BRAÑEZ
JURADO

MG. MIGUEL ANGEL CARLOS CANALES
SECRETARIO DOCENTE

ASESOR:

ING. JUAN JOSE BULLÓN ROJAS

Dedicatoria:

Esta tesis va dedicado especialmente a mi madre Jenny Bustamante Sánchez, quien por su amor a lo largo de mi vida ha velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento, depositando su entera confianza en cada reto que se me acontece y a mi padre Juan Suarez por haberme forjado mi camino, guiado por el sendero correcto y que siempre me seguirán apoyando en mi vida profesional.

Agradecimiento:

A Dios, porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar con las metas que me he propuesto.

A mi asesor externo en tesis Mg. Ing Jesús I. Cárdenas Capcha quien me oriento en la elaboración de la presente tesis, también a todos los ingenieros y aquellas personas que hicieron lo posible para culminar esta tesis de investigación.

Contenidos

Dedicatoria:	iv
Agradecimiento:	v
Contenidos	vi
Índice de tablas	viii
Índice de figuras	x
Índice de anexo	xi
Resumen	xii
Abstract	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO I	16
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.1. Descripción de la realidad del problema.	16
1.2. Formulación y sistematización del problema.	16
1.2.1. Problema general	16
1.2.2. Problemas específicos	16
1.3. Justificación.....	17
1.3.1. Práctica o social.....	17
1.3.2. Metodológica.....	17
1.4. Delimitación	18
1.4.1. Espacial	18
1.4.2. Temporal	19
1.4.3. Económica.....	19
1.5. Limitaciones	19
1.5.1 De información:.....	19
1.5.2 Económica:.....	19
1.6. Objetivos	19
1.6.1. Objetivo general	19
1.6.2. Objetivos específicos.....	19
CAPÍTULO II	20
MARCO TEÓRICO	20
2.1. Antecedentes del estudio	20
2.1.1. Internacionales.....	20
2.1.2. Nacionales.	21
2.2. Marco conceptual	24
2.2.1. Redes neuronales artificiales – (RNA).....	24
2.2.2. Pavimentos flexibles.....	25
2.2.3. Evaluación estructural.....	27
2.2.4. Evaluación funcional.....	27
2.3. Definición de términos	28
2.4. Hipótesis.....	29
2.4.1. Hipótesis general	29
2.4.2. Hipótesis específicas	29
2.5. Variables.....	29
2.5.1. Definición conceptual de la variable.	30
2.5.2. Definición operacional de la variable.....	31
2.5.3. Operacionalización de las variables.	33
CAPÍTULO III	34
METODOLOGÍA	34

3.1. Método de la investigación	34
3.2. Tipo de investigación	34
3.3. Nivel de la investigación	34
3.4. Diseño de investigación	34
3.5. Población y muestra	35
3.5.1. Población.....	35
3.5.2. Muestra.....	35
3.6. Técnicas e instrumentos para análisis en recolección de datos.....	36
3.7. Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos.	37
CAPÍTULO IV	39
RESULTADOS	39
4.1. Análisis e interpretación de los resultados.	39
4.1.1. Localización de la vía a evaluar.	39
4.1.2. Características, identificación, descripción en procedimientos técnicos.	40
4.2. Resultados de gabinete, obtenidos por los ensayos de laboratorio.....	48
4.2.1. Presentación de resultados de la variable dependiente:.....	48
4.2.2. Presentación de resultados de la variable independiente:	52
4.3. Procesamiento estadístico de los datos:.....	57
4.3.1. Estadísticos de la variable independiente: evaluación estructural.....	57
4.3.2. Estadísticos de la variable dependiente: evaluación funcional	59
4.4. Contratación de pruebas de hipótesis.....	61
4.4.1. Pruebas de hipótesis específicas.....	61
4.4.2. Prueba de hipótesis general.	69
CAPÍTULO V	78
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	78
CONCLUSIONES	80
RECOMENDACIONES	81
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
ANEXOS	84

Índice de tablas

Tabla N° 1 Evaluación de la condición global de pavimentos flexibles.	27
Tabla N° 2 Cuadro de la definición conceptual de las variables.....	30
Tabla N° 3 variable Evaluación estructural.....	31
Tabla N° 4 variable Evaluación funcional	32
Tabla N° 5 Cuadro de la definición operacional de las variables	33
Tabla N° 6 Resumen de población evaluada.....	35
Tabla N° 7 Número de muestras por cada ensayo.....	36
Tabla N° 8 Datos generales de la vía en estudio	39
Tabla N° 9 Calculo de deflexiones de un pavimento.	49
Tabla N° 10 Mezclas bituminosas en prensa Marshall	51
Tabla N° 11 Resumen de mezclas bituminosas.....	52
Tabla N° 12 Resumen del índice de condición del pavimento.....	53
Tabla N° 13 Índice de condición del pavimento.	54
Tabla N° 14 Índice de serviciabilidad del pavimento	54
Tabla N° 15 Índice de rugosidad del pavimento	55
Tabla N° 16 Resumen de datos de la variables de evaluación estructural y evaluación funcional.	56
Tabla N° 17 Estadístico categórico de la calificación de la deflectometría	57
Tabla N° 18 Calificación de resistencia de MAC	58
Tabla N° 19 Estadísticos numéricos de deflexión máxima, radio de curvatura, estabilidad corregida Marshall, flujo Marshall, espesor de carpeta asfáltica.	58
Tabla N° 20 Calificación del índice de condición del pavimento.	59
Tabla N° 21 Calificación del índice de regularidad internacional	60
Tabla N° 22 Calificación del índice de serviciabilidad del pavimento	60
Tabla N° 23 Estadístico numérico.....	61
Tabla N° 24 Prueba estadísticas de las sub variables.....	62
Tabla N° 25 Prueba T de Student para evaluar las variables.	62
Tabla N° 26 Pruebas estadísticas de muestras emparejadas para las sub variables índice de regularidad internacional.....	63
Tabla N° 27 Prueba T de Student para las sub variables.....	63
Tabla N° 28 Prueba estadísticas de muestras emparejadas para las sub variables índice de condición del pavimento.	64
Tabla N° 29 Prueba T de Student para las sub variables.....	64
Tabla N° 30 Correlación de Pearson entre las Sub Variables de Deflexión Máxima y Índice de Condición del Pavimento	65
Tabla N° 31 Correlación de pearson entre las sub variables de índice de condición del pavimento y radio de curvatura.	66
Tabla N° 32 Correlación de Pearson entre las Sub Variables de Índice de Condición del Pavimento y Estabilidad Corregida Marshall.....	66
Tabla N° 33 Correlación de Pearson entre las Sub Variables de Índice de Condición del Pavimento y Flujo Marshall.	66
Tabla N° 34 Correlación de Pearson entre las Sub Variables de Índice de Regularidad Internacional del Pavimento y Deflexión Máxima.....	66
Tabla N° 35 Correlación de Pearson entre las Sub Variables de Índice de Regularidad Internacional del Pavimento y Radio de Curvatura.....	67

Tabla N° 36	Correlación de Pearson entre las Sub Variables de Índice de Regularidad Internacional del Pavimento y Estabilidad Corregida Marshall.....	67
Tabla N° 37	Correlación de Pearson entre las Sub Variables de Índice de Regularidad Internacional del Pavimento y Flujo Marshall	67
Tabla N° 38	Correlación de Pearson entre las Sub Variables de Índice de Serviciabilidad del Pavimento y Deflexión Máxima	68
Tabla N° 39	Correlación de Pearson entre las Sub Variables de Índice de Serviciabilidad del Pavimento y Radio de Curvatura	68
Tabla N° 40	Correlación de Pearson entre las Sub Variables de Índice de Serviciabilidad del Pavimento y Estabilidad Corregida Marshall	68
Tabla N° 41	Correlación de Pearson entre las Sub Variables de Índice de Serviciabilidad del Pavimento y Flujo Marshall	69
Tabla N° 42	Procesamiento de datos de redes neuronales	70
Tabla N° 43	Información de la red neuronal	71
Tabla N° 44	Resumen de modelo de redes neuronales	74
Tabla N° 45	Parámetros de capas de entrada y capas ocultas	74
Tabla N° 46	Calificación de intervención del pronóstico de la carpeta de asfalto.....	75
Tabla N° 47	Área bajo la curva de intervención	75

Índice de figuras

Figura N° 1 Ubicación del proyecto de tesis	18
Figura N° 2 Localización del proyecto de tesis	18
Figura N° 3 Esquema de ubicación de la vía en estudio	19
Figura N° 4 Esquema funcional de una neurona artificial	25
Figura N° 5 Configuración básica de un modelo de red neuronal	25
Figura N° 6 Vía Manuel Prado	36
Figura N° 7 Sección transversal de la vía en estudio	40
Figura N° 8 Cuenco de deflexiones	50
Figura N° 9 Deflectograma	50
Figura N° 10 Calificación de la deflectometría en diagrama pastel	57
Figura N° 11 Calificación de resistencia del MAC en diagrama pastel	58
Figura N° 12 Calificación del índice de pavimento en diagrama pastel	59
Figura N° 13 Calificación de índice de regularidad internacional en diagrama pastel	60
Figura N° 14 Calificación del índice de serviciabilidad del pavimento	61
Figura N° 15 Esquema de la arquitectura en red neuronal	73
Figura N° 16 Nivel de intervención	76
Figura N° 17 variable dependiente	76
Figura N° 18 Importancia normalizada	77

Índice de anexo

Anexo - Matriz de consistencia de la tesis.....	84
Anexo - Gráfico de proceso de evaluación del (PCI) pavement condition index.....	85
Anexo - Gráfico de proceso de diamantina para puntos de extracción (Probetas de asfalto).....	85
Anexo - Gráfico de proceso de viga Benkelman (medición de deflexiones del pavimento).....	88
Anexo - Gráfico de proceso del ensayo de estabilidad y flujo con la prensa Marshall.....	91
Anexo - Gráficos de proceso del ensayo de merlín para el índice de regularidad internacional del pavimento (IRI).....	92
Anexo - Certificados de ensayos realizados por el laboratorio de suelos, concreto y asfalto "Santa Cruz SCRL".....	94
Anexo - Ficha de organización para la medición de cada progresiva.....	101
Anexo - Boleta de control - peso del camión C2.....	101

Resumen

La presente investigación tuvo como problema general: ¿Cuál es la incidencia de la aplicación de un modelo de redes neuronales en la evaluación estructural y funcional de la carpeta asfáltica?, asimismo, el objetivo general fue: establecer la incidencia de la aplicación de un modelo de redes neuronales en la evaluación estructural y funcional de la carpeta asfáltica, y la hipótesis general que se contrastó fue: existe relación entre la aplicación de un modelo de redes neuronales con los indicadores estructurales y funcionales de la carpeta asfáltica.

Para el desarrollo de este estudio se utilizó como método general de investigación el científico, el tipo de investigación fue aplicada, el nivel descriptivo correlacional y de diseño no experimental. La población estuvo conformada por la Av. Manuel Prado que tiene una extensión aproximadamente de 1km, comprendido entre el tramo Av. Ote y parque Santo Domingo de Prado, del distrito 9 de julio, provincia de Concepción; no se utilizó la técnica de muestreo sino el censo.

La conclusión principal de esta investigación es que después de una evaluación se estableció que existe una correlación significativa entre la aplicación de un modelo de redes neuronales con los indicadores estructurales y funcionales de la carpeta asfáltica.

Palabras claves: Redes Neuronales, indicadores Estructurales, Funcionales y carpeta asfáltica

Abstract

The present investigation had as a general problem: What is the incidence of the application of a neural network model in the structural and functional evaluation of the asphalt layer? Also, the general objective was: to establish the incidence of the application of a model of neural networks in the structural and functional evaluation of the asphalt layer, and the general hypothesis that was contrasted was: there is a correlation between the application of a neural network model with the structural and functional indicators of the asphalt layer.

For the development of this study, the scientific method was used as a general research method, the type of research was applied, the descriptive correlational level and the non-experimental design. The population was confirmed by all Av. Manuel Prado that has an extension of approximately 1km, between the section Av. Ote and Santo Domingo de Prado Park, of the July 9th district, Concepción province; the sampling technique was not used but the census.

The main conclusion of this research is that after an evaluation it was established that there is a significant correlation between the application of a neural network model with the structural and functional indicators of the asphalt layer.

Keywords: Neural networks, Structural and Functional indicators and asphalt layer

INTRODUCCIÓN

La presente investigación titulada: “**Incidencia de redes neuronales para la evaluación estructural y funcional de la carpeta asfáltica**”, se elaboró con la finalidad de desarrollo en el camino actual de la carrera profesional de ingeniería civil, comprometidos con un enfoque consiente hacia el desarrollo sostenible de nuestro Perú y del mundo, siendo este método de aplicación uno de los agentes más importantes en la actualidad, también se ha adquirido un compromiso personal de obtener el título profesional de ingeniero civil buscando definir como profesional dentro del contexto peruano, según las normas vigentes emanadas por la facultad de ingeniería de la Universidad Peruana los Andes.

Diferentes investigaciones realizadas al respecto, revelan que los costos de operación de los vehículos dependen de la magnitud de las irregularidades que no sólo provocan efectos dinámicos nocivos en los vehículos, sino también en las superficies del pavimento, afectando las velocidades de circulación, el desgaste de las llantas y el consumo de combustible, modificando el estado de esfuerzos y deformaciones en la estructura de la vía, produciendo incremento en el deterioro de las actividades de conservación y rehabilitación, por lo cual ha sido necesario promover la aplicación de sistemas que permitan administrar y gestionar la infraestructura como un bien público y social, ya que determinan las condiciones de seguridad y comodidad de los usuarios.

Considerando a la inteligencia artificial como análisis de multicriterio y la diversidad en alternativas de solución que existen asociados con el desarrollo en programas de cómputo “inteligentes”, existe la necesidad para modelar variables complejas con la posibilidad de involucrar cada vez más el reforzamiento y pensamiento humano en la programación de algoritmos computacionales mediante la aplicación de la inteligencia artificial es posible almacenar grandes volúmenes de información, solucionar problemas en diversas áreas, con la capacidad de adaptarse a nuevas condiciones y adquirir nuevos conocimientos desde la experiencia; de ahí, el reto constante de la ingeniería de vías terrestres por mejorar los procesos a través de metodologías cada vez más eficientes y confiables a que puedan ayudar al proceso, dada la rapidez que se requiere en las decisiones.

Este estudio está estructurado en cinco capítulos que se describen a continuación:

Capítulo I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, en este se describe la realidad problemática, la formulación del problema, problema general y específicos, la justificación: practica o social y metodológica, la delimitación de la investigación, las limitaciones y los objetivos general y específicos.

Capítulo II: MARCO TEORICO, aquí se trata los antecedentes internacionales y nacionales que se recopila para su sustento, profundizando de manera clara en un marco conceptual dedicado al tema de investigación definiendo los términos para su comprensión más rápida, planteándonos la hipótesis general y las específicas para validarlas en su proceso, las variables tenemos la definición conceptual y operacional.

Capítulo III: METODOLOGÍA, se desarrolla el método general de investigación, el tipo, nivel y diseño de investigación, con su respectiva la población la muestra, la técnica de recolección de datos y criterios estadísticos para el procesamiento de la información de investigación que han sido utilizadas.

Capítulo IV: RESULTADOS, en esta se desarrolla la interpretación de resultados, presentación de tablas y gráficos.

Capítulo V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS, en este capítulo se realiza la discusión de los resultados obtenidos en la investigación

Finalmente se tiene las conclusiones recomendaciones referencias bibliográficas y los anexos.

Bach.

JUL ANDERLI PEÑALOZA BUSTAMANTE.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad del problema.

Los investigadores Gómez y Garnica (2007). Mencionan que con el continuo desarrollo y consolidación de la red de carreteras en los países de latinoamérica los cuales presentan un porcentaje en deterioro del pavimento que mediante la medición directa y periódica de las variables estructurales como funcionales que influyen sobre la infraestructura vial , ha sido necesario promover la aplicación de sistemas que permitan administrar y gestionar la infraestructura como un bien público y social, estos sistemas constituyen instrumentos de apoyo, herramientas tecnológicas que permite mejor optimización en toma de decisiones para garantizar la conservación de la infraestructura de carreteras, proporcionando condiciones satisfactorias de estabilidad, seguridad al transporte terrestre y optimizar los recursos disponibles, con el objeto de mantener un nivel de servicio dado a los usuarios.

Por tal motivo en el distrito de Nueve de Julio, provincia de Concepción, departamento de Junín, los sistemas de gestión vial presentan el principal problema; se observa en la deficiente evaluación estructural y funcional de la carpeta asfáltica, la mayoría de las herramientas utilizadas, son las evaluaciones frecuentes asociadas a un sistema computacional, con técnica profesional de parte del analista, para que puedan ser comprendidos y aplicados finalmente con la mejor decisión por las entidades encargadas de la conservación y mantenimiento, por lo tanto de ahí el reto constante de la ingeniería de vías terrestres por mejorar los procesos a través de metodologías cada vez más eficientes y confiables.

1.2. Formulación y sistematización del problema.

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la incidencia de la aplicación de un modelo de redes neuronales en la evaluación estructural y funcional de la carpeta asfáltica?

1.2.2. Problemas específicos

a) ¿Existen diferencias cuantitativas entre los indicadores estructurales y funcionales de la carpeta asfáltica?

b) ¿Cuál es la correlación entre los indicadores estructurales y funcionales de la carpeta asfáltica?

1.3. Justificación

1.3.1. Práctica o social.

Se enmarca dentro del uso de las tecnologías de redes neuronales en la evaluación estructural y funcional de las carpetas asfálticas en diversas carreteras, está en un proceso de incorporación y aplicación dentro de la ingeniería civil incluyéndolo en vías de comunicación en el Perú, con esta investigación, se genera una metodología de evaluación, para tomar decisiones de intervención en obras de carreteras.

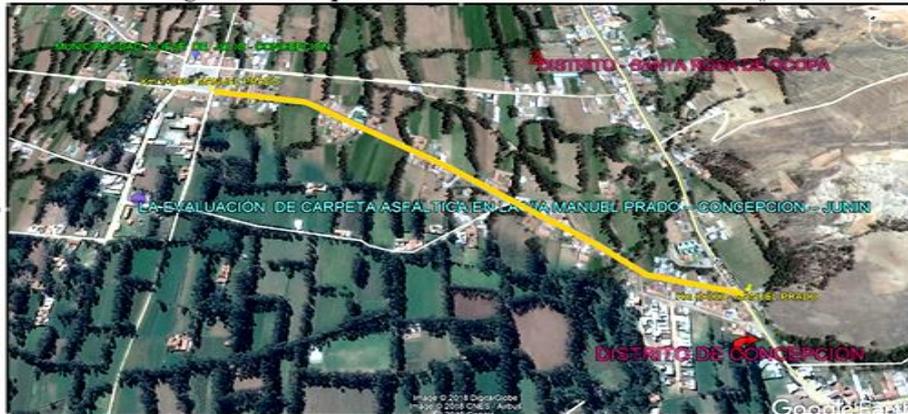
Presenta un carácter social, ya que se cuantificarán a través de un número de ensayos en las variables de estudio y en función de ellas se tomarán decisiones de evaluación con los resultados más factibles donde la presente investigación contribuirá con un aporte para la evaluación estructural y funcional de la carpeta asfáltica de la capa de rodadura frente a diversos problemas que pueda presentar, en el distrito de Nueve de Julio - Concepción.

1.3.2. Metodológica.

Se realiza con el propósito de conocer y evaluar la eficacia de la aplicación de una nueva concepción tecnológica en el campo de la ingeniería civil, teniendo en cuenta que las tecnologías tradicionales que se han aplicado no han garantizado resultados 100% confiables; los resultados de la investigación corroboran la vigencia del marco teórico; en el que se considera las redes neuronales como herramientas computacionales particularmente adecuadas para la solución de problemas tanto de clasificación como de regresión en análisis multivariados; para la evaluación de la carpeta asfáltica de las carreteras.

Esta investigación cuenta con el uso de las técnicas, e instrumentos de recolección de datos como fichas de evaluación, que contienen datos reales y exactos; estos fueron en base a los ensayos realizados que para mayor confiabilidad fueron inspeccionados por los asesores de tesis y certificado por el laboratorio que participo en la evaluación, donde los resultados proporcionan gran información académica como punto de partida para otras investigaciones similares.

Figura N° 3 Esquema de ubicación de la vía en estudio



Fuente: Google Earth y Elaboración propia

1.4.2. Temporal

Este estudio se desarrolló durante los años 2017 y 2018.

1.4.3. Económica.

El desarrollo de esta investigación se realizó con recursos propios no se tuvo financiamiento externo.

1.5. Limitaciones

1.5.1 De información:

La información existente en el medio es limitada, puesto que no existen investigaciones profundas sobre el tema de la aplicación de redes neuronales en la ingeniería civil; por tal razón la investigación da más énfasis a la fase de estudio y diseño para volverlos más confiables en su desempeño de evaluación.

1.5.2 Económica:

En el desarrollo de este estudio se tuvo limitaciones económicas, debido a que existen ensayos muy complejos y caros y por falta de dinero no se realizaron pruebas con mayor exactitud como en otros países son utilizados; por lo tanto, en esta ocasión se realizaron ensayos en los cuales son accesibles a nuestra necesidad y realidad.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Establecer la incidencia de la aplicación de un modelo de redes neuronales en la evaluación estructural y funcional de la carpeta asfáltica.

1.6.2. Objetivos específicos

- a) Estimar las diferencias cuantitativas entre los indicadores estructurales y funcionales de la carpeta asfáltica.
- b) Analizar la correlación entre los indicadores estructurales y funcionales de la carpeta asfáltica.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. Internacionales

Beltrán calvo (2012) “Realizó la investigación de tesis: “*evaluación estructural de pavimentos flexibles con métodos de inteligencia artificial y auscultación no destructiva*” a la universidad nacional autónoma de México para optar por el grado de doctora en ingeniería civil – geotecnia”.

Beltrán calvo (2012) presenta que la investigación fue realizada en pavimentos flexibles para su evaluación estructural para decisiones de conservación de operación. Como resultado se han desarrollado algunas herramientas de la inteligencia artificial, tales como las redes neuronales artificiales y la lógica difusa con las técnicas de análisis, el conocimiento y la experiencia de especialistas.

Conclusión:

Beltrán calvo (2012) menciona como conclusión las redes neuronales se plantea para estimar, mediante cálculo inverso, los módulos y las relaciones de Poisson de las capas que conforman un pavimento, a partir de pruebas no destructivas de deflexión. Este enfoque permitió modelar adecuadamente la respuesta del pavimento y resolver el problema de identificación de parámetros, considerando su carácter no lineal, multivariado y complejo.

Beltrán calvo (2012) El sistema de modelación planteado, aporta simplicidad, precisión (apego a la realidad) y rapidez (bajo costo computacional), propuestas respecto a los análisis tradicionales, resulta de gran interés la forma en que el sistema ha desarrollado en esta investigación permitió representar la realidad de manera exitosa y resultó suficientemente robusto para evaluar pavimentos de 3 y 4 capas, con estructuras convencionales y estructuras con sección invertida. A la luz de los resultados obtenidos y de la experiencia lograda, se reconoce la gran capacidad de las RNA para el procesamiento e interpretación de información y para la simulación

de comportamientos, lo cual se traduce en nuevo conocimiento aplicable en la solución de problemas específicos de evaluación y de gestión de pavimentos.

Camilo Cardona (2007) “Realizo la investigación de tesis: *“predicción del índice de rugosidad internacional en pavimentos flexibles usando redes neuronales artificiales”* a la universidad nacional de Colombia – sede Medellín - escuela de ingeniería civil para optar por el título de magíster en ingeniería – geotecnia”.

Camilo Cardona (2007) Menciona que la rugosidad de los pavimentos es la principal causa de incomodidad en los pasajeros y está asociada a la modificación del estado de esfuerzos y deformaciones de la vía, lo que repercute directamente en las labores de conservación, mantenimiento y rehabilitación. Es entonces importante predecir cuándo las vías han llegado a un nivel crítico de rugosidad con el objeto de determinar las acciones correctivas que se deben tomar. Esta investigación presenta la predicción del índice de rugosidad internacional (IRI) en pavimentos flexibles de vías urbanas de la ciudad de Medellín, usando la técnica de las redes neuronales artificiales partiendo de datos de campo tomados por el sistema de administración vial.

Conclusión:

Camilo Cardona (2007) En su conclusión menciona el proceso de creación, entrenamiento y validación de un modelo neuronal capaz de realizar satisfactoriamente la predicción del IRI en pavimentos flexibles de las vías urbanas de Medellín, a partir de datos de la estructura del pavimento, las fallas y la longitud, mostrando que un perceptrón adecuadamente entrenado puede realizar tareas complejas como el reconocimiento de patrones en un conjunto de datos. Los modelos neuronales creados, a pesar de tener una buena capacidad de predicción, presentan limitaciones en su uso debido a las múltiples inconsistencias e imprecisiones encontradas en las bases de datos del Sistema de Administración Vial en cuanto a los parámetros medidos en campo tales como los daños en la estructura del pavimento, la subrasante (CBR), el tráfico y el IRI.

2.1.2. Nacionales.

Rocío Vila Zúñiga (2017) “Realizo la investigación de tesis: *“análisis del comportamiento lineal de la estructura del pavimento flexible mediante redes neuronales en la carretera panamericana norte”* a la universidad nacional del

centro del Perú - facultad de ingeniería civil para optar por el título de en ingeniería civil”.

Roció Vila Zúñiga (2017) el resumen es: mediante sistemas no convencionales, como la inteligencia artificial, este trabajo desarrolla un modelo de análisis del comportamiento lineal de un sistema multicapa con el uso de redes neuronales artificiales (RNA), en el cual se desarrolla un modelo neuronal capaz de estimar módulos de elasticidad a partir de datos de deflexión mediante pruebas no destructivas y retro análisis modulares obtenidos con el software MICHBACK y BACKVIDE. En el diseño del modelo neuronal se realizó una intensa labor para obtener una red neuronal óptima, como resultado se tiene un modelo confiable, robusto y eficiente.

Conclusión:

Roció Vila Zúñiga (2017) concluyo donde el uso de redes neuronales nos permite determinar el comportamiento lineal de la estructura de pavimento flexible a través de pruebas de deflexiones, espesores, tipo de material evaluando y su condición estructural en función a la rigidez del sistema estructural multicapa, a través de los módulos elásticos de cada capa. Mediante pruebas no destructivas como el deflectómetro de impacto se pudo determinar el cuenco de deflexiones en cada punto evaluado y esto permitió determinar los Indicadores estructurales que al igual que los módulos elásticos permiten evaluar la rigidez de la estructura del pavimento flexible, en el uso de redes neuronales que nos permite determinar el comportamiento lineal de la estructura de pavimento flexible a través de pruebas de deflexiones, espesores, tipo de material evaluando y su condición estructural en función a la rigidez del sistema estructural multicapa, a través de los módulos elásticos de cada capa. Mediante pruebas no destructivas como el deflectómetro de impacto se pudo determinar el cuenco de deflexiones en cada punto evaluado y esto permitió determinar los Indicadores estructurales que al igual que los módulos elásticos permiten evaluar la rigidez de la estructura del pavimento flexible.

Ricardo Becerra (2014) “Realizo la investigación de tesis: *“modelo neuronal de demanda de transporte en redes viales urbanas”* a la universidad nacional de ingeniería - facultad de ingeniería civil para optar el grado de maestro en ciencias con mención en ingeniería de transporte”.

Ricardo Becerra (2014) Resumió que se explora las posibilidades de uso de las redes neuronales de retro propagación en el problema de la estimación de demanda

de transporte centrándose en aspectos de diseño metodológico y de arquitectura/estructura de las redes, mediante una serie de experimentos se encuentran varios elementos que inciden en el proceso de aprendizaje de las redes de retro propagación y que no se toman actualmente en consideración en modelación de demanda de transporte, dentro de los que resaltan el tipo de función de activación utilizada; la composición del conjunto de entrenamiento; como conclusión estos factores pueden llevar a encontrar mejores soluciones y/o a tener un mayor control del tipo de solución alcanzada y por lo tanto se sugiere prestarles mayor atención. Se propuso una metodología que incluyó estos elementos combinados con los tradicionales de una manera bastante específica, de la cual se obtuvo buenos resultados de los experimentos realizados ser una excelente herramienta, permitiendo mayor facilidad para encontrar registros de datos anómalos.

Conclusión:

Ricardo Becerra (2014) Llegando a la conclusión de la gran capacidad de la red neuronal para resolver problemas de naturaleza no lineal, llegando a la comprobación y ensayo de redes neuronales considerando varias capas ocultas, para determinar de esta manera el número adecuado que permita la convergencia y al mismo tiempo utilice la menor cantidad de recursos de computadora (memoria RAM). En la presente tesis se determinó que con una sola capa oculta era posible obtener buenos resultados. Entre todos los algoritmos de entrenamiento se escogió los métodos de segundo orden, esta función es ideal cuando se requieren obtener valores entre cero y uno.

Sulca Erick (2017) “Realizo la investigación de tesis: *“evaluación de la capacidad estructural y funcional del pavimento según la norma peruana de pavimentos, durante el proceso de construcción carretera Huancavelica - Lircay, periodo 2016”* a la universidad nacional de Huancavelica - facultad de ingeniería civil para optar el título profesional de: ingeniero civil”.

Sulca Erick (2017) Presento el resumen, se realizó durante la construcción de la carretera Huancavelica – Lircay, con la finalidad de determinar en qué medida la capacidad estructural y funcional del pavimento flexible a nivel de carpeta asfáltica de la carretera reúne condiciones de calidad, de acuerdo al manual de carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción” (EG-2013). Los principales objetivos son: identificar y encontrar los parámetros que establece la EG-2013 y determinar la capacidad estructural y funcional del pavimento flexible a nivel

de carpeta asfáltica utilizando los equipos viga Benkelman y el merlín. El método empleado fue descriptivo y de diseño transversal; Las mediciones se realizaron empleando una viga Benkelman, se midieron deflexiones a varias distancias del eje de la carga (0; 25; 50; 100 y 500cm) con el fin de definir el cuenco de deflexiones, para determinar la regularidad se efectuaron 200 observaciones de las irregularidades que presenta la carpeta de rodadura del pavimento flexible, cada una de las cuáles fueron detectadas por el patín móvil del Merlín.

Conclusión:

Sulca Erick (2017) Se genera la conclusión de la capacidad estructural y funcional del pavimento flexible a nivel de carpeta asfáltica, utilizando los equipos viga Benkelman y el Merlín son: deflexión característica promedio ($D_{car} = 51,00\text{mm} / 100$) e IRI característico promedio ($IRI_{car} = 1.39\text{m/km}$) con un PSI de 4,19 para ambos carriles, lo que indica que la estructura del pavimento flexible se encuentra en buen estado y óptimas condiciones, cumpliendo con las especificaciones técnicas generales para construcción, además el índice de serviciabilidad indica que el pavimento de la carretera presentará una circulación suave, confortable y segura para el tráfico para el cual ha sido construido.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Redes neuronales artificiales – (RNA)

Haykin, (1999). Las RNA han sido consideradas como herramientas computacionales particularmente adecuadas para la solución de problemas tanto de clasificación como de regresión en análisis multivariados.

Haykin, (1999). Para problemas de regresión, las RNA son útiles en la búsqueda de relaciones complejas entre variables o patrones de entrada y de salida; pueden aprender con base en la experiencia y el conocimiento previo para estimar o pronosticar comportamientos de manera aproximada.

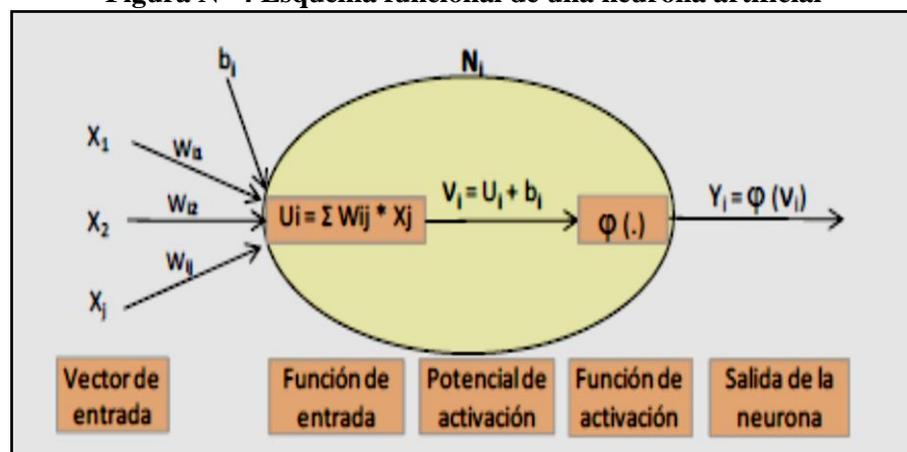
Haykin, (1999). Al incorporar nueva información, son capaces de generalizar hacia nuevos casos y asimilarlos para mejorar su capacidad de predicción, mediante su habilidad de aprendizaje continuo o adaptabilidad, denominada “plasticidad”.

Haykin, (1999). Los sistemas neuronales artificiales toman como referente las redes neuronales biológicas y en especial, la complejidad de la estructura y la eficiencia del cerebro humano para procesar información y tomar decisiones, donde la inteligencia es producto de la alta conectividad existente entre la gran cantidad de neuronas de manera análoga, las RNA están conformadas por unidades de

procesamiento o neuronas interconectadas las cuales reciben, procesan y transmiten señales o información hacia las otras con las cuales tienen conexión; estas señales pueden ser de tipo inhibitorio o activador.

En la Figura N°4 se muestra un esquema con el funcionamiento general de una neurona N_i , la cual recibe un vector de entrada conformado por las señales X_1, X_2, X_j , para generar una señal de salida Y_i en función de las entradas. Cada una de las conexiones de la neurona con sus entradas tiene asociado un valor llamado peso W_{ij} , del cual dependerá la intensidad de la señal transmitida; el conjunto de valores de W_{ij} , conforman el vector de pesos.

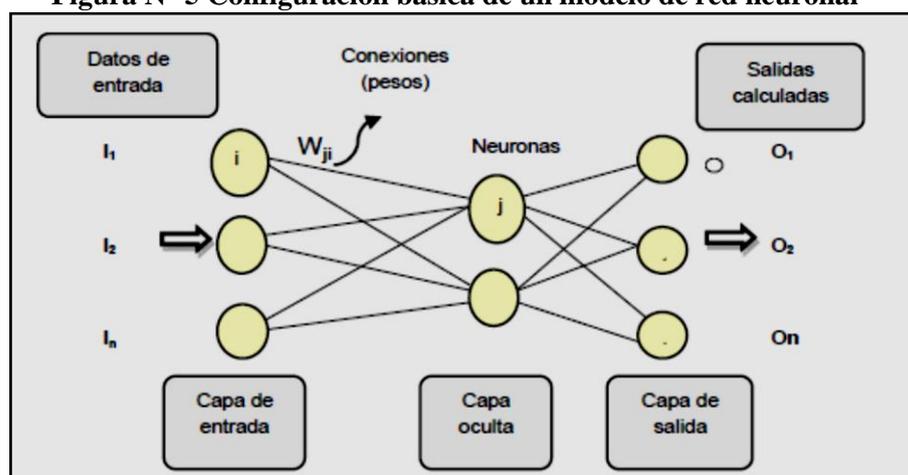
Figura N° 4 Esquema funcional de una neurona artificial



Fuente: Haykin, (1999)

En la Figura N°5 modelo esquemático de una RNA multicapa de propagación normal para resolver un problema de regresión.

Figura N° 5 Configuración básica de un modelo de red neuronal



FUENTE: Churchland - Sejnowski - Abdallah, (2000)

2.2.2. Pavimentos flexibles

Los pavimentos con superficie de rodadura en concreto asfáltico, objeto de esta investigación, se clasifican dentro de la categoría de los pavimentos flexibles,

concebidos como sistemas multicapa sometidos a carga repetida del tránsito. La respuesta estructural y desempeño, depende de múltiples variables como son los procesos de deterioro, las características de la estructura, el tránsito, entre otros. Estos pavimentos se diseñan de manera tal que cada una de las capas tenga alguna función dentro de la estructura, según se describe

2.2.2.1. La capa asfáltica superficial

Romo (1990) y Orozco (2005) Debe proveer: suficiente rigidez para asumir la mayor proporción de carga; cierta flexibilidad para que las deformaciones por repetición se mantengan en el rango elástico; durabilidad para soportar adecuadamente las agresiones directas del medio ambiente; además debe garantizar una superficie segura a los usuarios con características funcionales adecuadas de textura y fricción. Esta capa posee un comportamiento de tipo visco-elástico: a altas velocidades de carga se comporta elásticamente, mientras que a muy bajas tasas de carga el flujo viscoso se torna más importante.

Romo (1990) y Orozco (2005) Las capas de subrasante y terracerías surgieron como una necesidad de complementar la estructura de pavimento, para asumir tanto deformaciones del terreno natural, como esfuerzos transmitidos por los vehículos que circulan actualmente por las carreteras del país, los cuales alcanzan a enviar esfuerzos importantes hacia la profundidad.

- Los **materiales** de las capas, sus propiedades mecánicas, durabilidad y especificaciones son fundamentales para conservar la integridad y minimizar las desviaciones entre los comportamientos esperados y observados de los pavimentos.
- Las **condiciones ambientales**, especialmente la temperatura y lluvias, afectan el desempeño durante la vida útil y pueden llegar a ser críticas en los procesos de deterioro.
- La **carga** dinámica impuesta por el tránsito, presenta una amplia variedad de magnitud en volúmenes y pesos influyendo en la distribución de cargas livianas y cargas pesadas generando acumulación de esfuerzos y deformaciones en zonas de contacto entre llantas y pavimento, de esta manera disminuye de manera importante en el desempeño a lo largo de su vida útil.

Tabla N° 1 Evaluación de la condición global de pavimentos flexibles.

EVALUACIÓN	PARÁMETROS
ESTRUCTURAL	Grietas: fatiga, longitudinales, transversales y reflexión
	Roderas
	Ondulaciones
	Resistencia y rigidez: Módulo elástico de capas
FUNCIONAL	Fricción y Textura superficial
	Regularidad superficial - IRI

Fuente: Paterson, (1987).

2.2.3. Evaluación estructural.

La evaluación estructural de un pavimento se realiza en función de elementos primordiales: como los espesores y materiales de capas que lo conforman; el comportamiento mecánico del pavimento y la magnitud severidad del deterioro estructural que exhibe.

El análisis integral de los elementos mencionados, permite definir los sectores homogéneos de comportamiento, identificando claramente los problemas existentes y el nivel de afectación en cada sector.

En aquellos casos en que se cuenta con información sobre pronósticos de tránsito, leyes de fatiga de los materiales y modelos de deterioro, también es posible estimar la vida remanente del pavimento en cada sector.

Considerando que el comportamiento mecánico del pavimento cada impulso de carga generado por los vehículos sobre el pavimento se transfiera gradualmente hacia la profundidad a través de las capas que lo conforman, el énfasis en el estudio del comportamiento de los pavimentos se ha dado fundamentalmente hacia los **esfuerzos y deformaciones** inducidos en cada repetición de carga a través de las llantas de un vehículo y **la resistencia estructural y rigidez de las capas** del pavimento que soportan la carga.

2.2.4. Evaluación funcional

Se determina en evaluar los deterioros presentes en el pavimento, donde se realizarán evaluaciones superficiales de diferentes daños. En los factores agresivos de mayor influencia que presenta en el desgaste de un pavimento son: El mal drenaje del agua en la sección de asfalto y las cargas repetitivas de tráfico sobre la misma, muestran daños permanentes en el pavimento. El pavimento puede ser evaluado mediante distintas formas y en nuestra evaluación abarcara los puntos como la inspección visual, los ensayos no destructivos. Evaluación y administración de pavimentos llamado **PAVER** para su uso militar y civil. Desde su implementación

en 1980, ha obtenido una rápida aceptación en los círculos militares y civiles a través del mundo. Para la calificación funcional de los pavimentos, el sistema PAVER utiliza el índice de condición del pavimento (Pavement Condition Index) desarrollado por el USACERL. El PCI es un objetivo, un método de graduación repetible para identificar la condición presente del pavimento.

2.3. Definición de términos

- **La inteligencia artificial - IA**

Yella, (2006) Se asocia con el desarrollo de máquinas y programas de cómputo “inteligentes”, para modelar sistemas variables complejos, con la posibilidad de involucrar cada vez más el razonamiento y pensamiento humano en la programación de algoritmos computacionales.

- **Redes neuronales artificiales - RNA**

Haykin.S.(1999) Las RNA han sido consideradas como herramientas computacionales particularmente adecuadas para la solución de problemas tanto de clasificación como de regresión en análisis multivariados que tienen la habilidad de reconocer patrones y extraer características esenciales a partir de un conjunto de datos de entrada con información relevante sobre un sistema o fenómeno que se quiere analizar.

- **Pavimentos flexibles.**

Sugeno, M. (1999). Los pavimentos asfálticos, objeto de esta investigación, se clasifican dentro de la categoría de los pavimentos flexibles, concebidos como sistemas multicapa sometidos a carga repetida del tránsito. La respuesta estructural y desempeño, depende de múltiples variables como son los procesos de deterioro, las características de la estructura, el tránsito, entre otros. Estos pavimentos se diseñan de manera tal que cada una de las capas tenga alguna función dentro de la estructura.

- **La condición estructural.**

Haykin, S. (1999) Para establecer la estabilidad mecánica a través de la capacidad de soporte, la deformación permanente acumulada y la resistencia a la fatiga ante cargas repetidas del tránsito.

- **La condición funcional.**

Rojas E. (2005). Para definir las características de comodidad y seguridad vial ofrecidas al usuario dentro de conceptos de serviciabilidad.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

- ...Existe relación entre la aplicación de un modelo de redes neuronales con los indicadores estructurales y funcionales de la carpeta asfáltica.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a) No existe diferencias cuantitativas entre los indicadores estructurales y funcionales de la carpeta asfáltica.
- b) No Existe correlación significativa entre los indicadores estructurales y funcionales de la carpeta asfáltica.

2.5. Variables

2.5.1. Definición conceptual de la variable.

Variable independiente(X)

Tabla N° 2 Cuadro de la definición conceptual de las variables

Variables individuales.	Definición conceptual
<p><u>Independiente:</u></p> <p>Modelo de redes neuronales</p>	<p>Redes neuronales:</p> <p>Las RNA han sido consideradas como herramientas computacionales particularmente su importancia como herramienta en la toma de decisiones adecuadas para la solución de problemas tanto de clasificación como de regresión en análisis multivariados. En el primer caso, tienen la habilidad de reconocer patrones y extraer características esenciales a partir de un conjunto de datos de entrada con información relevante sobre un sistema o fenómeno que se quiere analizar.</p> <p>Son útiles en la búsqueda de relaciones complejas entre variables o patrones de entrada y de salida; pueden aprender con base en la experiencia y el conocimiento previo para estimar o pronosticar comportamientos de manera aproximada. Obviamente, debe existir una relación entre las entradas y las salidas o patrones reconocibles en un conjunto de datos.</p> <p>https://papelesdeinteligencia.com/tecnicas-de-analisis-de-datos/ http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/tesis/basic/villanueva_em/contenido.htm https://elcomercio.pe/blog/vidayfuturo/2017/12/la-importancia-de-las-redes-neuronales</p>

Variable dependiente(Y)

<p><u>Dependiente:</u></p> <p>Evaluación estructural de la carpeta asfáltica</p>	<p>Evaluación estructural de la carpeta asfáltica:</p> <p>La evaluación estructural de la carpeta asfáltica utilizando ensayos no destructivos se representa como una alternativa complementaria a las tradicionales, pues permite evaluar el comportamiento de la estructura del asfalto, reflejando las propiedades de ella y la interacción entre los indicadores, además de evaluarlas con sus propiedades en terreno. La evaluación permitiría corregir eventuales diferencias en la construcción de una capa y mejorar la homogeneidad de la estructura del asfalto. Considerando que el comportamiento mecánico del pavimento cada impulso de carga generado por los vehículos sobre el pavimento se transfiera gradualmente hacia la profundidad a través de las capas que lo conforman, el énfasis en el estudio del comportamiento de los pavimentos se ha dado fundamentalmente hacia los esfuerzos y deformaciones inducidos en cada repetición de carga a través de las llantas de un vehículo y la resistencia estructural y rigidez de las capas del pavimento que soportan.</p> <p>https://www.academia.edu/15896692/estudios_de_evaluacion_estructural_de_pavimentos_basados_en_la_interpretacion_de_curvas_de_deflexiones_ensayos_no_destructivos.</p>
---	--

<p><u>Dependiente:</u></p> <p>Evaluación funcional de la carpeta asfáltica</p>	<p>Evaluación funcional de la carpeta asfáltica:</p> <p>Como definimos la evaluación funcional se determinan los deterioros presentes en el pavimento, dependiendo del tipo de pavimento se realizarán diferentes tipos de estudios. Los factores agresivos de mayor influencia en el desgaste de un pavimento son: el agua, el tráfico y el clima; El mal drenaje del agua en la carretera y las cargas repetitivas de tráfico sobre la misma, ponderan daños permanentes en el pavimento. El pavimento puede ser evaluado mediante distintas formas y en nuestra evaluación abarcara los puntos como la inspección visual, los ensayos no destructivos, reflejando las propiedades de ella y la interacción entre los indicadores para mejorar la serviciabilidad inicial al momento de la puesta en servicio. Con estos indicadores se podría tener control sobre la homogeneidad y calidad de la estructura y superficie de los. (Manual de evaluación de pavimentos 2009).</p> <p>https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-de-evaluacion1.pdf.</p>
---	--

Fuente: Elaboración propia.

2.5.2. Definición operacional de la variable.

Tabla N° 3 variable Evaluación estructural

Variable	Definición	Dimensiones	Indicadores	Unidades	Instrumentos
Red neuronal para la evaluación estructural de la carpeta asfáltica.	La evaluación estructural de la carpeta asfáltica utilizando ensayos no destructivos se representa como una alternativa complementaria a las tradicionales, pues permite evaluar el comportamiento de la estructura del asfalto, reflejando las propiedades de ella y la interacción entre los indicadores, además de evaluarlas con sus propiedades en terreno. La evaluación permitiría corregir eventuales diferencias en la construcción de una capa y mejorar la homogeneidad de la estructura del asfalto. (Collop, 2001).	Evaluación estructural	Deflexión Máxima	Milésimas de milímetro (10 ⁻² mm)	<ul style="list-style-type: none"> • Certificados y formato técnico del ensayo de deflectometría (Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – MTC/ Manual de ensayo de materiales - MTC E 1002 Medida de la deflexión de un pavimento flexible empleando la viga Benkelman). • Fichas técnicas elaboradas por el tesista para el recojo y organización de datos.
			Radio de Curvatura	Metros (m)	
			Estabilidad	Kilogramos (kg)	<ul style="list-style-type: none"> • Certificados y formato técnico del ensayo de estabilidad y flujo Marshall de corazones diamantinos (Manual de ensayo de materiales – MTC E 504 resistencia de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall). • Fichas técnicas elaboradas por el tesista para el recojo y organización de datos.
			Flujo	Milímetros (mm)	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 4 variable Evaluación funcional

Variable	Definición	Dimensiones	Indicadores	Unidades	Instrumentos
Red neuronal para la evaluación funcional de la carpeta asfáltica.	Evaluación funcional permitirá modelar adecuadamente al pavimento al momento de diseñarla y realizar correcciones a lo largo del proyecto. También es necesario determinar características funcionales del como su irregularidad y textura durante la reconstrucción se realizan diferentes tipos de estudios de su estructura, lo cual permitirá evaluar los deterioros presentes en el pavimento, dependiendo del tipo de pavimento comportamiento de la estructura del asfalto, reflejando las propiedades de ella y la interacción entre los indicadores para mejorar la serviciabilidad inicial al momento de la puesta en servicio. Con estos indicadores se podría tener control sobre la homogeneidad y calidad de la estructura y superficie de los pavimentos durante su construcción, con ello obtener un buen comportamiento y por consiguiente una mayor rentabilidad de la inversión en obras viales. (Manual de carreteras, 2013).	Evaluación funcional	Índice de condición del pavimento – PCI	Porcentaje (%)	<ul style="list-style-type: none"> • Certificados y formato técnico de la metodología del Índice de condición del pavimento PCI (Norma ASTM D 6433 – 07, Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys). • Fichas técnicas elaboradas por el tesista para el recojo y organización de datos.
			Índice de regularidad del pavimento – IRI	Metros por kilómetro (m/km)	<ul style="list-style-type: none"> • Certificados y formato técnico del ensayo para la obtención del índice de regularidad internacional IRI y el Índice de Serviciabilidad (PSI) (Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – MTC). • Fichas técnicas elaboradas por el tesista para el recojo y organización de datos.
			Índice de Serviciabilidad del pavimento – PSI	Adimensional (Adim)	

Fuente: Elaboración propia.

2.5.3. Operacionalización de las variables.

Tabla N° 5 Cuadro de la definición operacional de las variables

variables	dimensión	Sub-dimensiones	indicadores
<u>Independiente:</u> Modelo de red neuronal	Red neuronal	Arquitectura en el procesamiento o transferencia por funciones.	Guía de observación por software
<u>Dependiente:</u> Evaluación estructural de la carpeta asfáltica	Evaluación estructural.	Deflexión Máxima	Milésimas de milímetro (10 ⁻² mm)
		Radio de curvatura (m)	Metros (m)
		Estabilidad corregida (kg)	Kilogramos (kg)
		Flujo Marshall (mm)	Milímetros (mm)
<u>Dependiente:</u> Evaluación funcional de la carpeta asfáltica	Evaluación funcional	Índice de condición del pavimento – PCI	Porcentaje (%)
		Índice de regularidad del pavimento – IRI	Metros por kilómetro (m/km)
		Índice de Serviciabilidad del pavimento – PSI	Adimensional (Adim)

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1. Método de la investigación

En la presente investigación se utilizó como método general el científico ya que este método sirvió para observar en la realidad el estado situacional de la carpeta asfáltica y asimismo este método contribuyó para la realización de pruebas y ensayos en los laboratorios de suelos, y de esta manera demostrar un conocimiento real y válido en el transcurso de la investigación. De igual manera la presente investigación tiene la interacción mixta del enfoque cualitativo y cuantitativo.

3.2. Tipo de investigación

El tipo de investigación fue la aplicada porque se utilizó la teoría y el conocimiento científico, producto de la investigación básica para su aplicación sobre una realidad circunstancial antes que el desarrollo de teorías, para solucionar los problemas que aquejan a la sociedad, teniendo como antecedentes otras investigaciones relacionadas a la temática.

3.3. Nivel de la investigación

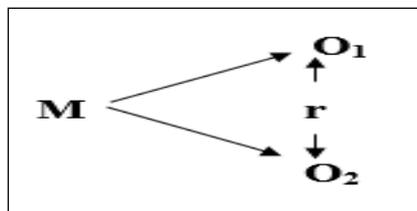
El nivel de investigación fue la descriptiva correlacional, ya que por medio de esta investigación se buscó describir cada variable y luego establecer la correlación entre ellas, para el cual se utilizaron los métodos de pruebas estadísticas de **T – Student, chi cuadrado y correlación lineal de Pearson.**

3.4. Diseño de investigación

El diseño de la presente investigación fue el no experimental o diseño ex post facto (después que aconteció), donde las variables no son manipuladas deliberadamente. Con estos diseños se hacen investigaciones donde los sujetos, los fenómenos y los procesos se estudian tal como se dan y por lo tanto sólo se puede saber que algo es causa de algo, si esto es observable puesto que los datos obtenidos pertenecen al presente y tienen incidencia en el futuro.

La investigación descriptivo - correlacional, se orienta a la determinación del grado de relación entre dos a más variables de interés en una misma muestra de sujetos o el grado de relación existente entre dos fenómenos o eventos observados.

EL esquema de muestra es el siguiente:



Donde:

- M = Muestra
- O₁ = Observación de la variable 1.
- O₂ = Observación de la variable 2.
- r = Correlación entre dichas variables.

La presente investigación se analizan relación entre grupos correspondiente a la variable dependiente e independiente.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población.

Esta investigación tuvo como población a la vía urbana Manuel Prado, con una extensión aproximada de 1km; ubicado en el distrito Nueve de Julio en la provincia de Concepción de la región Junín

Tabla N° 6 Resumen de población evaluada

Distrito	Vía Urbana	Longitud	Puntos de Investigación
9 de Julio	MANUEL PRADO – CONCEPCION – JUNIN	1 000.00 metros	1 punto cada 50 m
Total		1 000.00 metros	20 puntos

Fuente: Elaboración propia

3.5.2. Muestra.

En esta investigación se utilizó el tipo de muestreo no probabilístico o intencional, la muestra fue de tamaño 20 que representan a los 20 puntos de investigación que son las progresivas identificadas en este tramo.

Para el efecto se hizo la aplicación del modelo para establecer la correlación con los indicadores estructurales y funcionales en la carpeta asfáltica de esta vía.

Figura N° 6 Vía Manuel Prado



Fuente: Google Earth y Elaboración propia

Por lo tanto, debido al kilometraje delimitada de la vía de investigación la cantidad de la muestra es igual a la cantidad de la población, determinando que los 20 puntos mostrados para los ensayos que se muestran en los indicadores respecto al tipo de variable fueron utilizados sin excepción alguna.

M1: 20 puntos de investigación realizados en la vía urbana Manuel Prado, tramo Av. Ote – Parque Santo Domingo del Prado con una longitud de 1km.

Tabla N° 7 Número de muestras por cada ensayo

Variables	Indicadores	Puntos de investigación
Evaluación estructural	Deflexión Máxima (10^{-2} mm)	20
	Radio de Curvatura (m)	20
	Radio de Curvatura (m)	20
	Flujo (mm)	20
	Espesor (cm)	20
Evaluación funcional	Índice de condición del pavimento – PCI (%)	20
	Índice de regularidad del pavimento – IRI (m/km)	20
	Índice de Serviciabilidad del pavimento – PSI (Adim)	20

Fuente: Elaboración Propia

3.6. Técnicas e instrumentos para análisis en recolección de datos.

Las técnicas de recopilación de datos fueron las fuentes documentales, registros y los instrumentos serán los diversos ensayos, además de las fichas técnicas.

En primer lugar, se tuvo en cuenta el análisis documental, donde se consideraron las fuentes bibliográficas, de resumen, de párrafo; que nos sirvieron para estructurar el marco teórico referencial y conceptual. Asimismo, se tuvo presente las no documentadas como

son los: certificados de los ensayos destructivos y no destructivos, y la ficha de organización, sistematización e interpretación de los datos obtenidos en los ensayos.

En el procesamiento se trabajará cuadros y figuras estadísticas: Las figuras y cuadros servirán para presentar en forma ordenada el análisis de las variables.

En relación a la naturaleza del trabajo de investigación se utilizaron las siguientes técnicas e instrumentos:

- **MICROSOFT EXCEL:** Para exportar cuadros y datos estadísticos de los resultados y datos obtenidos de los modelamientos.
- **MICROSOFT WORD:** Para la elaboración de la parte descriptiva de las fichas Ficha de organización, sistematización e interpretación de los datos obtenidos en las pruebas.
- **AUTOCAD:** Para establecer la localización, delimitación, puntos de investigación y área de influencia del proyecto.
- **GOOGLE EARTH:** Para establecer la ubicación y localización del proyecto.
- **SPSS - 23:** "Statistical Product and Service Solutions". Es uno de los programas estadísticos y de modelamiento más conocidos teniendo en cuenta su capacidad para trabajar con grandes bases de datos y un sencillo interface para la mayoría de los análisis con dicho programa se podrá comprobar estadísticamente la viabilidad de la hipótesis.

3.7. Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos.

Hernández, Fernández y Baptista, (2014) En lo referente a la validez, se puede manifestar que el término en cuestión puede entenderse como el grado en que un instrumento, realmente mide la variable que pretende medir, esto significa que un determinado instrumento debe medir estrictamente la variable que se desea medir y no otra, aunque sea muy parecida.

A) Validez de contenido. (Juicio de expertos)

Hernández, Fernández y Baptista (2014). En lo concerniente a la validez de contenido consiste en el grado en que un determinado instrumento expresa concisamente, lo que se pretende medir. Así pues, para determinarla, se debe en primera instancia, revisar cómo ha sido utilizada previamente la variable en otras investigaciones. Para luego, sobre la base de base de la anterior revisión, elaborar otro instrumento, en el cual, sea posible medir la variable.

Como paso siguiente, se procede a consultar con los investigadores especializados en el tema de estudio, con el fin de evaluar la veracidad del instrumento.

B) Confiabilidad. (Juicio de expertos)

Hernández (1999), En lo que respecta, a la confiabilidad de un instrumento de medición de datos, se puede manifestar, que según esta se da, cuando un instrumento se aplica repetidas veces, al mismo sujeto u objeto de investigación, por lo cual, se deben obtener resultados iguales o parecidos dentro de un rango razonable, es decir, que no se perciban distorsiones, que puedan imputarse a defectos que sean del instrumento mismo.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Análisis e interpretación de los resultados.

4.1.1. Localización de la vía a evaluar.

Los ensayos fueron realizados para la elaboración de esta tesis fueron realizados en el laboratorio: “CONSTRUCTORA INGENIEROS Y ARQUITECTOS ASESORES SANTA CRUZ SCRL” – Elaboración de Proyectos – Ejecución de Obras - Control de Calidad en Mecánica de Suelos, la dirección del laboratorio es: Av. Oriente N° 772 – Concepción.

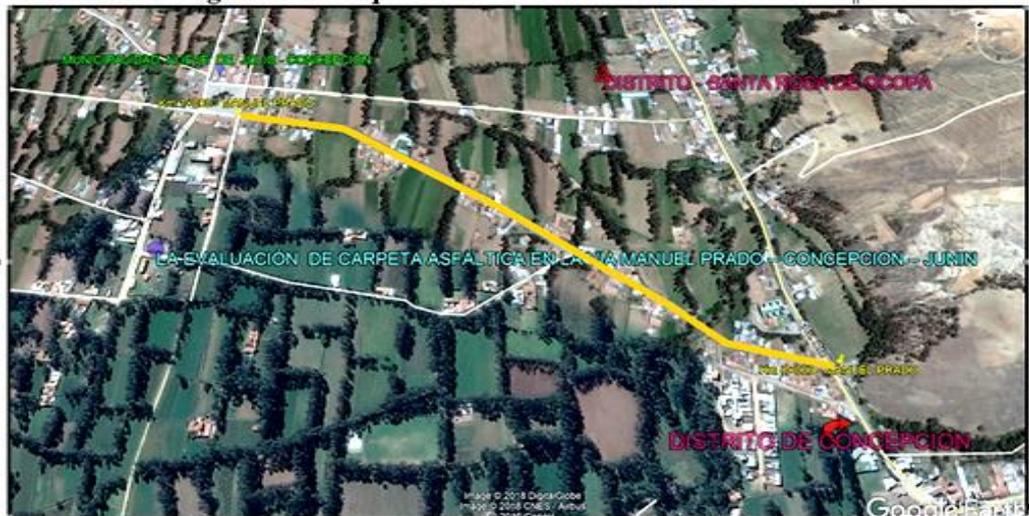
La incidencia de la aplicación de redes neuronales para la evaluación estructural y funcional de la carpeta asfáltica, está basada en la medida de daños en la carpeta asfáltica, determinada por el ensayo no destructivo de la Viga Benkelman y el ensayo destructivo que consiste en la extracción de núcleos de la carpeta asfáltica (diamantinas), realizados en la misma vía en mención, desde la progresiva 0+000 hasta la progresiva 1+000.

En la tabla N°8 se muestra las características generales de la vía en estudio todo esto fue en presencia del Tesista. Bach. Peñaloza Bustamante Jul Anderli, como responsable de los procesos y controles técnicos de Ingeniería para el presente trabajo de investigación.

Tabla N° 8 Datos generales de la vía en estudio

Nombre del tramo que conforma el inicio y final	DESDE AV. OTE HASTA PARQUE SANTO DOMINGO DEL PRADO
Nombre de la vía	CALLE MANUEL PRADO
Distrito	CONCEPCION
Provincia	HUANCAYO
Departamento	JUNÍN
Número de Carriles	Dos (2)
Clasificación de la vía	LOCAL
Ancho de vía	6.50 m
Tipo de terreno	PLANO Y SEMI ONDULADO
Tipo de superficie	PAVIMENTO FLEXIBLE

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Google Earth y Elaboración propia

En la Figura N°7 Muestra la sección típica de la vía con dos carriles para sentidos contrarios Manuel parado que es considerada una de las principales rutas de acceso para el pueblo de nueve de Julio.

Figura N° 7 Sección transversal de la vía en estudio



Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Características, identificación, descripción en procedimientos técnicos.

En las tablas siguientes se muestra el resumen de procedimientos de los datos y características por cada tipo de ensayo realizado en el proceso de recopilación de datos en campo se obtienen la descripción detallada con los resultados de procesamiento técnicos, mostrando la identificación mediante imágenes y descripciones se detallan en las siguientes tablas por cada ensayo realizado.

DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS	PROCEDIMIENTO	IDENTIFICACIÓN	IMÁGENES																						
<p>Evaluación del índice de condición de pavimento (pci) en la calle Manuel Prado.</p> <p>Objetivo: Es determinar el índice de condición del pavimento de la vía Manuel Prado, con lo cual se podrá determinar si la vía esta apta para brindar adecuadas condiciones para los usuarios.</p> <p>Definición: El Índice de Condición del Pavimento (PCI), fue desarrollado entre los años 1 974 a 1 976 por el Cuerpo de Ingeniería de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos y ejecutado por los Ingenieros Sr. M.Y. Shanin y S.D. Kohn, con el objeto de obtener un sistema de administración del mantenimiento de pavimentos rígidos y flexibles.</p> <p>Debido a que existen un sin número de combinaciones de deterioros y severidades este método resuelve esta dificultad introduciendo los aspectos más comunes relativos a las acciones de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos flexibles. Existen distintos niveles de intervención en la conservación vial, estos se clasifican en función a la magnitud de los trabajos necesarios, desde una intervención simple hasta una intervención más complicada y por ende más costosa.</p> <p>El PCI es un índice numérico, desarrollado para obtener el valor de la irregularidad de la superficie del pavimento y la condición operacional de este.</p> <p>El PCI varía entre 0 para pavimentos fallados y un valor de 100 para pavimentos en excelente condición.</p> <p>El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de una encuesta visual de la condición de pavimento en el cual se establecen su tipo, severidad y cantidad que presenta cada daño dando una calificación.</p>	<p>El procedimiento para la evaluación de un pavimento comprende:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Una etapa de trabajo de campo en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta su clase, severidad y extensión de cada tramo a evaluar. <p>Para la evaluación de pavimentos, el daño está relacionada con el tipo de degradación que se presenta en la superficie de un pavimento entre las que tenemos piel de cocodrilo, exudación, agrietamiento en bloque, abultamientos, entre otros, cada uno de ellos se describe en el Manual de daños de la evaluación de la condición de pavimentos.</p> <p>La severidad, representa la criticidad del deterioro en términos de su progresión; entre más severo sea el daño, más importantes deberán ser las medidas para su corrección; de esta manera, se deberá valorar la calidad del viaje, ósea, la percepción que tiene el usuario al transitar en un vehículo a velocidad normal; es así que se describe una guía general de ayuda para establecer el grado de severidad de la calidad de transito:</p> <p>1- Bajo, (B): se perciben vibraciones en el vehículo (por ejemplo, por corrugaciones), pero no es necesaria la reducción de velocidad en aras de la comodidad o la</p>	<p>1) PROGRESIVA: Evaluación del índice de condición de pavimento (PCI) realizada en los tramos</p> <table border="1" data-bbox="1813 512 2104 907"> <thead> <tr> <th>TRAMO</th> <th>TRAMO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0+050</td><td>0+550</td></tr> <tr><td>0+100</td><td>0+600</td></tr> <tr><td>0+150</td><td>0+650</td></tr> <tr><td>0+200</td><td>0+700</td></tr> <tr><td>0+250</td><td>0+750</td></tr> <tr><td>0+300</td><td>0+800</td></tr> <tr><td>0+350</td><td>0+850</td></tr> <tr><td>0+400</td><td>0+900</td></tr> <tr><td>0+450</td><td>0+950</td></tr> <tr><td>0+500</td><td>1+000</td></tr> </tbody> </table> <p>Foto N° 01 Muestra que se delimito por secciones marcando con yeso.</p> <p>Foto N° 02 Se delimita hasta el culminar la carretera cada 35.4 mts</p> <p>Foto N° 03 Medición con el odómetro para mediciones de áreas del pci</p> <p>Foto N° 04 Medicino de las áreas de evaluación o calificación del PCI</p>	TRAMO	TRAMO	0+050	0+550	0+100	0+600	0+150	0+650	0+200	0+700	0+250	0+750	0+300	0+800	0+350	0+850	0+400	0+900	0+450	0+950	0+500	1+000	 <p>Foto N°01</p>  <p>Foto N°02</p>  <p>Foto N°03</p>  <p>Foto N°04</p>
TRAMO	TRAMO																								
0+050	0+550																								
0+100	0+600																								
0+150	0+650																								
0+200	0+700																								
0+250	0+750																								
0+300	0+800																								
0+350	0+850																								
0+400	0+900																								
0+450	0+950																								
0+500	1+000																								

Rangos del PCI en la condición de un pavimento.

Rango	Clasificación
100-85	Excelente
85-70	Muy Bueno
70-55	Bueno
55-40	Regular
40-25	Malo
25-10	Muy Malo
10-0	Fallado

Clasificación de fallas de pavimentos

DETERIOROS DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES.		
A.FISURAS. <ul style="list-style-type: none"> • Piel de cocodrilo. • Fisuras en bloque. • Fisuras de borde. • Fisuras Longitudinales. • Fisuras transversales. 	B. DEFORMACIONES. <ul style="list-style-type: none"> • Ondulaciones. • Abultamiento. • Hundimiento. • Ahuellamiento o roderas. 	C. DAÑOS SUPERFICIALES. <ul style="list-style-type: none"> • Desgaste superficial. • Perdida del agregado.

Equipo y materiales que se utilizó:

- Cinta métrica de 50 m
- Yeso y Tira Línea
- Pintura
- Libreta de campo
- Cámara fotográfica

seguridad. Los abultamientos y hundimientos individuales causan un ligero rebote del vehículo, pero no provoca incomodidad.

2- Medio, (M): las vibraciones del vehículo son significativas y se requiere una reducción de la velocidad en aras de la comodidad y la seguridad; los abultamientos o hundimientos individuales causan un rebote significativo creando incomodidad.

3- Alto, (A): las vibraciones en el vehículo son tan excesivas que debe reducirse la velocidad de forma considerable en aras de la comodidad y la seguridad; los abultamientos o hundimientos individuales causan un excesivo rebote del vehículo creando una incomodidad importante o un alto potencial de peligro o daño severo al vehículo.

Foto N° 05

Se realiza la medición de área para la evaluación visual del PCI



Foto N°05

Foto N° 06

Medición de condición de pavimento se encuentra la mencionada piel de cocodrilo más la medición de otro daño interno que es un hueco.



Foto N°06

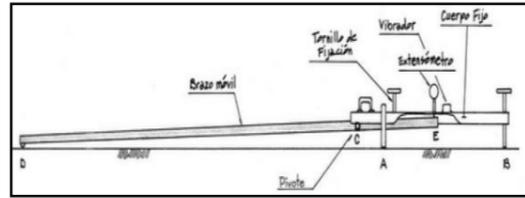
Foto N° 07

Medición del área de la falla o daño en el pavimento es un hueco donde se tomó medidas de acuerdo a los parámetros del PCI

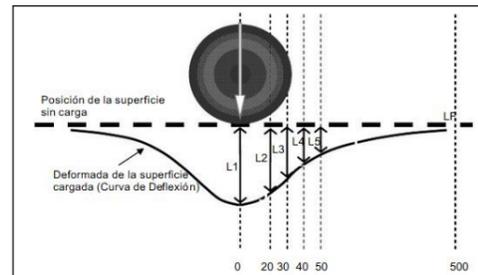


Foto N°07

DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS	PROCEDIMIENTO	IDENTIFICACIÓN	IMÁGENES																																																																					
<p>Ensayo de medición de las deflexiones con la viga Benkelman</p> <p>Objetivo: Es dar a conocer un Instrumento mecánico de diseño simple para determinar la capacidad estructural y para determinar la deflexión vertical y puntual de una superficie del pavimento.</p> <p>Definición: La viga Benkelman es un equipo que fue llamado así por el Ing. A.C: Benkelman, quien apporto el desarrollo durante el programa de ensayo de la “American Association of State Highway and Transportation Organizations” (AASHTO) en 1953.es un dispositivo para medir la deflexión elástica de pavimentos flexibles bajo la acción de cargas vehiculares móviles.</p> <p>La utilización del ensayo no destructivo de la Viga Benkelman para medir la deformación elástica de un pavimento ante la aplicación de una carga de lenta, cuando se utiliza una viga Benkelman doble, con dos brazos de medida de longitud diferente, se pueden encontrar dos puntos del cuenco de las deflexiones, para el mismo punto de aplicación de la carga, y unos puntos de medida fijas con la finalidad de evaluar estructuralmente los pavimentos, analizando todas las condiciones localizadas, como drenaje, calidad de los materiales, espesores de diseño anteriores, se busca la condición de un pavimento con miras a su conservación .</p> <table border="1" data-bbox="439 1283 718 1392" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">NORMAS DE REFERENCIA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NLT</td> <td>356/88</td> </tr> <tr> <td>AASHTO</td> <td>T 256 – 01</td> </tr> </tbody> </table> <p>Los ensayos de deflexiones se efectuarán empleando una viga Benkelman de brazo doble, que estar equipada con un sistema de vibración interna accionada con baterías, y con un dial indicador diseñado especialmente para este tipo de ensayos, es decir, que sean capaces de dar las lecturas corregidas en forma interna, para la relación de brazos del equipo. El dial para la toma de las lecturas deberá tener divisiones de 0.01 o 0.02 mm.</p>	NORMAS DE REFERENCIA		NLT	356/88	AASHTO	T 256 – 01	<p>En este proceso de los ensayos se consiguió un camión volquete cargado de agregado para conseguir la carga estandarizada del eje trasero simple con llantas dobles, el control del peso se efectuó empleando una balanza de plataforma para camiones, sobre la cual se estaciono solamente el eje trasero del vehículo, debiendo encontrarse el eje delantero fuera de la plataforma de pesado consiguiendo un peso de 2.8 TN en el eje posterior, como se requiere por reglamento. Asimismo la verificación de la presión de inflado de las llantas dobles es de 80 PSI por individual.</p> <p>Se inició en el kilómetro 0+000 a la altura de la AV. OTE, y culmino en el kilómetro 1+000 a la altura del parque Santo Domingo de Prado. La evaluación fue a lo largo de un eje longitudinal paralelo al eje de la vía y ubicado aproximadamente a una distancia de 1.00 m del borde de la berma y hacia el interior de la futura calzada, tanto en el carril izquierdo como en el derecho. Siendo establecida por la norma MTC E 1002-2000 que define las respectivas distancias según el ancho del carril de la vía en estudio,</p>	<p>Foto N° 01 Se realizó el uso de un camión de 2.8 ton para el proyecto</p> <p>Foto N° 02 Se realizó el pesaje respectivo control de peso en ton, realizada en una balanza electrónica</p> <p>Foto N° 03 Se realizó el control de presión de aire en cada llanta del eje doble</p> <p>Foto N° 04 Se realizó la marcación de la toma de datos donde se controlará con la viga Benkelman.</p> <p>progresiva de investigación</p> <table border="1" data-bbox="1795 1333 2077 1787"> <thead> <tr> <th>PTO DE INVESTIG.</th> <th>PROG.</th> <th>LADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>0+050</td><td>I</td></tr> <tr><td>2.00</td><td>0+100</td><td>D</td></tr> <tr><td>3.00</td><td>0+150</td><td>I</td></tr> <tr><td>4.00</td><td>0+200</td><td>D</td></tr> <tr><td>5.00</td><td>0+250</td><td>I</td></tr> <tr><td>6.00</td><td>0+300</td><td>D</td></tr> <tr><td>7.00</td><td>0+350</td><td>I</td></tr> <tr><td>8.00</td><td>0+400</td><td>D</td></tr> <tr><td>9.00</td><td>0+450</td><td>I</td></tr> <tr><td>10.00</td><td>0+500</td><td>D</td></tr> <tr><td>11.00</td><td>0+550</td><td>I</td></tr> <tr><td>12.00</td><td>0+600</td><td>D</td></tr> <tr><td>13.00</td><td>0+650</td><td>I</td></tr> <tr><td>14.00</td><td>0+700</td><td>D</td></tr> <tr><td>15.00</td><td>0+750</td><td>I</td></tr> <tr><td>16.00</td><td>0+800</td><td>D</td></tr> <tr><td>17.00</td><td>0+850</td><td>I</td></tr> <tr><td>18.00</td><td>0+900</td><td>D</td></tr> <tr><td>19.00</td><td>0+950</td><td>I</td></tr> <tr><td>20.00</td><td>1+000</td><td>D</td></tr> </tbody> </table> <p>Fuente: Elaboración propia</p>	PTO DE INVESTIG.	PROG.	LADO	1.00	0+050	I	2.00	0+100	D	3.00	0+150	I	4.00	0+200	D	5.00	0+250	I	6.00	0+300	D	7.00	0+350	I	8.00	0+400	D	9.00	0+450	I	10.00	0+500	D	11.00	0+550	I	12.00	0+600	D	13.00	0+650	I	14.00	0+700	D	15.00	0+750	I	16.00	0+800	D	17.00	0+850	I	18.00	0+900	D	19.00	0+950	I	20.00	1+000	D	 <p>Foto N°01</p>  <p>Foto N°02</p>  <p>Foto N°03</p>  <p>Foto N°04</p>
NORMAS DE REFERENCIA																																																																								
NLT	356/88																																																																							
AASHTO	T 256 – 01																																																																							
PTO DE INVESTIG.	PROG.	LADO																																																																						
1.00	0+050	I																																																																						
2.00	0+100	D																																																																						
3.00	0+150	I																																																																						
4.00	0+200	D																																																																						
5.00	0+250	I																																																																						
6.00	0+300	D																																																																						
7.00	0+350	I																																																																						
8.00	0+400	D																																																																						
9.00	0+450	I																																																																						
10.00	0+500	D																																																																						
11.00	0+550	I																																																																						
12.00	0+600	D																																																																						
13.00	0+650	I																																																																						
14.00	0+700	D																																																																						
15.00	0+750	I																																																																						
16.00	0+800	D																																																																						
17.00	0+850	I																																																																						
18.00	0+900	D																																																																						
19.00	0+950	I																																																																						
20.00	1+000	D																																																																						



Los ensayos para la medición de deflexiones con Viga Benkelman se efectuarán en forma igualmente espaciados a una distancia de 20 m, en cada carril. Cada ensayo consistirá en la ejecución de 6 lecturas para determinación de la deformada que adopta la superficie de la capa del pavimento, también llamada “curva de deflexión”, las que se efectuarán a 0, 20, 30, 40, 50 y 500 cm desfasadas del punto inicial de aplicación de carga.



Equipo y materiales que se utilizó:

- o Viga Benkelman
- o Camión volquete de 2.8 Ton.
- o Balanza electrónica estacionaria para vehículos pesados.
- o Termómetro electrónico.
- o Hojas de evaluación de viga para carpeta asfáltica.
- o Medidor / calibrador de presión aire.
- o Pintura – tiza
- o Wincha y cordel.

Para la medición de cada punto se identificó la progresiva, luego se ubicó el ensayo, asimismo se coloca el brazo de la viga Benkelman debajo de las llantas dobles, al terminar de colocar el brazo y el soporte del instrumento mencionado, se calibra el dial del micrómetro en cero.

La lectura tomada de deformación máxima por deflexión, se determina a una distancia inicial cero, disminuyendo la deformación conforme el camión se aleja hasta una distancia aproximada de 5.00 m según lo indica la norma MTC E 1002-2000.

Durante el ensayo realizado de viga Benkelman, en donde se aprecia que se obtuvo lecturas a diferentes distancias como: 0 m, 0.25m, 0.50 m, 1.00 m, 2.00 m, 3.00 y 5.00m además se tomó la temperatura en cada punto de investigación.

Foto N° 05

Se tomó la temperatura del asfalto en situ con el termómetro electrónico de cada muestra evaluada



Foto N° 06

En el inicio se puso en uso la evaluación de la viga Benkelman de brazo doble par el control de deflexiones

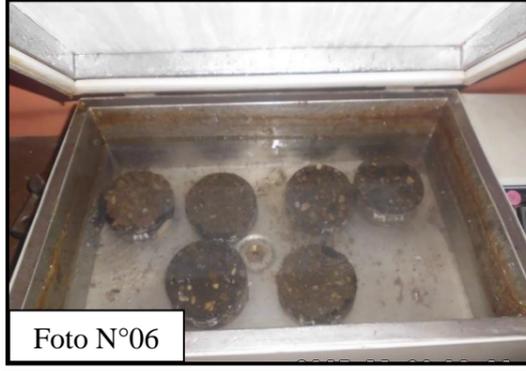


Foto N° 07

el alineamiento de la rueda con los parámetros marcados en la vía donde se evalúa cada punto con la supervisión del técnico de laboratorio y el Ing. asesor de tesis



DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS	PROCEDIMIENTO	IDENTIFICACIÓN	IMÁGENES																																																															
<p>Ensayo de diamantina para prensa Marshall con finalidad de determinar flujo y estabilidad.</p> <p>Objetivo:</p> <p>El objetivo principal de este estudio es el de conocer del valor de la pérdida por desgaste de las mezclas asfálticas, estabilidad y deformación mostradas en probetas las cuales sacamos del pavimento, y para esto utilizamos el aparato Marshall.</p> <p>El ensayo consiste en medir la velocidad de deformación o la deformación vertical que se produce en un espécimen de mezcla asfáltica, prismático o cilíndrico, ante la aplicación de una carga dinámica, aplicada mediante una rueda cargada. Es un ensayo de simulación que permite caracterizar las mezclas asfálticas desde el punto de su deformación en la vía urbana Manuel Prado, tramo Av. Ote – Parque Santo Domingo del Prado, ubicado en el distrito 9 de julio.</p> <p>Definición:</p> <p>La mezcla asfáltica la constituye el material pétreo convenientemente recubierto con una película de asfalto y luego sometida a un proceso de compactación, que hace que esta mezcla tenga propiedades resistentes al desgaste producido por los vehículos y a su vez pueda traspasar la sollicitación del peso de ellos hacia las capas inferiores.</p> <p>Criterios a considerar para el diseño de mezclas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ El espesor de la película de asfalto alrededor del árido, tiene una influencia determinante en la estabilidad y durabilidad. ➤ Mientras más delgada es dicha película, menor será la estabilidad. A medida que esta película se engruesa el asfalto tiende a cohesionar el árido, pasando por un óptimo y luego hace un efecto lubricador. ➤ La cohesión entre pétreos, varía con el tiempo al perder el asfalto su poder ligante y flexibilidad al oxidarse. 	<p>La evaluación de las estructuras del asfalto fue realizada con métodos de extracción de testigos fue propuesto como un método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión, en especial cuando la resistencia de los cilindros normalizados, estableciendo curvas de correlación en laboratorio. Se recomienda extraer probetas, (también llamados corazones) del asfalto endurecido.</p> <p>Los testigos cilíndricos para ensayos de compresión se extraen con un equipo sonda provista de brocas diamantadas. La extracción debe realizarse en forma perpendicular a la superficie, ni se encuentren próximas a los bordes.</p> <p>Para la verificación de los espesores y las propiedades de flujo y estabilidad de los materiales en la estructura del pavimento flexible, fue necesario realizar veinte (20) puntos de investigación con perforaciones y la extracción de núcleos de capa asfáltica mediante perforaciones con diamantina en la vía Manuel Prado – Concepción, con el fin de analizar y verificar su cumplimiento con los requerimientos de la norma CE.010 Pavimentos Urbanos.</p> <p>A través de perforaciones diamantinas en las progresivas correspondientes, para luego realizar los ensayos de baño María. Agua saturándolas de agua temperada a 60 grados en un periodo de 35 minutos</p>	<p>progresiva de investigación</p> <table border="1" data-bbox="1813 352 2125 898"> <thead> <tr> <th>PTO DE INVESTIG.</th> <th>PROG.</th> <th>LADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>0+050</td><td>I</td></tr> <tr><td>2.00</td><td>0+100</td><td>D</td></tr> <tr><td>3.00</td><td>0+150</td><td>I</td></tr> <tr><td>4.00</td><td>0+200</td><td>D</td></tr> <tr><td>5.00</td><td>0+250</td><td>I</td></tr> <tr><td>6.00</td><td>0+300</td><td>D</td></tr> <tr><td>7.00</td><td>0+350</td><td>I</td></tr> <tr><td>8.00</td><td>0+400</td><td>D</td></tr> <tr><td>9.00</td><td>0+450</td><td>I</td></tr> <tr><td>10.00</td><td>0+500</td><td>D</td></tr> <tr><td>11.00</td><td>0+550</td><td>I</td></tr> <tr><td>12.00</td><td>0+600</td><td>D</td></tr> <tr><td>13.00</td><td>0+650</td><td>I</td></tr> <tr><td>14.00</td><td>0+700</td><td>D</td></tr> <tr><td>15.00</td><td>0+750</td><td>I</td></tr> <tr><td>16.00</td><td>0+800</td><td>D</td></tr> <tr><td>17.00</td><td>0+850</td><td>I</td></tr> <tr><td>18.00</td><td>0+900</td><td>D</td></tr> <tr><td>19.00</td><td>0+950</td><td>I</td></tr> <tr><td>20.00</td><td>1+000</td><td>D</td></tr> </tbody> </table> <p>Fuente: Elaboración propia</p> <p>Foto N° 01</p> <p>Se realiza el ensayo de la ubicación de fijación de la sonda extractora de diamantinas.</p> <p>Foto N° 02</p> <p>Se muestra la el corte con el diamante de 4" con una fluidez de agua para un corte fluido en la extracción de la probeta.</p> <p>Foto N° 03</p> <p>Muestra N° 04 del asfalto extraído del tramo 0+150 por la sonda de corte</p> <p>Foto N° 04</p>	PTO DE INVESTIG.	PROG.	LADO	1.00	0+050	I	2.00	0+100	D	3.00	0+150	I	4.00	0+200	D	5.00	0+250	I	6.00	0+300	D	7.00	0+350	I	8.00	0+400	D	9.00	0+450	I	10.00	0+500	D	11.00	0+550	I	12.00	0+600	D	13.00	0+650	I	14.00	0+700	D	15.00	0+750	I	16.00	0+800	D	17.00	0+850	I	18.00	0+900	D	19.00	0+950	I	20.00	1+000	D	 <p>Foto N°01</p>  <p>Foto N°02</p>  <p>Foto N°03</p>  <p>Foto N°04</p>
PTO DE INVESTIG.	PROG.	LADO																																																																
1.00	0+050	I																																																																
2.00	0+100	D																																																																
3.00	0+150	I																																																																
4.00	0+200	D																																																																
5.00	0+250	I																																																																
6.00	0+300	D																																																																
7.00	0+350	I																																																																
8.00	0+400	D																																																																
9.00	0+450	I																																																																
10.00	0+500	D																																																																
11.00	0+550	I																																																																
12.00	0+600	D																																																																
13.00	0+650	I																																																																
14.00	0+700	D																																																																
15.00	0+750	I																																																																
16.00	0+800	D																																																																
17.00	0+850	I																																																																
18.00	0+900	D																																																																
19.00	0+950	I																																																																
20.00	1+000	D																																																																

<p>➤ El aporte del material pétreo a la estabilidad, lo afecta a través de su fricción interna y esta a su vez, es función del tamaño del árido y de la regularidad de sus caras.</p> <p>➤ La falta de estabilidad proporcionada por los áridos, puede ser suplida en parte, usando un asfalto de menor penetración</p> <p>EQUIPO Y MATERIALES QUE SE UTILIZO:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Máquinas de perforación diamantina seca y húmeda / maquina sacabocados de 4" ➤ Equipo sonda provisto de brocas diamantadas. ➤ Máquina de compresión hidráulica, capacidad > a 100 ton. ➤ Equipo para verificar la perpendicularidad de la probeta. ➤ Taladro percutor ➤ Mochila Pulverizadora de agua. ➤ Camioneta para traslado de ubicación. ➤ Equipo de compactación Marshall manual ➤ Tanque para agua, para el baño de las briquetas ➤ Prensa de compresión Marshall electrónico. ➤ Termómetros calibrados de 10 ° C a 200 ° C. 	<p>luego en la prensa Marshall y pesadas en una balanza electrónica.</p> <p>Cumple con las normas de ensayo: ASTM D-1559; AASHTO T-245. A fin de determinar un método de laboratorio para la compactación de los cuerpos sometidos a prueba y para un criterio de seguridad de las propiedades de ciertas mezclas con este ensayo de flujo y estabilidad usando prensa Marshall, fue necesario construir gran número de pistas experimentales.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se estableció que para que haya equilibrio entre la estabilidad y la durabilidad los vacíos ocupados por aire en la mezcla total se limitan entre un 3% y 5%. • La Máquina de Estabilidad Marshall permite medir de manera rápida y exacta la resistencia al flujo plástico de las mezclas bituminosas de acuerdo con las normas de ensayo ASTM D-1559 y AASHTO T-245. 	<p>Se muestra en la imagen la muestra N°4 del asfalto extraído de la vía en evaluación del tramo 0+250</p> <p>Foto N° 05 Se muestra en la figura la cantidad de 20 probetas de muestras extraídas de la vía Manuel Prado en evaluación.</p> <p>Foto N° 06 En la figura se muestra las probetas sumergidas en agua para ponerlos a una temperatura de 80°C grados centígrados realizando el flujo correspondiente.</p> <p>Foto N° 08 En la imagen se muestra la compresión que se realizó por cada probeta muestreada.</p>	 <p>Foto N°05</p>  <p>Foto N°06</p>  <p>Foto N°07</p>
---	--	--	---

DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS	PROCEDIMIENTO	IDENTIFICACIÓN	IMÁGENES
-------------------------------	---------------	----------------	----------

Determinación del índice de regularidad internacional de pavimentos (IRI) con el ensayo de Merlín.

Objetivo:

Analizar, Evaluar y Correlacionar los resultados del equipo MERLIN en la estimación del Índice de Regularidad Internacional (IRI) de vía urbana Manuel Prado, en él se determinó la medición de la regularidad de la superficie de rodadura.

Definición:

El índice de regularidad internacional (IRI) es un parámetro que refleja el nivel de comodidad y seguridad al transitar, para determinar su regularidad y la comodidad en la conducción se ha adoptado "regularidad" como un calificativo más adecuado.

Como consecuencia de las investigaciones, se estableció el índice de regularidad internacional (IRI), es de suma importancia conocer el estado superficial del pavimento a través del tiempo, para definir las correspondientes acciones preventivas o correctivas en los sistemas de administración de pavimentos.

Para la medición del índice de regularidad internacional (IRI) existen diferentes tipos de equipos, los cuales han venido evolucionando en el tiempo, variando unos de otros en la precisión y rapidez para la obtención de los resultados.

En la actualidad el Perú mediante el ministerio de trasportes y comunicaciones y a través el proyecto especial de infraestructura del transporte nacional (PROVIAS NACIONAL) gestiona las redes viales mediante contratos de conservación por niveles de servicio con la empresa privada donde uno de los indicadores del nivel de servicio de la vía es la regularidad del pavimento.

Equipo y materiales que se utilizó:

- Tabla de evaluación y ábacos de diagnósticos.
- Hojas de evaluación de ensayo de Merlín.
- Equipo Merlín para ensayo de regularidad.
- Pizarra acrílica.

Fue utilizando el equipo denominado MERLIN de uso difundido en el Perú, fue establecida por el Laboratorio Británico de Investigación de Caminos y Transportes (TRRL). La aplicación de esta ecuación está limitada para un IRI entre 2.4 y 15.9 m/km, encontrándose valores más altos que los reales cuando se emplea por debajo de dicho intervalo. Toda vez que el IRI de los pavimentos nuevos cae en el rango de 0 a 2 m/km, la ecuación de correlación original ha devenido en inaplicable para tales casos, lo que significa una restricción notable para el uso del equipo.

El estudio sirvió para la obtención de la regularidad del pavimento utilizamos una metodología basada en la distribución de las desviaciones de nuestro pavimento real con respecto a una superficie plana perfecta imaginaria, utilizando el rugosímetro Merlín para dicho fin y con el cual se realizó la recolección de datos de campo, cumpliendo así las normas dadas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones; los resultados obtenidos fueron comparados con datos Históricos realizados en el año 1995 y 2013, con los cuales se pudo constatar la variación del Índice de Regularidad Internacional a través del tiempo.

Progresiva De Investigación			
Izquierda		Derecha	
PTO DE INVERTEG	PROG.	PTO DE INVERTEG	PROG.
1	0+050	20	1+000
2	0+100	19	0+950
3	0+150	18	0+900
4	0+200	17	0+850
5	0+250	16	0+800
6	0+300	15	0+750
7	0+350	14	0+700
8	0+400	13	0+650
9	0+450	12	0+600
10	0+500	11	0+550
11	0+550	10	0+500
12	0+600	9	0+450
13	0+650	8	0+400
14	0+700	7	0+350
15	0+750	6	0+300
16	0+800	5	0+250
17	0+850	4	0+200
18	0+900	3	0+150
19	0+950	2	0+100
20	1+000	1	0+050

Fuente: Elaboración propia

Foto N° 01

En la figura se muestra la medición de inicio a fin y seccionamiento de la progresivas



Foto N°01

Foto N° 02

En la imagen muestra la medición de retorno de fin a inicio para el cumplimiento de 04 mediciones por vía. (02 por carril)



Foto N°02

Foto N° 03

En la imagen se muestra las primeras mediciones con el ensayo de merlín midiendo la irregularidad del asfalto



Foto N°03

Foto N° 04

En la imagen se muestra la segunda evaluación de irregularidad en el tramo 0+50 de manera continua.



Foto N°04

4.2. Resultados de gabinete, obtenidos por los ensayos de laboratorio.

4.2.1. Presentación de resultados de la variable dependiente:

Evaluación estructural de la carpeta asfáltica.

En la tabla N°10 se presenta los veinte (20) puntos de investigación deflectometría, especificando las progresivas, lecturas del deflectómetro, las deflexiones parciales y las deflexiones finales obtenidas con la viga Benkelman, dichas mediciones se realizaron en carriles intercalados de la vía (de izquierda a derecha). Asimismo, se precisa las temperaturas registradas durante el citado ensayo de deflectometría.

Además es así que las **deflexiones registradas a 0, 25, 50, 100, 200, 300 y 500 cm** del punto inicial de aplicación de carga por cada progresiva, se toma los valores de los puntos que es el inicial hasta el último y diferenciándolo con su ultimo valor para obtener las deflexiones parciales respectivamente para luego a este resultado multiplicado por cuatro y de esa manera obtener las deflexiones y **relación de brazo de viga Benkelman en (1:4)**, con todo los datos obtenidos se ha seleccionado las deflexiones máximas y se ha calculado el radio de curvatura en el punto de ensayo (distancia de 0 y 25 para una viga doble) con la expresión independiente de la viga utilizada [$RC=3125/(D0-D25)$] expresados en metros, correspondiente parada cada caso obteniendo finalizando tendremos un promedio y valor máximo.

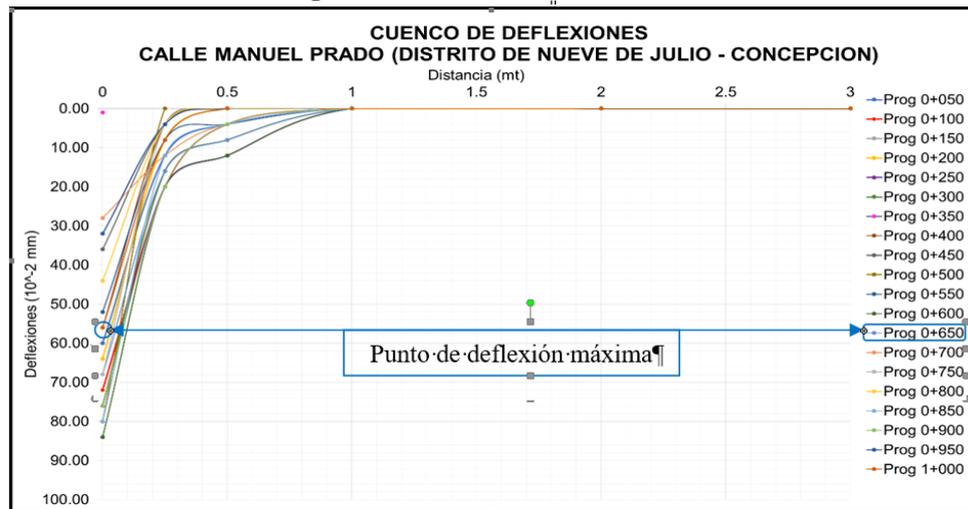
Tabla N° 9 Calculo de deflexiones de un pavimento.

CUADRO DE CALCULO DE LA DEFLEXIÓN DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO LA VIGA BENKELMAN (MTC E 1002)																								
PTO DE INVESTIG.	PROG.	LADO	TEMP	LECTURAS DEL DEFLECTÓMETRO							DEFLEXIONES PARCIALES (10 ⁻² mm)						DEFLEXIONES - RELACIÓN DE BRAZO DE VB 1:4 (10 ⁻² mm)						Dmax (10 ⁻² mm)	Radio de Curvatura (mt)
				R0 = 0 cm	R1 = 25 cm	R2 = 50 cm	R3 = 100 cm	R4 = 200 cm	R5 = 300 cm	R6 = 5 cm	DO	D25	D50	D100	D200	D300	DO	D25	D50	D100	D200	D300		
1.00	0+050	I	35.20	112	100	98	97	97	97	97	15.0	3.0	1.0	0.0	0.0	0.0	60.0	12.0	4.0	0.0	0.0	0.0	60.00	65.10
2.00	0+100	D	35.70	111	98	94	93	93	93	93	18.0	5.0	1.0	0.0	0.0	0.0	72.0	20.0	4.0	0.0	0.0	0.0	72.00	60.10
3.00	0+150	I	45.10	105	98	97	97	97	97	97	8.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	32.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	32.00	111.61
4.00	0+200	D	45.10	109	95	93	93	93	93	93	16.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	64.0	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	64.00	55.80
5.00	0+250	I	45.30	112	98	96	93	93	93	93	19.0	5.0	3.0	0.0	0.0	0.0	76.0	20.0	12.0	0.0	0.0	0.0	76.00	55.80
6.00	0+300	D	44.70	111	96	94	92	92	92	92	19.0	4.0	2.0	0.0	0.0	0.0	76.0	16.0	8.0	0.0	0.0	0.0	76.00	52.08
7.00	0+350	I	43.90	100	98	96	95	95	95	95	5.0	3.0	1.0	0.0	0.0	0.0	20.0	12.0	4.0	0.0	0.0	0.0	20.00	390.63
8.00	0+400	D	43.90	110	97	96	96	96	96	96	14.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	56.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	56.00	60.10
9.00	0+450	I	44.20	106	98	97	97	97	97	97	9.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	36.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	36.00	97.66
10.00	0+500	D	39.50	118	98	98	98	98	98	98	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	80.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	80.00	39.06
11.00	0+550	I	39.20	109	98	97	96	96	96	96	13.0	2.0	1.0	0.0	0.0	0.0	52.0	8.0	4.0	0.0	0.0	0.0	52.00	71.02
12.00	0+600	D	33.20	114	98	96	93	93	93	93	21.0	5.0	3.0	0.0	0.0	0.0	84.0	20.0	12.0	0.0	0.0	0.0	84.00	48.83
13.00	0+650	I	31.30	109	96	94	92	92	92	92	17.0	4.0	2.0	0.0	0.0	0.0	68.0	16.0	8.0	0.0	0.0	0.0	68.00	60.10
14.00	0+700	D	330.50	102	98	96	95	95	95	95	7.0	3.0	1.0	0.0	0.0	0.0	28.0	12.0	4.0	0.0	0.0	0.0	28.00	195.31
15.00	0+750	I	35.20	113	97	96	96	96	96	96	17.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	68.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	68.00	48.83
16.00	0+800	D	42.30	108	98	97	97	97	97	97	11.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.00	78.13
17.00	0+850	I	45.30	117	100	98	97	97	97	97	20.0	3.0	1.0	0.0	0.0	0.0	80.0	12.0	4.0	0.0	0.0	0.0	80.00	45.96
18.00	0+900	D	44.10	112	98	94	93	93	93	93	19.0	5.0	1.0	0.0	0.0	0.0	76.0	20.0	4.0	0.0	0.0	0.0	76.00	55.80
19.00	0+950	I	40.60	105	98	97	97	97	97	97	8.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	32.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	32.00	111.61
20.00	1+000	D	42.90	107	95	93	93	93	93	93	14.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	56.0	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	56.00	65.10
																	Promedio						58.00	88.43
																	Valor Máximo						84.00	390.63

Fuente: Laboratorio de suelos, concreto y asfalto "Santa Cruz"

La figura N°8 nos detalla el cuenco de deflexiones, la cual confronta las deflexiones (10-2mm) obtenidas con las **distancias (mt) registradas a 25, 50, 100, 200, 300 y 500 cm** del punto inicial de aplicación de carga, apreciándose que a medida que la carga se aleja del punto inicial la deflexión va decreciendo hasta llegar a desaparecer. Asimismo, encontramos en la progresiva 0+600 el punto de deflexión máxima y todas las suscitadas de la vía evaluada.

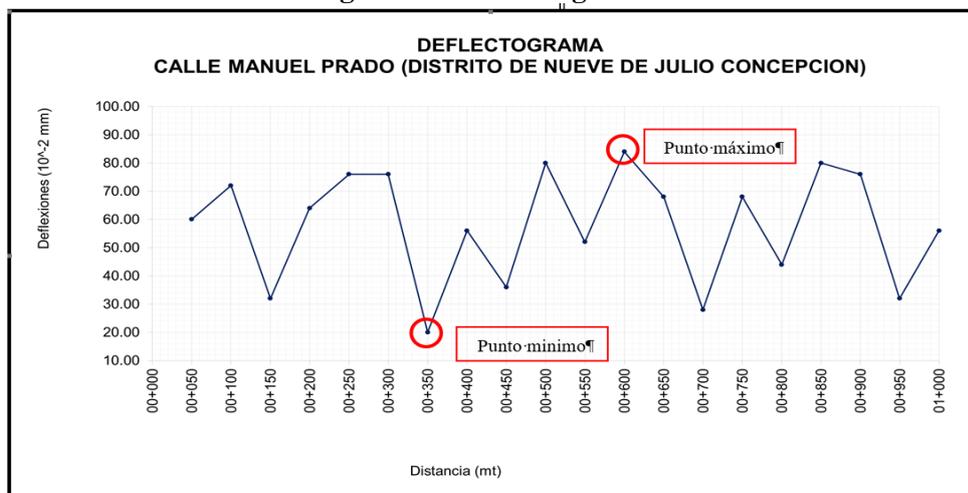
Figura N° 8 Cuenco de deflexiones



Fuente: Datos de la Tabla N°9

En la figura N°9 se muestra en base a la figura N°9 la contratación de la elaboración del deflectograma, el cual muestra los datos de la tabla N°12 en donde se muestra la variación de las deflexiones máximas por cada progresiva evaluada que en total fueron 20 registros. También vemos en este grafico en donde apreciaremos la **deflexión máxima y la deflexión mínima** obtenidas en cada progresiva de la vía.

Figura N° 9 Deflectograma



Fuente: Datos de la Tabla N°9

En la tabla N°10 se muestra las propiedades del peso específico de **mezclas asfálticas y la estabilidad Marshall**. Los resultados registrados fueron obtenidos respectivamente en los veinte (20) núcleos de diamantina extraídos de la carpeta asfáltica, en las respectivas progresivas de la vía evaluada. De ese modo, se verifica los valores de **estabilidad y flujo**, los cuales corresponden a la resistencia y deformación de la mezcla asfáltica en caliente (MAC).

Tabla N° 10 Mezclas bituminosas en prensa Marshall

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL - (MTC E - 504)																				
PESO ESPECÍFICO BULK DE MEZCLAS ASFÁLTICAS																				
IDENTIFICACIÓN	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-9	M-10	M-11	M-12	M-13	M-14	M-15	M-16	M-17	M-18	M-19	M-20
PROGRESIVA	0+050	0+100	0+150	0+200	0+250	0+300	0+350	0+400	0+450	0+500	0+550	0+600	0+650	0+700	0+750	0+800	0+850	0+900	0+950	0+1000
ESPESOR	4.32	5.30	4.30	4.60	5.00	4.50	4.30	4.50	5.00	5.10	4.32	5.20	4.32	4.10	4.20	4.40	4.80	4.90	4.75	4.66
PESO SECA AL AIRE	723.10	948.70	778.00	795.00	860.00	825.00	756.00	785.00	815.50	835.50	755.60	884.00	756.20	655.50	685.90	758.90	778.00	789.20	768.3	759.00
PESO SATURADA SECA	724.20	950.00	779.30	796.40	861.20	826.30	757.30	786.60	817.20	836.70	756.80	885.40	757.50	656.50	687.00	760.00	779.20	790.50	753.00	687.42
PESO SATURADA EN AGUA	410.00	530.00	435.00	450.00	488.50	456.00	425.50	435.90	455.00	465.50	425.00	488.50	415.50	365.20	378.50	418.90	436.90	435.90	424.23	455.00
PESO DEL AGUA ABSORBIDA	1.10	1.30	1.30	1.40	1.20	1.30	1.30	1.60	1.70	1.20	1.20	1.40	1.30	1.00	1.10	1.10	1.20	1.30	1.20	1.50
VOLUMEN	314.20	420.00	344.30	346.40	372.70	361.30	331.80	350.70	362.20	371.20	331.80	396.90	342.00	291.30	308.50	341.10	342.30	354.60	335.80	346.40
PESO ESPECÍFICO BULK	2.30	2.26	2.26	2.30	2.31	2.28	2.28	2.24	2.25	2.25	2.28	2.23	2.21	2.25	2.22	2.23	2.27	2.23	2.25	2.20
ESTABILIDAD MARSHALL																				
IDENTIFICACIÓN	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-9	M-10	M-11	M-12	M-13	M-14	M-15	M-16	M-17	M-18	M-19	M-20
PROGRESIVA	0+050	0+100	0+150	0+200	0+250	0+300	0+350	0+400	0+450	0+500	0+550	0+600	0+650	0+700	0+750	0+800	0+850	0+900	0+950	0+1000
FLUJO (mm)	3.81	3.56	3.56	4.06	3.30	4.06	3.05	3.30	4.32	3.81	4.32	3.81	4.06	4.57	4.82	3.81	4.31	5.08	4.20	3.12
ESTABILIDAD SIN CORRECCIÓN	285.00	405.20	355.60	315.60	420.00	389.50	285.00	298.50	285.00	305.00	289.80	325.00	300.00	220.00	120.50	275.50	325.50	275.60	318.2	305.1
FACTOR ESTABILIDAD	2.78	1.47	2.08	2.08	1.79	1.92	2.27	2.08	1.92	1.79	2.27	1.56	2.08	3.03	2.78	2.08	2.08	1.92	2.88	2.1
ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	792.00	596.00	740.00	656.00	752.00	748.00	647.00	621.00	547.00	546.00	658.00	507.00	624.00	667.00	585.00	573.00	677.00	529.00	532.00	556.00

Fuente: Laboratorio de suelos, concreto y asfalto "santa cruz"

Así mismo en la tabla N°11, que es el resumen de la tabla anterior N°12, se resalta los valores de espesores, estabilidad corregida y flujo obtenidos en las veinte (20) muestras de investigación. Donde podemos apreciar el espesor de cada probeta, estabilidad corregida de acuerdo a la carga ejercida en cada muestra y el flujo más alto está en la muestra número - 18 situada en la progresiva 0+900, y la muestra número - 7 en la progresiva 0+350 considerada la más baja de esta tabla.

Tabla N° 11 Resumen de mezclas bituminosas

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL - (MTC E 504)				
IDENTIFICACIÓN	PROGRESIVA	ESPESOR (cm)	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	FLUJO (mm)
M-1	0+050	4.32	792.00	3.81
M-2	0+100	5.30	596.00	3.56
M-3	0+150	4.30	740.00	3.56
M-4	0+200	4.60	656.00	4.06
M-5	0+250	5.00	752.00	3.30
M-6	0+300	4.50	748.00	4.06
M-7	0+350	4.30	647.00	3.05
M-8	0+400	4.50	621.00	3.30
M-9	0+450	5.00	547.00	4.32
M-10	0+500	5.10	546.00	3.81
M-11	0+550	4.32	658.00	4.32
M-12	0+600	5.20	507.00	3.81
M-13	0+650	4.32	624.00	4.06
M-14	0+700	4.10	667.00	4.57
M-15	0+750	4.20	585.00	4.82
M-16	0+800	4.40	573.00	3.81
M-17	0+850	4.80	677.00	4.31
M-18	0+900	4.90	529.00	5.08
M-19	0+950	4.75	532.00	4.20
M-20	1+000	4.66	556.00	3.12

Fuente: Laboratorio de suelos, concreto y asfalto "santa cruz"

4.2.2. Presentación de resultados de la variable independiente:

Evaluación funcional de la carpeta asfáltica.

En la tabla N°12 se presenta los veinte (20) puntos de secciones en investigación, se ha especificado las fallas identificadas en las progresivas sondeadas y detallando por magnitud del daño en un rango de calificación del PCI (Índice de condición del pavimento) y la identificación del tipo de falla como son: **(1) piel de cocodrilo, (3) agrietamiento en bloque, (11) parcheo, (13) huecos, (15) ahuellamiento, (19) desprendimiento de agregados**, estas fueron obtenidas a través de una calificación visual, cuya calificación oscila entre las categorías de **excelente, muy bueno, bueno, regular, malo, muy malo y fallado** de acuerdo al rango de calificación estas contienen un valor de daño, al finalizar como resultado se obtiene un promedio del PCI - Moderado este resultado del promedio del valor del PCI.

Tabla N° 12 Resumen del índice de condición del pavimento.

RESUMEN DE LA OBTENCIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI (ASTM D - 6433)											
N°	PROGRESIVAS	SECCIONES	FALLAS IDENTIFICADAS	VALOR DE PCI	RANGO DE CALIFICACION DEL PCI						
					EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	MALO	MUY MALO	FALLADO
					100 - 85	85 - 70	70 - 55	55 - 40	40 - 25	25 - 10	10 - 00
1	0+050	A - 01	(1M) piel de cocodrilo de grado medio, (3L) agrietamiento en bloque de grado bajo, (11L) parcheo de grado bajo, (19M) desprendimiento de agregados de grado medio.	48.00				X			
2	0+100	A - 02	(1M) piel de cocodrilo de grado medio, (3L) agrietamiento en bloque de grado bajo, (15L) ahuellamiento de grado bajo, (19L) desprendimiento de agregados de grado bajo.	38.00					X		
3	0+150	A - 03	(1H) piel de cocodrilo de grado alto, (11L) parcheo de grado bajo, (13L) huecos de grado bajo, (15L) ahuellamiento de grado bajo, (19M) desprendimiento de agregados de grado medio.	17.00						X	
4	0+200	A - 04	(1H) piel de cocodrilo de grado alto, (11M) parcheo de grado medio, (13L) huecos de grado bajo, (19L) desprendimiento de agregados de grado bajo.	18.00						X	
5	0+250	A - 05	(1M) piel de cocodrilo de grado medio, (3L) agrietamiento en bloque de grado bajo, (13M) huecos de grado medio, (15L) ahuellamiento de grado bajo, (19L) desprendimiento de agregados de grado bajo.	26.00					X		
6	0+300	A - 06	(1L) piel de cocodrilo de grado bajo, (3L) agrietamiento en bloque de grado bajo, (11L) parcheo de grado bajo, (19L) desprendimiento de agregados de grado bajo.	76.00		X					
7	0+350	A - 07	(1L) piel de cocodrilo de grado bajo, (3M) agrietamiento en bloque de grado medio, (15L) ahuellamiento de grado bajo, (19L) desprendimiento de agregados de grado bajo.	58.00			X				
8	0+400	A - 08	(1L) piel de cocodrilo de grado bajo, (3L) agrietamiento en bloque de grado bajo, (11L) parcheo de grado bajo, (19M) desprendimiento de agregados de grado medio.	68.00			X				
9	0+450	A - 09	(1L) piel de cocodrilo de grado bajo, (3L) agrietamiento en bloque de grado bajo, (11L) parcheo de grado bajo, (19L) desprendimiento de agregados de grado bajo.	70.00			X				
10	0+500	A - 10	(1L) piel de cocodrilo de grado bajo, (3L) agrietamiento en bloque de grado bajo, (11L) parcheo de grado bajo, (19L) desprendimiento de agregados de grado bajo.	68.00			X				
11	0+550	A - 11	(1L) piel de cocodrilo de grado bajo, (3L) agrietamiento en bloque de grado bajo, (19L) desprendimiento de agregados de grado bajo.	69.00			X				
12	0+600	A - 12	(1L) piel de cocodrilo de grado bajo, (3L) agrietamiento en bloque de grado bajo, (19L) desprendimiento de agregados de grado bajo.	72.00		X					
13	0+650	A - 13	(1M) piel de cocodrilo de grado medio, (3L) agrietamiento en bloque de grado bajo, (15L) ahuellamiento de grado bajo, (19L) desprendimiento de agregados de grado bajo.	58.00			X				
14	0+700	A - 14	(1L) piel de cocodrilo de grado bajo, (11L) parcheo de grado bajo, (19L) desprendimiento de agregados de grado bajo.	68.00			X				
15	0+750	A - 15	(1L) piel de cocodrilo de grado bajo, (11L) parcheo de grado bajo, (19L) desprendimiento de agregados de grado bajo.	68.00			X				
16	0+800	A - 16	(1L) piel de cocodrilo de grado bajo, (3L) agrietamiento en bloque de grado bajo, (19L) desprendimiento de agregados de grado bajo.	74.00		X					
17	0+850	A - 17	(1L) piel de cocodrilo de grado bajo, (3L) agrietamiento en bloque de grado bajo, (11L) parcheo de grado bajo, (19L) desprendimiento de agregados de grado bajo.	79.00		X					
18	0+900	A - 18	(1M) piel de cocodrilo de grado medio, (3L) agrietamiento en bloque de grado bajo, (15L) ahuellamiento de grado bajo, (19L) desprendimiento de agregados de grado bajo.	38.00					X		
19	0+950	A - 19	(1M) piel de cocodrilo de grado medio, (3L) agrietamiento en bloque de grado bajo, (15L) ahuellamiento de grado bajo, (19L) desprendimiento de agregados de grado bajo.	47.00			X				
20	0+1000	A - 20	(1L) piel de cocodrilo de grado bajo, (3L) agrietamiento en bloque de grado bajo, (19L) desprendimiento de agregados de grado bajo.	67.00			X				
PROMEDIO DEL PCI - MODERADO				56.35				X			

Fuente: Elaboración propia

La tabla N° 13 se detalla el índice de condición del pavimento (PCI) obtenido en cada tramo de investigación mostrada en progresivas de la vía evaluada, se categoriza en una escala definida en una **calificación de niveles de daño** las cuales oscilan desde: **muy malo, malo, regular, bueno y muy bueno.**

Tabla N° 13 Índice de condición del pavimento.

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI - (NORMA ASTM D-6433)				
ÍTEM	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	PCI	Calificación del PCI
1	0+050	0+085	48	REGULAR
2	0+100	0+135	38	MALO
3	0+150	0+185	17	MUY MALO
4	0+200	0+235	18	MUY MALO
5	0+250	0+285	26	MALO
6	0+300	0+335	76	MUY BUENO
7	0+350	0+385	58	BUENO
8	0+400	0+435	68	BUENO
9	0+450	0+485	70	BUENO
10	0+500	0+535	68	BUENO
11	0+550	0+585	69	BUENO
12	0+600	0+635	72	MUY BUENO
13	0+650	0+685	58	BUENO
14	0+700	0+735	68	BUENO
15	0+750	0+785	68	BUENO
16	0+800	0+835	74	MUY BUENO
17	0+850	0+885	79	MUY BUENO
18	0+900	0+935	38	MALO
19	0+950	0+985	47	REGULAR
20	1+000	1+035	67	BUENO

Fuente: Laboratorio de suelos, concreto y asfalto "santa cruz"

En la tabla N°14 se muestra los valores se calcula el índice de serviciabilidad del pavimento (PSI), cuyos valores de igual forma se encuentran en el rango de **bueno**, **regular**, **malo**, y **muy malo**.

Tabla N° 14 Índice de serviciabilidad del pavimento

ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO PSI - (NORMA AASHTO-93)				
ÍTEM	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	PSI	Calificación del PSI
1	0+050	0+085	3.5	BUENO
2	0+100	0+135	3.3	BUENO
3	0+150	0+185	0.9	MUY MALO
4	0+200	0+235	1.0	MALO
5	0+250	0+285	2.9	REGULAR
6	0+300	0+335	3.9	BUENO
7	0+350	0+385	3.3	BUENO
8	0+400	0+435	3.9	BUENO
9	0+450	0+485	3.5	BUENO
10	0+500	0+535	3.7	BUENO
11	0+550	0+585	3.9	BUENO
12	0+600	0+635	3.2	BUENO
13	0+650	0+685	2.9	REGULAR
14	0+700	0+735	2.7	REGULAR
15	0+750	0+785	3.9	BUENO
16	0+800	0+835	3.7	BUENO
17	0+850	0+885	3.8	BUENO
18	0+900	0+935	3.2	BUENO
19	0+950	0+985	3.3	BUENO
20	1+000	1+035	3.5	BUENO

Fuente: Laboratorio de suelos, concreto y asfalto "santa cruz"

En la tabla N°15 se presenta los veinte (20) puntos de investigación, así como el resultado en valores del Índice de Regularidad Internacional (IRI) obtenidas a través del ensayo de rugosímetro conocido como “bicicleta de Merlín”, cuya calificación oscila entre las categorías de regular a bueno.

Tabla N° 15 Índice de rugosidad del pavimento

INDICE DE RUGOSIDAD DEL PAVIEMTO IRI- (NORMA E:0.10)				
ÍTEM	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	IRI (m/km)	Calificación del IRI
1	0+050	0+085	3.2	BUENO
2	0+100	0+135	3.5	BUENO
3	0+150	0+185	7.2	REGULAR
4	0+200	0+235	7.1	REGULAR
5	0+250	0+285	4.1	REGULAR
6	0+300	0+335	2.6	BUENO
7	0+350	0+385	3.5	BUENO
8	0+400	0+435	2.5	BUENO
9	0+450	0+485	3.1	BUENO
10	0+500	0+535	2.8	BUENO
11	0+550	0+585	2.5	BUENO
12	0+600	0+635	3.6	BUENO
13	0+650	0+685	4.1	REGULAR
14	0+700	0+735	4.5	REGULAR
15	0+750	0+785	2.6	BUENO
16	0+800	0+835	2.9	BUENO
17	0+850	0+885	2.7	BUENO
18	0+900	0+935	3.6	BUENO
19	0+950	0+985	3.4	BUENO
20	1+000	1+035	3.2	BUENO

Fuente: Laboratorio de suelos, concreto y asfalto “santa cruz”

En la tabla N°16 se presenta un resumen total de los veinte (20) puntos de secciones en investigación, en los cuales se realizaron evaluaciones estructurales y funcionales dando como resultado las variables categóricas y variables numéricas, donde se ha especificado las fallas identificadas en las progresivas sondeadas y detallando por magnitud del daño en un rango de calificación generando como resultado final el tipo de intervención tendría el pavimento.

Tabla N° 16 Resumen de datos de la variables de evaluación estructural y evaluación funcional.

Progresiva	N°	Evaluación Estructural							Evaluación Funcional						Nivel de intervención en el pavimento
		Deflexión Máxima (10 ⁻² mm)	Radio de Curvatura (m)	calificación de deflectometría	Estabilidad (kg)	Flujo (mm)	calificación de resistencia MAC	Espesor (cm)	PCI (%)	Calificación del PCI	IRI	Calificación del IRI	PSI	Calificación del PSI	
0+050	1	60.0	65.1	Medio	792.00	3.81	Alto	4.32	48	REGULAR	3.2	BUENO	3.5	BUENA	Mantenimiento
0+100	2	72.0	60.1	Alto	596.00	3.56	Bajo	5.30	38	MALO	3.5	BUENO	3.3	BUENA	Mantenimiento
0+150	3	32.0	111.6	Bajo	740.00	3.56	Alto	4.30	17	MUY MALO	7.2	REGULAR	0.9	MUY POBRE	Reconstrucción
0+200	4	64.0	55.8	Medio	656.00	4.06	Medio	4.60	18	MUY MALO	7.1	REGULAR	1.0	MUY POBRE	Reconstrucción
0+250	5	76.0	55.8	Alto	752.00	3.30	Alto	5.00	26	MALO	4.1	REGULAR	2.9	ACEPTABLE	Rehabilitación
0+300	6	76.0	52.1	Alto	748.00	4.06	Alto	4.50	76	MUY BUENO	2.6	BUENO	3.9	BUENA	Mantenimiento
0+350	7	20.0	390.6	Bajo	647.00	3.05	Medio	4.30	58	BUENO	3.5	BUENO	3.3	BUENA	Mantenimiento
0+400	8	56.0	60.1	Medio	621.00	3.30	Medio	4.50	68	BUENO	2.5	BUENO	3.9	ACEPTABLE	Rehabilitación
0+450	9	36.0	97.7	Bajo	547.00	4.32	Bajo	5.00	70	BUENO	3.1	BUENO	3.5	BUENA	Mantenimiento
0+500	10	80.0	39.1	Alto	546.00	3.81	Bajo	5.10	68	BUENO	2.8	BUENO	3.7	BUENA	Mantenimiento
0+550	11	52.0	71.0	Medio	658.00	4.32	Medio	4.32	69	BUENO	2.5	BUENO	3.9	BUENA	Mantenimiento
0+600	12	84.0	48.8	Alto	507.00	3.81	Bajo	5.20	72	MUY BUENO	3.6	BUENO	3.2	BUENA	Mantenimiento
0+650	13	68.0	60.1	Medio	624.00	4.06	Medio	4.32	58	BUENO	4.1	REGULAR	2.9	ACEPTABLE	Rehabilitación
0+700	14	28.0	195.3	Bajo	667.00	4.57	Medio	4.10	68	BUENO	4.5	REGULAR	2.7	ACEPTABLE	Rehabilitación
0+750	15	68.0	48.8	Medio	585.00	4.82	Bajo	4.20	68	BUENO	2.6	BUENO	3.9	BUENA	Mantenimiento
0+800	16	44.0	78.1	Bajo	573.00	3.81	Bajo	4.40	74	MUY BUENO	2.9	BUENO	3.7	BUENA	Mantenimiento
0+850	17	80.0	46.0	Alto	677.00	4.31	Medio	4.80	79	MUY BUENO	2.7	BUENO	3.8	BUENA	Mantenimiento
0+900	18	76.0	55.8	Alto	529.00	5.08	Bajo	4.90	38	MALO	3.6	BUENO	3.2	BUENA	Mantenimiento
0+950	19	32.0	111.6	Bajo	532.00	4.20	Bajo	4.75	47	REGULAR	3.4	BUENO	3.3	BUENA	Mantenimiento
1+000	20	56.0	65.1	Medio	556.00	3.12	Bajo	4.66	67	BUENO	3.2	BUENO	3.5	ACEPTABLE	Rehabilitación

Fuente: Elaboración propia

4.3. Procesamiento estadístico de los datos:

Están en relación se ven las evaluaciones realizadas como son: Independientes - Dependientes// Estructural – Funcional// Categóricos - Numéricos

4.3.1. Estadísticos de la variable independiente: evaluación estructural

a). Estadísticos categóricos.

En la tabla N°17 se muestra los 20 puntos evaluados, con un válido de frecuencias calificados de 7 en índice alto, 7 en índice medio y 6 en índice bajo, en estos valores tendremos calificación por porcentajes validos de 35%, 35% y de 30% haciendo un total de 100% de la misma manera en los porcentajes acumulados en 35%, 70%y 100% correspondiente a cada válido

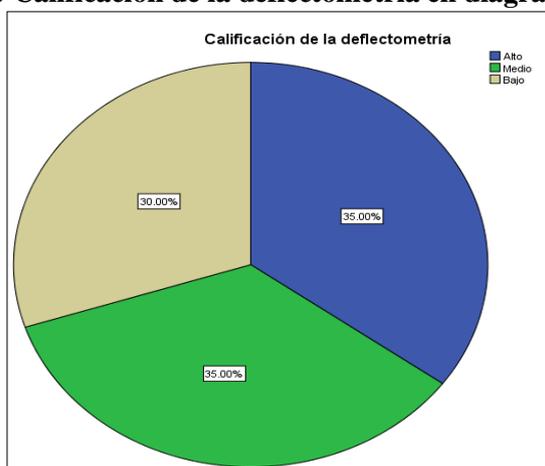
Tabla N° 17 Estadístico categórico de la calificación de la deflectometría

Calificación de la deflectometría					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Alto	7	35.0	35.0	35.0
	Medio	7	35.0	35.0	70.0
	Bajo	6	30.0	30.0	100.0
Total		20	100.0	100.0	

Fuente: Elaboración propia con software SPSS

En la figura N°10 se muestra la representación de porcentaje válido en el diagrama pastel de la calificación de la deflectometría.

Figura N° 10 Calificación de la deflectometría en diagrama pastel



Fuente: Elaboración propia con software SPSS

En la tabla N°18 se muestra que los 20 puntos evaluados con una calificación válido por frecuencias de 4 en índice alto, 7 en índice medio y 9 en índice bajo, en estos valores tendremos calificación en evaluación de porcentajes validos de 20%, 35% y de 45% haciendo un total de 100% de la misma manera en los porcentajes acumulados en 20%, 55%y 100% como se presenta a continuación.

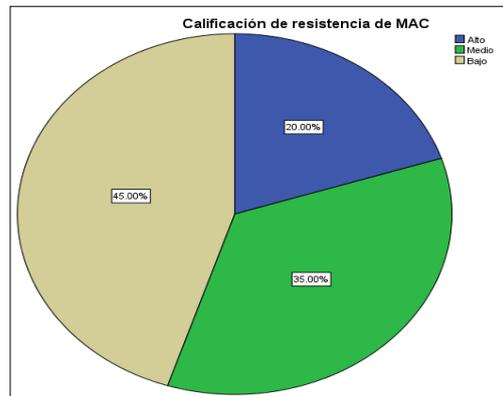
Tabla N° 18 Calificación de resistencia de MAC

Calificación de resistencia de MAC					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Alto	4	20.0	20.0	20.0
	Medio	7	35.0	35.0	55.0
	Bajo	9	45.0	45.0	100.0
Total		20	100.0	100.0	--

Fuente: Elaboración propia con software SPSS

En la figura N°11 se muestra la representación de porcentaje valido en el diagrama pastel de la resistencia MAC.

Figura N° 11 Calificación de resistencia del MAC en diagrama pastel



Fuente: Elaboración propia con software SPSS

b). Estadísticos numéricos.

En la tabla N°19 se muestra las sub variables de deflexión máxima (10^{-2} mm), radio de curvatura (m), estabilidad corregida Marshall, flujo Marshall (mm), espesor de carpeta asfáltica (cm). En el cual detallaremos las medidas de tendencia central como media, mediana, moda, para cada una de las sub variables mencionadas asimismo se detallan las medidas de dispersión tales como desviación estándar, varianza, error estándar de la media. También se indican las medidas de forma tales como asimetría, error estándar de asimetría, error estándar de curtosis para cada una de las sub variables mencionadas.

Tabla N° 19 Estadísticos numéricos de deflexión máxima, radio de curvatura, estabilidad corregida Marshall, flujo Marshall, espesor de carpeta asfáltica.

Estadísticos						
		Deflexión Máxima (10^{-2} mm)	Radio de Curvatura (m)	Estabilidad Corregida Marshall	Flujo Marshall (mm)	Espesor de Carpeta Asfáltica (cm)
N°	Válido	20	20	20	20	20
	Perdidos	0	0	0	0	0
Medidas de tendencia central						
	Media	58.00	88.430	627.650	3.947	4.629
	Mediana	62.00	60.100	622.500	3.935	4.550
	Moda	76.0	55.8 ^a	507.00 ^a	3.81	4.32

Medidas de forma					
Asimetría	-.520	3.306	.444	.212	.408
Error estándar de asimetría	.512	.512	.512	.512	.512
Curtosis	-1.025	11.917	-.802	-.306	-1.055
Error estándar de curtosis	.992	.992	.992	.992	.992
a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.					

Fuente: Elaboración propia con software SPSS

4.3.2. Estadísticos de la variable dependiente: evaluación funcional

a) Estadísticos categóricos

En la tabla N°20 calificación de frecuencias de 4 en índice muy buena, 9 en índice buena, 2 en índice regular, 3 en índice mala y 2 en índice muy mala en total. En estos tendremos calificación en porcentajes valido de 20%, 45%, 10% 15% y 10% con un total de 100% de la misma manera el porcentaje acumulado tenemos 20, 65, 75,90 y100% como se presenta.

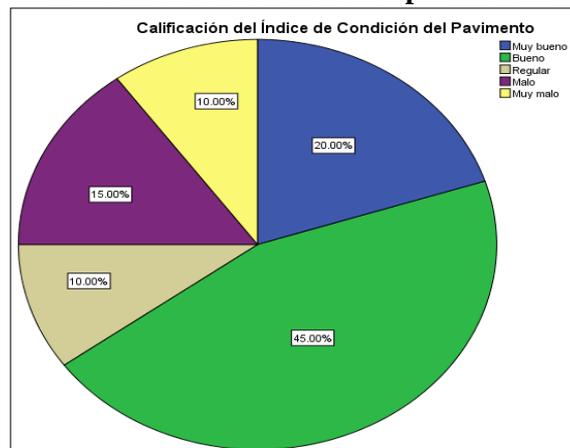
Tabla N° 20 Calificación del índice de condición del pavimento.

Calificación del Índice de Condición del Pavimento					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Muy bueno	4	20.0	20.0	20.0
	Bueno	9	45.0	45.0	65.0
	Regular	2	10.0	10.0	75.0
	Malo	3	15.0	15.0	90.0
	Muy malo	2	10.0	10.0	100.0
Total		20	100.0	100.0	--

Fuente: Elaboración propia con software SPSS

En la figura N°12 se muestra la representación de porcentaje valido en el diagrama pastel de la condición del pavimento.

Figura N° 12 Calificación del índice de pavimento en diagrama pastel



Fuente: Elaboración propia con software SPSS

En la tabla N°22 muestra 20 puntos evaluados con una calificación valido por frecuencias de 15 en índice bueno y 5 en índice regular, en estos valores

tendremos calificación en evaluación de porcentajes validos de 75%, y 25% haciendo un total de 100% que de la misma manera en los porcentajes acumulados en 75% y 100% como se presenta.

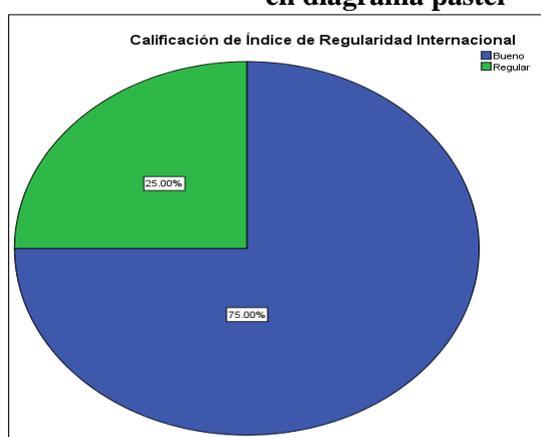
Tabla N° 21 Calificación del índice de regularidad internacional

Calificación de índice de regularidad internacional					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Bueno	15	75.0	75.0	75.0
	Regular	5	25.0	25.0	100.0
Total		20	100.0	100.0	--

Fuente: Elaboración propia con software SPSS

En la figura N°13 se muestra la representación de porcentaje valido en el diagrama pastel del índice regularidad internacional.

Figura N° 13 Calificación de índice de regularidad internacional en diagrama pastel



Fuente: Elaboración propia con software SPSS

En el cuadro N°22 los 20 puntos evaluados con una calificación valido por frecuencias de 5 en índice aceptable, 13 en índice regular y 2 en índice pobre en estos valores tendremos calificación en evaluación de porcentajes validos de 25%, 65% y 10% haciendo un total de 100% que de la misma manera en los porcentajes acumulados en 25%, 90% y 100%.

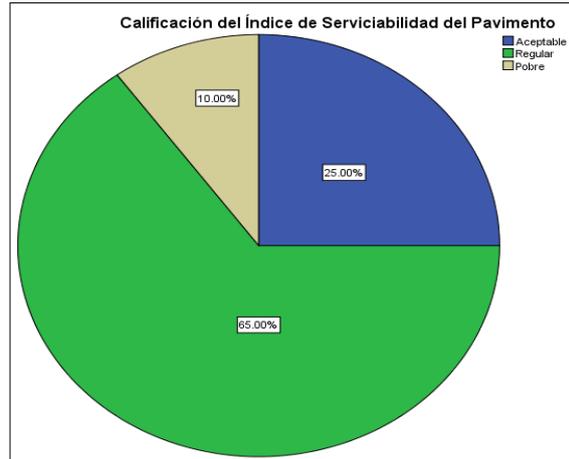
Tabla N° 22 Calificación del índice de serviciabilidad del pavimento

Calificación del índice de serviciabilidad del pavimento					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Aceptable	5	25.0	25.0	25.0
	Regular	13	65.0	65.0	90.0
	Pobre	2	10.0	10.0	100.0
Total		20	100.0	100.0	--

Fuente: Elaboración propia con software SPSS

En la figura N°14 se muestra la representación de porcentaje valido en el diagrama pastel de la serviciabilidad del pavimento.

Figura N° 14 Calificación del índice de serviciabilidad del pavimento



Fuente: Elaboración propia con software SPSS

b) Estadísticos numéricos

En la tabla N°23 se muestra los de estadísticos numéricos de una base de datos donde tenemos las sub variables de IRI, PSI, PCI, en el cual detallaremos las medidas de tendencia central como media, mediana, moda, para cada una de las sub variables mencionadas asimismo se detallan las medidas de dispersión tales como desviación estándar, varianza, error estándar de la media. También se indican las medidas de forma tales como asimetría, error estándar de asimetría, curtosis, error estándar de curtosis para cada una de las sub variables mencionadas.

Tabla N° 23 Estadístico numérico

Estadísticos				
		Índice de Regularidad Internacional del Pavimento (m/km)	Índice de Serviciabilidad del Pavimento	Índice de Condición del Pavimento (%)
N°	Válido	20	20	20
N°	Perdidos	0	0	0
Medidas de tendencia central				
Media		3.635	3.100	56.35
Mediana		3.300	3.300	67.50
Moda		2.5	2.7	68
Medidas de forma				
Asimetría		2.012	-1.743	-.932
Error estándar de asimetría		0.512	0.512	0.512
Curtosis		3.755	2.958	-.368
Error estándar de Curtosis		0.992	0.992	0.992
a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.				

Fuente: Elaboración propia con software SPSS

4.4. Contrastación de pruebas de hipótesis

4.4.1. Pruebas de hipótesis específicas.

a) Hipótesis específica “a”

Con respecto a la problemática siguiente: **¿Existen diferencias cuantitativas entre los indicadores estructurales y funcionales de la carpeta asfáltica?**, cuyo objetivo es comparar e identificar las diferencias cuantitativas en el grado de seguridad.

No existe diferencias cuantitativas de los indicadores estructurales con respecto a los indicadores funcionales de la carpeta asfáltica, al evidenciar niveles de significancia mayores a 0.05

Por consiguiente, en la tabla N°24 se realiza la prueba de hipótesis, la evaluación estructural como: **(deflexión máxima, radio de curvatura, estabilidad corregida Marshall, flujo Marshall, espesor de carpeta asfáltica)** versus la evaluación funcional: **(índice de serviciabilidad del pavimento)**.

Tabla N° 24 Prueba estadísticas de las sub variables

Estadísticas de grupo					
	Índice de Serviciabilidad del Pavimento	N°	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Deflexión Máxima (10 ⁻² mm)	Aceptable	5	56.800	18.1989	8.138
	Regular	13	60.000	21.1660	5.870
Radio de Curvatura (m)	Aceptable	5	87.280	60.4747	27.045
	Regular	13	89.600	92.8388	25.748
Estabilidad Corregida Marshall	Aceptable	5	644.00	72.2253	32.300
	Regular	13	610.54	88.4285	24.525
Flujo Marshall (mm)	Aceptable	5	3.670	0.6201	.2773
	Regular	13	4.074	0.5285	.1466
Espesor de Carpeta Asfáltica (cm)	Aceptable	5	4.516	0.3415	.1527
	Regular	13	4.699	0.3809	.1056

Fuente: Elaboración propia con software SPSS

Sin embargo, en la tabla N°25, se detalla el estadístico T de Student para muestras independientes que tenemos la p (sig. bilateral) **nivel de significancia o precisión** planteado en cálculo de la muestra de investigación de **5% ($\alpha = 0.05$)**.

Tabla N° 25 Prueba T de Student para evaluar las variables.

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de calidad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Deflexión Máxima (10 ⁻² mm)	Se asumen varianzas iguales	1.026	.326	-29	16	.770	-3.200	10.7692	-26.029	19.629
	No se asumen varianzas iguales			-31	8.48	.758	-3.200	10.0350	-26.114	19.714
Radio de Curvatura (m)	Se asumen varianzas iguales	.046	.833	-.05	16	.960	-2.320	45.2029	-98.145	93.5058
	No se asumen varianzas iguales			-.06	11.41	.952	-2.320	37.3422	-84.148	79.508
	Se asumen varianzas iguales	.682	.421	.75	16	.464	33.461	44.55574	-60.992	127.915

Estabilidad Corregida Marshall	No se asumen varianzas iguales			.82	8.95	.431	33.461	40.55623	-58.360	125.283
Flujo Marshall (mm)	Se asumen varianzas iguales	.520	.481	-1.38	16	.184	-.403	.29096	-1.020	.212
	No se asumen varianzas iguales			-1.29	6.38	.243	-.403	.31371	-1.160	.352
Espesor de Carpeta Asfáltica (cm)	Se asumen varianzas iguales	.807	.382	-.94	16	.363	-.183	.19549	-.597	.231
	No se asumen varianzas iguales			-.99	8.12	.352	-.183	.18574	-.610	.243

Fuente: Elaboración propia con software SPSS

En la tabla N°26 se realiza la prueba de hipótesis, para la evaluación estructural tenemos (**deflexión máxima, radio de curvatura, estabilidad corregida Marshall, flujo Marshall, espesor de carpeta asfáltica**) versus la evaluación funcional (**índice de regularidad internacional**).

Tabla N° 26 Pruebas estadísticas de muestras emparejadas para las sub variables índice de regularidad internacional

Estadísticas de grupo					
	Índice de Regularidad Internacional	N°	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Deflexión Máxima (10 ⁻² mm)	Bueno	15	59.467	19.6464	5.0727
	Regular	5	53.600	22.0182	9.8468
Radio de Curvatura (m)	Bueno	15	86.000	86.4806	22.3292
	Regular	5	95.720	60.4656	27.0410
Estabilidad Corregida Marshall	Bueno	15	607.60	83.1477	21.4686
	Regular	5	687.80	55.5895	24.8601
Flujo Marshall (mm)	Bueno	15	3.9587	0.57710	0.14901
	Regular	5	3.9100	0.49376	0.22082
Espesor de Carpeta Asfáltica (cm)	Bueno	15	4.6833	0.35644	0.09203
	Regular	5	4.4640	0.34854	0.15587

Fuente: Elaboración propia con software SPSS

Sin embargo, es necesario probar si dicha diferencia es significativa, para lo cual en la tabla N°27 se detalla el estadístico T de Student para muestras independientes que tenemos la p (sig. bilateral) **nivel de significancia o precisión** planteado en cálculo de la muestra de investigación de **5% ($\alpha = 0.05$)**.

Tabla N°27 Prueba T de Student para las sub variables

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de calidad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior	
Deflexión Máxima (10 ⁻² mm)	Se asumen varianzas iguales	.321	.578	.562	18	.581	5.866	10.430	-16.045	27.779
	No se asumen varianzas iguales			.530	6.278	.615	5.866	11.076	-20.948	32.681
Radio de Curvatura (m)	Se asumen varianzas iguales	.000	.986	-.231	18	.820	-9.720	42.045	-98.054	78.614
	No se asumen varianzas iguales			-.277	9.988	.787	-9.720	35.068	-87.870	68.430
Estabilidad Corregida Marshall	Se asumen varianzas iguales	.815	.379	-1.994	18	.061	-80.20	40.212	-164.68	4.283
	No se asumen varianzas iguales			-2.442	10.51	.034	-80.20	32.847	-152.90	-7.4985
	Se asumen varianzas iguales	.178	.678	.168	18	.868	.0487	.2890	-.5585	.6558

Flujo Marshall (mm)	No se asumen varianzas iguales			.183	7.998	.860	.0486	.2663	-.5656	.6629
Espesor de Carpeta Asfáltica (cm)	Se asumen varianzas iguales	.141	.711	1.197	18	.247	.2193	.1832	-.1654	.6041
	No se asumen varianzas iguales			1.212	7.031	.265	.2193	.1810	-.2083	.6469

Fuente: Elaboración propia con software SPSS.

Por consiguiente, en la tabla N°28 se realiza la prueba de hipótesis, para la evaluación estructural tenemos (**deflexión máxima, radio de curvatura, estabilidad corregida Marshall, flujo Marshall, espesor de carpeta asfáltica**) versus la evaluación funcional (**índice de condición del pavimento**).

Tabla N° 28 Prueba estadísticas de muestras emparejadas para las sub variables índice de condición del pavimento.

Estadísticas de grupo					
	Calificación del Índice de Condición del Pavimento	N°	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Deflexión Máxima (10 ⁻² mm)	Muy bueno	4	71.000	18.293	9.147
	Muy malo	2	48.000	22.627	16.000
Radio de Curvatura (m)	Muy bueno	4	56.250	14.778	7.389
	Muy malo	2	83.700	39.456	27.900
Estabilidad Corregida Marshall	Muy bueno	4	626.25	107.167	53.584
	Muy malo	2	698.00	59.397	42.000
Flujo Marshall (mm)	Muy bueno	4	3.997	0.2394	0.1197
	Muy malo	2	3.810	0.3536	0.250
Espesor de Carpeta Asfáltica (cm)	Muy bueno	4	4.725	0.3594	0.1797
	Muy malo	2	4.450	0.2121	0.1500

Fuente: Elaboración propia con software SPSS

Sin embargo, es necesario probar si dicha diferencia es significativa para lo cual en la tabla N°29, se detalla el estadístico T de Student para muestras independientes que tenemos la p (sig. bilateral) **nivel de significancia o precisión** planteado en cálculo de la muestra de investigación de **5% ($\alpha = 0.05$)**.

Tabla N° 29 Prueba T de Student para las sub variables.

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de calidad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Deflexión Máxima (10 ⁻² mm)	Se asumen varianzas iguales	.121	.745	1.364	4	.244	23.0000	16.8597	-23.8101	69.810
	No se asumen varianzas iguales			1.248	1.70	.357	23.0000	18.4300	-71.3448	117.344
Radio de Curvatura (m)	Se asumen varianzas iguales	8.644	.042	-1.348	4	.249	-27.4500	20.3655	-83.9938	29.094
	No se asumen varianzas iguales			-9.51	1.14	.499	-27.4500	28.8619	-301.5381	246.638
Estabilidad Corregida Marshall	Se asumen varianzas iguales	2.223	.210	-8.50	4	.443	-71.7500	84.3905	-306.0557	162.556
	No se asumen varianzas iguales			-1.054	3.66	.356	-71.7500	68.0825	-267.7518	124.252
Flujo Marshall (mm)	Se asumen varianzas iguales	.667	.460	.795	4	.471	.18750	.23593	-.46755	.8426
	No se asumen varianzas iguales			.676	1.48	.589	.18750	.27717	-1.50416	1.879
Espesor de Carpeta	Se asumen varianzas iguales	.980	.378	.966	4	.389	.27500	.28477	-.51565	1.066

Asfáltica (cm)	No se asumen varianzas iguales			1.175	3.56	.313	.27500	.23408	-.41174	.9617
----------------	--------------------------------	--	--	-------	------	------	--------	--------	---------	-------

Fuente: Elaboración propia con software SPSS

Por tanto, al evidenciar en todos los casos que:

- La hipótesis evaluada con pruebas de muestras independientes, T de student, donde se asumen el nivel de significancia (P) mostrando un nivel mayor que el nivel de significancia planteado, es decir $P < 5\%$, por tanto, se comprueba que **NO** existe diferencias significativas entre las variables involucradas.

Se rechaza la hipótesis.

No existe diferencias cuantitativas de los indicadores estructurales (deflexión máxima, radio de curvatura, estabilidad corregida Marshall, flujo Marshall, espesor de carpeta) con respecto a los indicadores funcionales (PCI, IRI y PSI) de la carpeta asfáltica, al evidenciar niveles de significancia mayores a 0.05

b) Hipótesis específica “b”

Con respecto a la problemática siguiente: **¿Cuál es la correlación entre los indicadores estructurales y funcionales de la carpeta asfáltica?**, cuyo objetivo es **determinar la correlación** al determinar que:

No existe correlación entre los indicadores estructurales con respecto a los indicadores funcionales de la carpeta asfáltica, al evidenciar niveles de significancia mayores a 0.05.

En la tabla N°30 se realiza la prueba de hipótesis, aplicando correlaciones, donde se verifica el valor considerado como ínfima **correlación de Pearson 0.062** asimismo, se verifica que el nivel de **significancia bilateral es de 0.796**.

Tabla N° 30 Correlación de Pearson entre las Sub Variables de Deflexión Máxima y Índice de Condición del Pavimento

Correlaciones			
		Deflexión Máxima (10 ⁻² mm)	Índice de Condición del Pavimento (%)
Deflexión Máxima (10 ⁻² mm)	Correlación de Pearson	1	.062
	Sig. (bilateral)	--	.796
	N°	20	20
Índice de Condición del Pavimento (%)	Correlación de Pearson	.062	1
	Sig. (bilateral)	.796	--
	N°	20	20

Fuente: Reporte del Software SPSS Statistics - Elaboración propia.

En la tabla N°31 se realiza la prueba de hipótesis, aplicando correlaciones, donde se verifica el valor considerado como ínfima **correlación de Pearson – 0.002** asimismo, se verifica que el nivel de **significancia bilateral es de 0.993**.

Tabla N° 31 Correlación de pearson entre las sub variables de índice de condición del pavimento y radio de curvatura.

Correlaciones			
		Radio de Curvatura (m)	Índice de Condición del Pavimento (%)
Radio de Curvatura (m)	Correlación de Pearson	1	-.002
	Sig. (bilateral)	0	.993
	N°	20	20
Índice de Condición del Pavimento (%)	Correlación de Pearson	-.002	1
	Sig. (bilateral)	.993	--
	N°	20	20

Fuente: Reporte del Software SPSS Statistics - Elaboración propia.

En la tabla N°32 se realiza la prueba de hipótesis, aplicando correlaciones, donde se verifica el valor considerado como ínfima **correlación de Pearson -0.298** asimismo, se verifica que el nivel de **significancia bilateral es de 0.202**.

Tabla N° 32 Correlación de Pearson entre las Sub Variables de Índice de Condición del Pavimento y Estabilidad Corregida Marshall.

Correlaciones			
		Estabilidad Corregida Marshall	Índice de Condición del Pavimento (%)
Estabilidad Corregida Marshall	Correlación de Pearson	1	-.298
	Sig. (bilateral)	--	.202
	N°	20	20
Índice de Condición del Pavimento (%)	Correlación de Pearson	-.298	1
	Sig. (bilateral)	.202	--
	N°	20	20

Fuente: Reporte del Software SPSS Statistics - Elaboración propia.

En la tabla N°33 se realiza la prueba de hipótesis, aplicando correlaciones, donde se verifica el valor considerado como ínfima **correlación de Pearson 0.146** asimismo, se verifica que el nivel de **significancia bilateral es de 0.539**.

Tabla N° 33 Correlación de Pearson entre las Sub Variables de Índice de Condición del Pavimento y Flujo Marshall.

Correlaciones			
		Flujo Marshall (mm)	Índice de Condición del Pavimento (%)
Flujo Marshall (mm)	Correlación de Pearson	1	.146
	Sig. (bilateral)	0	.539
	N°	20	20
Índice de Condición del Pavimento (%)	Correlación de Pearson	.146	1
	Sig. (bilateral)	.539	--
	N°	20	20

Fuente: Reporte del Software SPSS Statistics - Elaboración propia.

En la tabla N°34 se realiza la prueba de hipótesis, aplicando correlaciones, donde se verifica el valor considerado como ínfima **correlación de Pearson 0.228** asimismo, se verifica que el nivel de **significancia bilateral es de 0.335**.

Tabla N° 34 Correlación de Pearson entre las Sub Variables de Índice de Regularidad Internacional del Pavimento y Deflexión Máxima.

Correlaciones			
		Deflexión Máxima (10 ⁻² mm)	Índice de Regularidad Internacional del Pavimento (m/km)
Deflexión Máxima (10 ⁻² mm)	Correlación de Pearson	1	-.228
	Sig. (bilateral)	--	.335
	N°	20	20

Índice de Regularidad Internacional del Pavimento (m/km)	Correlación de Pearson	-.228	1
	Sig. (bilateral)	.335	--
	Nº	20	20

Fuente: Reporte del Software SPSS Statistics - Elaboración propia.

En la tabla N°35 se realiza la prueba de hipótesis, aplicando correlaciones, donde se verifica el valor considerado como ínfima **correlación de Pearson 0.114** asimismo, se verifica que el nivel de **significancia bilateral es de 0.632**.

Tabla N°35 Correlación de Pearson entre las Sub Variables de Índice de Regularidad Internacional del Pavimento y Radio de Curvatura

Correlaciones			
		Radio de Curvatura (m)	Índice de Regularidad Internacional del Pavimento (m/km)
Radio de Curvatura (m)	Correlación de Pearson	1	.114
	Sig. (bilateral)	0	.632
	Nº	20	20
Índice de Regularidad Internacional del Pavimento (m/km)	Correlación de Pearson	.114	1
	Sig. (bilateral)	.632	--
	Nº	20	20

Fuente: Reporte del Software SPSS Statistics - Elaboración propia.

En la tabla N°36 se realiza la prueba de hipótesis, aplicando correlaciones, donde se verifica el valor considerado como ínfima **correlación de Pearson 0.274** asimismo, se verifica que el nivel de **significancia bilateral es de 0.243**.

Tabla N° 36 Correlación de Pearson entre las Sub Variables de Índice de Regularidad Internacional del Pavimento y Estabilidad Corregida Marshall

Correlaciones			
		Estabilidad Corregida Marshall	Índice de Regularidad Internacional del Pavimento (m/km)
Estabilidad Corregida Marshall	Correlación de Pearson	1	.274
	Sig. (bilateral)	--	.243
	Nº	20	20
Índice de Regularidad Internacional del Pavimento (m/km)	Correlación de Pearson	.274	1
	Sig. (bilateral)	.243	--
	Nº	20	20

Fuente: Reporte del Software SPSS Statistics - Elaboración propia.

En la tabla N°37 se realiza la prueba de hipótesis, aplicando correlaciones, donde se verifica el valor considerado como ínfima **correlación de Pearson 0.090** asimismo, se verifica que el nivel de **significancia bilateral es de 0.707**.

Tabla N° 37 Correlación de Pearson entre las Sub Variables de Índice de Regularidad Internacional del Pavimento y Flujo Marshall

Correlaciones			
		Flujo Marshall (mm)	Índice de Regularidad Internacional del Pavimento (m/km)
Flujo Marshall (mm)	Correlación de Pearson	1	-.090
	Sig. (bilateral)	0	.707
	Nº	20	20
Índice de Regularidad Internacional del Pavimento (m/km)	Correlación de Pearson	-.090	1
	Sig. (bilateral)	.707	--
	Nº	20	20

Fuente: Reporte del Software SPSS Statistics - Elaboración propia.

En la tabla N°38 se realiza la prueba de hipótesis, aplicando correlaciones, donde se verifica el valor considerado como ínfima **correlación de Pearson 0.243** asimismo, se verifica que el nivel de **significancia bilateral es de 0.303**.

Tabla N° 38 Correlación de Pearson entre las Sub Variables de Índice de Serviciabilidad del Pavimento y Deflexión Máxima

Correlaciones			
		Deflexión Máxima (10 ⁻² mm)	Índice de Serviciabilidad del Pavimento
Deflexión Máxima (10 ⁻² mm)	Correlación de Pearson	1	.243
	Sig. (bilateral)	--	.303
	N°	20	20
Índice de Serviciabilidad del Pavimento	Correlación de Pearson	.243	1
	Sig. (bilateral)	.303	--
	N°	20	20

Fuente: Reporte del Software SPSS Statistics - Elaboración propia.

En la tabla N°39 se realiza la prueba de hipótesis, aplicando correlaciones, donde se verifica el valor considerado como ínfima **correlación de Pearson -0.068** asimismo, se verifica que el nivel de **significancia bilateral es de 0.776**.

Tabla N° 39 Correlación de Pearson entre las Sub Variables de Índice de Serviciabilidad del Pavimento y Radio de Curvatura

Correlaciones			
		Radio de Curvatura (m)	Índice de Serviciabilidad del Pavimento
Radio de Curvatura (m)	Correlación de Pearson	1	-.068
	Sig. (bilateral)	--	.776
	N°	20	20
Índice de Serviciabilidad del Pavimento	Correlación de Pearson	-.068	1
	Sig. (bilateral)	.776	--
	N°	20	20

Fuente: Reporte del Software SPSS Statistics - Elaboración propia.

En la tabla N°40 se realiza la prueba de hipótesis, aplicando correlaciones, donde se verifica el valor considerado como ínfima **correlación de Pearson -0.214** asimismo, se verifica que el nivel de **significancia bilateral es de 0.365**.

Tabla N° 40 Correlación de Pearson entre las Sub Variables de Índice de Serviciabilidad del Pavimento y Estabilidad Corregida Marshall

Correlaciones			
		Estabilidad Corregida Marshall	Índice de Serviciabilidad del Pavimento
Estabilidad Corregida Marshall	Correlación de Pearson	1	-.214
	Sig. (bilateral)	--	.365
	N°	20	20
Índice de Serviciabilidad del Pavimento	Correlación de Pearson	-.214	1
	Sig. (bilateral)	.365	--
	N	20	20

Fuente: Reporte del Software SPSS Statistics - Elaboración propia.

En la tabla N°41 se realiza la prueba de hipótesis, aplicando correlaciones, donde se verifica el valor considerado como ínfima **correlación de Pearson 0.256** asimismo, se verifica que el nivel de **significancia bilateral es de 0.276**.

Tabla N° 41 Correlación de Pearson entre las Sub Variables de Índice de Serviciabilidad del Pavimento y Flujo Marshall

Correlaciones			
		Flujo Marshall (mm)	Índice de Serviciabilidad del Pavimento
Flujo Marshall (mm)	Correlación de Pearson	1	.256
	Sig. (bilateral)	--	.276
	N°	20	20
Índice de Serviciabilidad del Pavimento	Correlación de Pearson	.256	1
	Sig. (bilateral)	.276	--
	N°	20	20

Fuente: Reporte del Software SPSS Statistics - Elaboración propia.

Por tanto, en todos los casos al evidenciar que:

- La variable de hipótesis, fueron evaluadas con pruebas de correlaciones de Person, donde se asumen un nivel de significancia (P) mayor que el nivel de significancia planteado, es decir $P < 5\%$, por tanto, se comprueba que **NO** existe correlación entre las variables involucradas.

Se rechaza la hipótesis.

No existe correlación entre los indicadores estructurales (deflexión máxima, radio de curvatura, estabilidad corregida Marshall, flujo Marshall) con respecto a los indicadores funcionales (PCI, IRI y PSI) de la carpeta asfáltica, al evidenciar niveles de significancia mayores a 0.05.

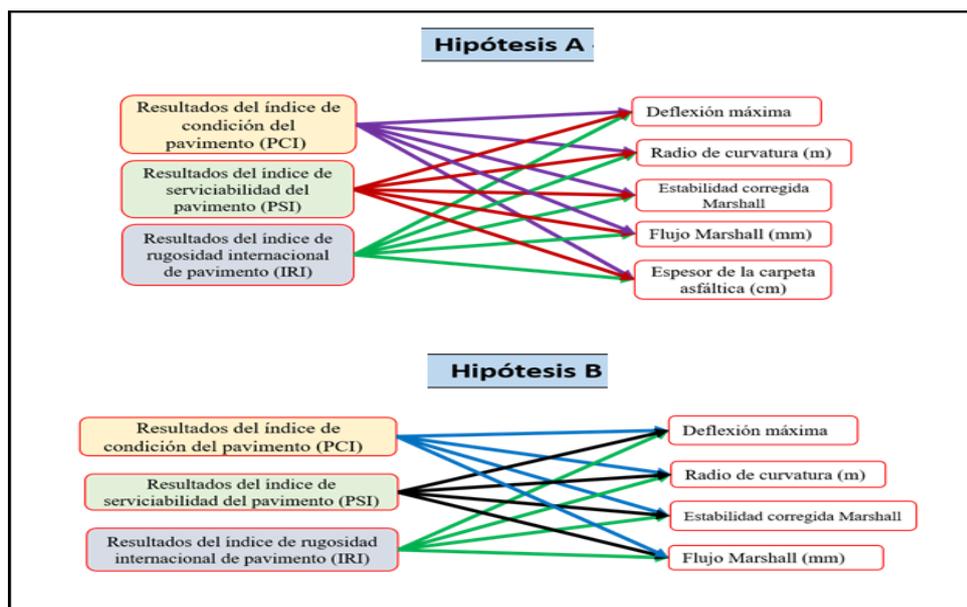
4.4.2. Prueba de hipótesis general.

Con respecto a la problemática general siguiente: **¿Cuál es la incidencia de la aplicación de un modelo de redes neuronales en la evaluación estructural y funcional de la carpeta asfáltica?**, cuyo objetivo es determinar la incidencia al aplicar un modelo de redes neuronales en la evaluación estructural y funcional de la carpeta asfáltica, donde estadísticamente determinara el nivel de intervención a realizar en la vía.

Existe relación entre la aplicación de un modelo de redes neuronales con los indicadores estructurales y funcionales de la carpeta asfáltica, para determinar estadísticamente el nivel de intervención de la vía.

En el cuadro siguiente se muestra que para probar la hipótesis general se analizaron las siguientes hipótesis específicas mostrando el cuadro de diagramas de todas las pruebas de **hipótesis específicas** alternas (A y B) que dan origen a la prueba de **hipótesis general**.

CUADRO DE DIAGRAMA DE HIPÓTESIS ALTERNAS EVALUADAS.



Fuente propia.

Debido a que **no cumple con ninguna** de las hipótesis alternas mencionadas, ya que no existe **diferencias cuantitativas** y tampoco existe **correlación** en sus Sub Variables Involucradas. Por lo cual se decide a tomar como mejor solución “**MODELO DE REDES NEURONALES**” ya que este utiliza modelos predictivos de casos atípicos donde va a proceder a construir las redes neuronales.

En la tabla N°42 muestra el estadístico categórico calificación de la deflectometría que, verificando los 20 puntos evaluados, con un válido de 20 calificados, en estos valores tendremos: entrenamiento prueba y reserva en un número de 10,7 y 3 como corresponde mostrando un porcentaje en 50%, 35% y 15% de un total de porcentajes válidos 100%, como se presenta.

Tabla N° 42 Procesamiento de datos de redes neuronales

Resumen de procesamiento de casos			
		N°	Porcentaje
Ejemplo	Entrenamiento	10	50.0%
	Pruebas	7	35.0%
	Reserva	3	15.0%
Válido		20	100.0%
Excluido		0	--
Total		20	--

Fuente: Elaboración propia con software SPSS

En la tabla N°43 se muestra la información de red en la cual encontramos capas de entradas (factores covariables número de unidades, cambio de escala para covariables), que son los datos introducidos de evaluaciones en campo y laboratorio capas ocultas (número de capas ocultas, número de unidades en capas ocultas, función de activación) son los programas con modelos matemáticos los

cuales generan un proceso de evaluación, capas de salidas (variables dependientes, número de unidades función de activación, función de error) son el resultado obtenido.

Tabla N° 43 Información de la red neuronal

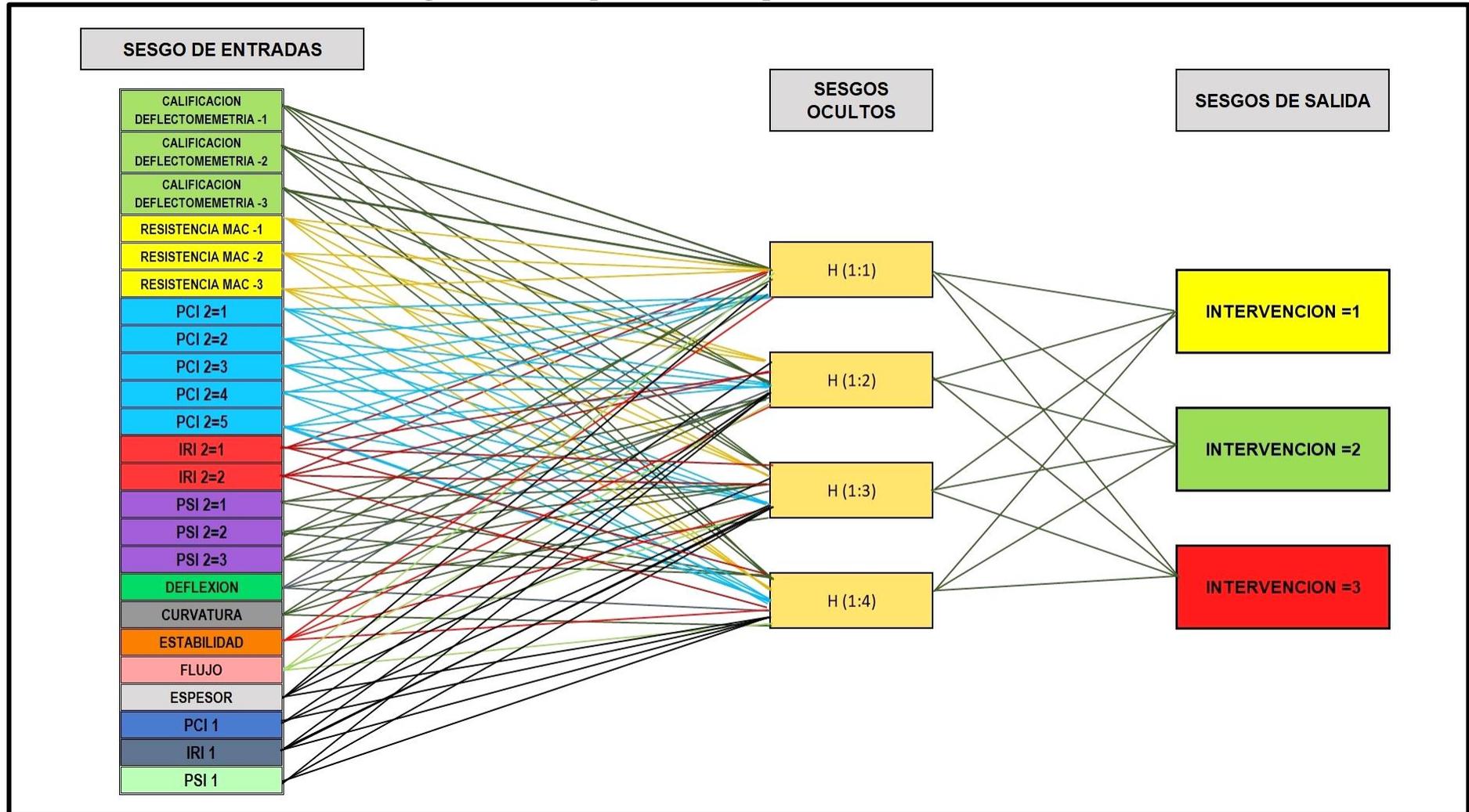
Información de red			
Capa de entrada	Factores	1	Calificación de la deflectometría
		2	Calificación de resistencia de MAC
		3	Calificación del Índice de Condición del Pavimento
		4	Calificación de Índice de Regularidad Internacional
		5	Calificación del Índice de Serviciabilidad del Pavimento
	Covariables	1	Deflexión Máxima (10^{-2} mm)
		2	Radio de Curvatura (m)
		3	Estabilidad Corregida Marshall
		4	Flujo Marshall (mm)
		5	Espesor de Carpeta Asfáltica (cm)
		6	Índice de Condición del Pavimento (%)
		7	Índice de Regularidad Internacional del Pavimento (m/km)
		8	Índice de Serviciabilidad del Pavimento
Número de unidades		24	
Método de cambio de escala para las covariables		Estandarizados	
Capas ocultas	Número de capas ocultas		1
	Número de unidades en la capa oculta 1ª		4
	Función de activación		Tangente hiperbólica
Capa de salida	Variables dependientes	1	Nivel de intervención en el pavimento
	Número de unidades		3
	Función de activación		Softmax
	Función de error		Entropía cruzada
a. Excluyendo la unidad de sesgo			

Fuente: Elaboración propia con software SPSS

En el figura N°15 se muestra el esquema de las redes neuronales donde nos muestra la interacción de estos 20 puntos de casos atípicos en la evaluación estructural como evaluación funcional de pavimentos ya el cual se entrelazan en las dendritas de inicio formando unos sesgos de parámetros en capas de entradas que de estas tenemos dos parámetros de evaluación: primero capas en factores tales como: calificación de deflectometría, Calificación de la resistencia MAC, calificación del índice de condición del pavimento (PCI), calificación del índice de regularidad internacional de pavimentos (IRI), calificación del e índice de serviciabilidad del pavimento (PSI), segundo tenemos las capas de covariables tales como: deflexión máxima, radio de curvatura, estabilidad corregida Marshall, flujo Marshall, espesor de carpeta asfáltica, índice de condición del pavimento, índice de regularidad internacional del pavimento he índice de serviciabilidad del pavimento, toda esta elaboración fueron obtenidas de la vía Manuel Prado la cual

fue evaluada en una distancia de 1 000.00 metros, todos estas estructuras matemáticas con parámetros de correlación los cuales se entrelazan y son evaluadas por las dendritas intermedias en el sesgo de perceptrón de la red neuronal la cual denominamos capas ocultas donde se relacionaran formando una combinación intermedia: H(1:1), H(1:2), H(1:3), H(1:4); al finalizar obtendremos las dendritas intermedias finales o mencionadas como capas de salidas que serían la respuesta simulada del modelo de red neuronal la cual al ser analizada la gravedad de cada caso me va a dar el tipo de intervención tales como: rehabilitación, mantenimiento y reconstrucción, así mismo viendo demostrado las variables que intervienen, se ve de forma gráfica a través de la arquitectura el modelo de redes neuronales.

Figura N° 15 Esquema de la arquitectura en red neuronal



Fuente: Elaboración propia con software SPSS

En la tabla N°44 se muestra el resumen del modelo las redes neuronales donde tenemos datos de entrenamiento, pruebas y reserva el cual es el resultado de la evaluación de proyecto mostrando un error de entropía cruzada de 0.162 y 0.334. Respectivamente.

Tabla N° 44 Resumen de modelo de redes neuronales

Resumen del modelo		
Entrenamiento	Error de entropía cruzada	.162
	Porcentaje de pronósticos incorrectos	0.0%
	Regla de parada utilizada	sin disminución del error
	Tiempo de preparación	0:00:00.00
Pruebas	Error de entropía cruzada	.334
	Porcentaje de pronósticos incorrectos	0.0%
Reserva	Porcentaje de pronósticos incorrectos	0.0%
Variable dependiente: Nivel de intervención en el pavimento		
a. Los cálculos de error se basan en la muestra de comprobación.		

Fuente: Elaboración propia con software SPSS

En la tabla N°45 se muestra las estimaciones de los parámetros en capas de entrada y capa oculta del modelo las redes neuronales donde el cual se evaluó todos los ensayos realizados de la evaluación de proyecto

Tabla N° 45 Parámetros de capas de entrada y capas ocultas

Estimaciones de parámetro								
Predictor		Pronosticado						
		Capa oculta 1				Capa de salida		
		H(1:1)	H(1:2)	H(1:3)	H(1:4)	[Intervención=1]	[Intervención=2]	[Intervención=3]
Capa de entrada	(Sesgo)	.530	-.080	-.213	-.033	--	--	--
	[Calif.Deflect=1]	.500	.563	-.295	-.067	--	--	--
	[Calif.Deflect=2]	.121	.547	-.431	-.778	--	--	--
	[Calif.Deflect=3]	.436	-.262	.034	-.029	--	--	--
	[Resist.MAC=1]	.697	-.064	-.149	.593	--	--	--
	[Resist.MAC=2]	.499	-.584	-.080	.592	--	--	--
	[Resist.MAC=3]	.395	.058	-.296	-.600	--	--	--
	[PCI.2=1]	-.401	.313	.116	.521	--	--	--
	[PCI.2=2]	.003	.017	-.022	-.486	--	--	--
	[PCI.2=3]	-.061	-.277	.122	-.063	--	--	--
	[PCI.2=4]	.313	.433	-.307	.061	--	--	--
	[PCI.2=5]	.203	-.349	-.493	.559	--	--	--
	[IRI.2=1]	.691	-.468	.582	.311	--	--	--
	[IRI.2=2]	-.189	.367	-.430	-.810	--	--	--
	[PSI.2=1]	.203	.446	-.372	-1.25	--	--	--
	[PSI.2=2]	.246	-.736	.892	.913	--	--	--
	[PSI.2=3]	-.725	-.404	.614	.188	--	--	--
	Deflexión	.250	.308	.024	.221	--	--	--
	Curvatura	.108	.095	.033	.802	--	--	--
	Estabilidad	-.121	.127	-.003	.083	--	--	--
Flujo	.317	-.108	.032	1.47	--	--	--	
Espesor	-.146	-.507	-.164	.311	--	--	--	
PCI.1	.312	.313	.548	-.278	--	--	--	
IRI.1	-.182	-.462	.054	-.553	--	--	--	

	PSI.1	.634	-.548	.411	1.04	--	--	--
Capa oculta 1	(Sesgo)	--	--	--	--	-.675	-.203	1.160
	H(1:1)	--	--	--	--	-1.576	.981	1.076
	H(1:2)	--	--	--	--	-.073	1.312	-.972
	H(1:3)	--	--	--	--	-.033	.184	.734
	H(1:4)	--	--	--	--	-.540	-1.094	2.336

Fuente: Elaboración propia con software SPSS

En la tabla N°46 siguiente vemos la calificación de intervención de pavimento en el cual tenemos datos de entrenamiento, pruebas y reserva y nos califica en un pronóstico de reconstrucción, rehabilitación o mantenimiento, que se necesita en la intervención del pavimento

Tabla N° 46 Calificación de intervención del pronóstico de la carpeta de asfalto

Clasificación					
Ejemplo	Observado	Pronosticado			
		Reconstrucción	Rehabilitación	Mantenimiento	Porcentaje correcto
Entrenamiento	Reconstrucción	1	0	0	100.0%
	Rehabilitación	0	2	0	100.0%
	Mantenimiento	0	0	7	100.0%
	Porcentaje global	10.0%	20.0%	70.0%	100.0%
Pruebas	Reconstrucción	0	0	0	0.0%
	Rehabilitación	0	3	0	100.0%
	Mantenimiento	0	0	4	100.0%
	Porcentaje global	0.0%	42.9%	57.1%	100.0%
Reserva	Reconstrucción	1	0	0	100.0%
	Rehabilitación	0	0	0	0.0%
	Mantenimiento	0	0	2	100.0%
	Porcentaje global	33.3%	0.0%	66.7%	100.0%

Variable dependiente: Nivel de intervención en el pavimento

Fuente: Elaboración propia con software SPSS

En la tabla N°47 se muestra el área bajo la curva donde nos muestra el nivel de intervención en el pavimento el cual está constituida por tres niveles de: reconstrucción, rehabilitación y mantenimiento por área.

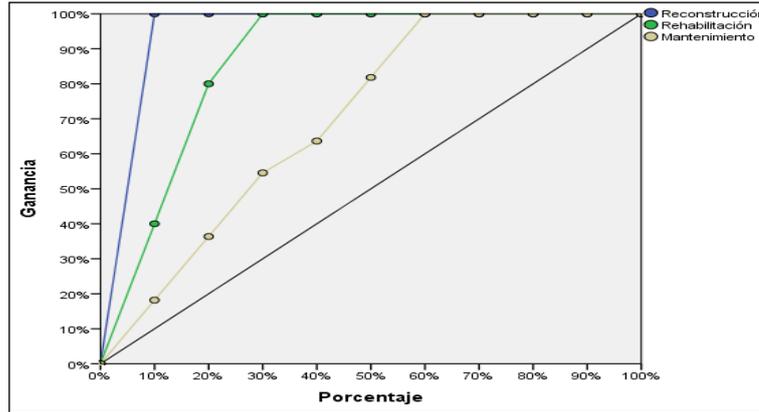
Tabla N° 47 Área bajo la curva de intervención

Área bajo la curva		
		Área
Nivel de intervención en el pavimento	Reconstrucción	1.000
	Rehabilitación	1.000
	Mantenimiento	1.000

Fuente: Elaboración propia con software SPSS

En la figura N°16 se muestra la variable dependiente en el nivel de intervención en el pavimento como se puede apreciar las líneas de niveles en color azul de reconstrucción, verde de rehabilitación y amarillo de mantenimiento, mostrado el porcentaje vs la ganancia en porcentajes

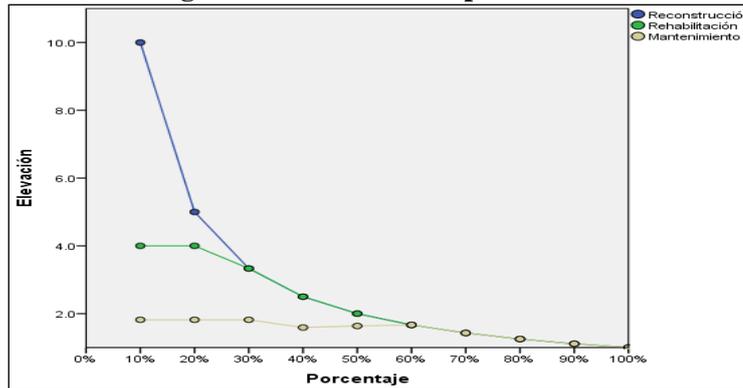
Figura N° 16 Nivel de intervención



Fuente: Elaboración propia con software SPSS

En la figura N°17 se muestra la variable dependiente en el nivel de intervención en el pavimento mostrando las líneas de: azul en reconstrucción verde en rehabilitación y amarillo de mantenimiento como se puede apreciar el porcentaje vs la elevación.

Figura N° 17 variable dependiente



Fuente: Elaboración propia con software SPSS

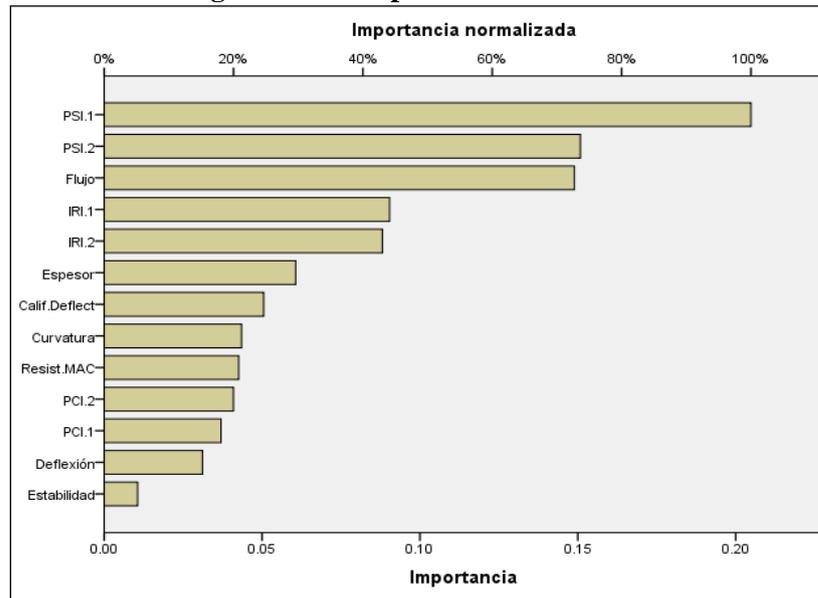
En la tabla N°48 se muestra de acuerdo a la importancia de las variables independientes que fueron evaluadas en un porcentaje de importancia normalizada llegando hasta un mínimo de 5.2% y como máximo hasta 100%.

Importancia de las variables independientes		
	Importancia	Importancia normalizada
Calificación de la deflectometría	.051	24.7%
Calificación de resistencia de MAC	.043	20.8%
Calificación del Índice de Condición del Pavimento	.041	20.0%
Calificación de Índice de Regularidad Internacional	.088	43.0%
Calificación del Índice de Serviciabilidad del Pavimento	.151	73.6%
Deflexión Máxima (10 ⁻² mm)	.031	15.2%
Radio de Curvatura (m)	.044	21.2%
Estabilidad Corregida Marshall	.011	5.2%
Flujo Marshall (mm)	.149	72.7%
Espesor de Carpeta Asfáltica (cm)	.061	29.6%
Índice de Condición del Pavimento (%)	.037	18.1%
Índice de Regularidad Internacional del Pavimento (m/km)	.090	44.1%
Índice de Serviciabilidad del Pavimento	.205	100.0%

Fuente: Elaboración propia con software SPSS

En el figura N°18 se muestra la importancia normalizada se aprecia en porcentaje por cada tipo de evaluación realizada tales como: deflectometría, resistencia MAC, índice de condición del pavimento (PCI), índice de regularidad internacional de pavimentos (IRI), índice de serviciabilidad del pavimento (PSI), deflexión máxima, radio de curvatura, estabilidad corregida Marshall, flujo Marshall, Espesor de carpeta asfáltica, índice de condición del pavimento, índice de serviciabilidad del pavimento, todo esto se muestra en el diagrama de barras horizontales.

Figura N° 18 Importancia normalizada



Fuente: Elaboración propia con software SPSS

Se acepta la hipótesis presentada.

Si existe incidencia en la aplicación de un modelo de redes neuronales, entre los indicadores estructurales y funcionales de la carpeta asfáltica, para determinar estadísticamente el nivel de intervención de la vía.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- Se llegaron a unos resultados bastante similares donde esta aporta simplicidad, precisión en un trabajo específico sobre la influencia de estos dos o más parámetros en el desempeño de redes neuronales con el **Autor: Gloria Inés Beltrán Calvo (2012) México, D.F** realizó la investigación de tesis: **“evaluación estructural de pavimentos flexibles con métodos de inteligencia artificial y auscultación no destructiva”** a la universidad nacional Autónoma de México para optar por el grado de doctora en ingeniería civil – geotecnia. En este sistema, convergen conceptos mecánico empíricos de ingeniería de pavimentos, la experiencia y criterios de especialistas, elementos de análisis convencionales y herramientas de inteligencia artificial (RNA). Esta aporta simplicidad, precisión (apego a la realidad) y rapidez (bajo costo computacional) y resultó suficientemente robusto para evaluar pavimentos de 3 y 4 capas, con estructuras convencionales y estructuras con sección invertida, se consideraron las relaciones no lineales entre múltiples variables cuantitativas y cualitativas.
- Estos criterios presentan similitud en los ensayos realizados utilizados también en la investigación llegaron a unos resultados bastante similares en un trabajo específico sobre la influencia de estos dos parámetros del **Autor: Camilo Andrés Cardona Villa (2007) Medellín** realizó la investigación de tesis: **“predicción del índice de regularidad internacional en pavimentos flexibles usando redes neuronales artificiales”** en la universidad nacional de Colombia – sede Medellín - escuela de ingeniería civil para optar por el título de magíster en ingeniería – geotecnia. En las variables de entrenamiento más adecuadas para la predicción del IRI por medio de RNA fueron las variables de entrenamiento más adecuadas para la predicción del IRI por medio de RNA fueron el número estructural (función de la estructura del pavimento); las fallas del pavimento en especial las que producen deformaciones verticales del segmento evaluado; y las cargas aplicadas (el tránsito)

para el modelo alternativo, mostrando que estos resultados están acorde con el fin de encontrar una arquitectura óptima para la solución del problema planteado a través de un proceso de verificación de campo.

- Estos criterios también se consideraron en la investigación llegaron a una similitud en los resultados sobre la influencia de estos dos parámetros en el desempeño de redes neuronales que coinciden con el **Autor: Roció Vila Zúñiga (2017) Huancayo - Perú** realizó la investigación de tesis: **“análisis del comportamiento lineal de la estructura del pavimento flexible mediante redes neuronales en la carretera panamericana norte”** a la universidad nacional del centro del Perú - facultad de ingeniería civil para optar por el título de ingeniería civil. El uso de redes neuronales permitió determinar el comportamiento lineal de la estructura de pavimento flexible a través de pruebas de deflexiones, espesores, tipo de material de capa evaluando su condición estructural en función a la rigidez del sistema estructural multicapa, a través de los módulos elásticos de cada capa y el número estructural efectivo indica que son puntos con condiciones de rigidez grave, en los puntos con deflexiones máximas presentan módulos elásticos altos se encuentra en condición grave (mayor a 0.20). Mediante pruebas no destructivas como el deflectómetro de impacto se pudo determinar el cuenco de deflexiones en cada punto evaluado y los factores que al igual que los módulos elásticos permiten evaluar la rigidez de la estructura del pavimento flexible.
- Llegaron a unos resultados donde el desempeño de redes neuronales apoya la idea del **Autor; Ricardo Lenin Becerra Guevara (2014) Lima - Perú** realizó la investigación de tesis: **“modelo neuronal de demanda de transporte en redes viales urbanas”** a la universidad nacional de ingeniería - facultad de ingeniería civil para optar el grado de maestro en ciencias con mención en ingeniería de transporte. Las redes de Kohonen permiten construir los conjuntos de entrenamiento, validación y testeo de una manera que provee de mayor control al modelador en cuanto a cobertura del espacio y sesgos que es posible evitar o introducir en el entrenamiento respecto de posible falta de variables explicativas y pueden servir para encontrar información de dudosa calidad y permiten definir rangos de validez para las redes de retro propagación, se posee un algoritmo de entrenamiento, se posee una forma más precisa de definir pertenencia a una categoría.

CONCLUSIONES

1. Como resultado de la primera investigación, se ha verificado que existe relación entre la aplicación del modelo de redes neuronales con los indicadores estructurales y funcionales de la carpeta asfáltica de la avenida Manuel Prado que tiene una extensión de 1 km. además, se observó una reducción de tiempos respecto al método tradicional al tomar decocciones en la ejecución de esta vía.
2. En el estudio comprobamos que no se encontró diferencias cuantitativas entre los indicadores estructurales y funcionales de la carpeta asfáltica al evidenciar que la confiabilidad de las muestras evaluadas supera el nivel de significancia planteado a 0.05 es decir que no cumple el parámetro estadístico de $P < 5\%$.
3. Se verifico que no presenta correlación significativa entre los indicadores estructurales y funcionales de la carpeta asfáltica ya que el grado de confianza carece de una relación entre variables, donde reportaron niveles de significancia bilateral (P) mayores a 0.05 es decir que no cumple con el estadístico de $P < 5\%$.

e

RECOMENDACIONES

- 1)., se recomienda el uso del modelo de red neuronal para la evaluación de magnitudes mayores en la recolección, almacenamiento de evaluaciones en la carpeta asfáltica y como una alternativa computacional de bajo costo.
- 2). Mejorar y ampliar este tipo de investigación ya que en la actualidad la modernización genera que una herramienta importante es la sofisticación de software y programaciones inteligentes que facilitan el tiempo, rendimiento y supervisión de proyectos en ejecución para la evaluación de pavimentos flexibles evitando futuras controversias que se pueda originar en las obras.
- 3). Se recomienda el desarrollo de un Sistema de modelación no convencional para efectuar tareas asociadas con la evaluación de pavimentos en servicio y toma de decisiones de conservación de modelación planteada, aporta simplicidad, precisión (apego a la realidad) y rapidez. En este sistema, convergen conceptos mecánico empíricos de ingeniería de pavimentos, la experiencia y criterios de especialistas, elementos de análisis convencionales y herramientas de inteligencia artificial (IA).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Beltrán, C. (2012) “*evaluación estructural de pavimentos flexibles con métodos de inteligencia artificial y auscultación no destructiva*” México
2. Camilo, C (2007) “*predicción del índice de regularidad internacional en pavimentos flexibles usando redes neuronales artificiales*” Colombia.
3. Roció, V. (2016) “*análisis del comportamiento lineal de la estructura del pavimento flexible mediante redes neuronales en la carretera panamericana norte*” Perú.
4. Ricardo, B (2014) “*modelo neuronal de demanda de transporte en redes viales urbanas*” Perú: UNI.
5. Erick, S, (2016) “*Evaluación de la capacidad estructural y funcional del pavimento según la norma peruana de pavimentos, durante el proceso de construcción carretera Huancavelica - Lircay, periodo 2016*” Perú: UNH.
6. *Ministerio de Transportes y Comunicaciones – (E-1002) DEFLEXIÓN DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO LA VIGA BENKELMAN*
7. *Ministerio de Transportes y Comunicaciones - (E-504) RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL*
8. *Norma – ASTM - E-8670 – (American Society of Testing Materials), Índice de regularidad internacional (IRI)*
9. *Norma AASHTO - 1993 (American Society of Testing Materials) Índice de Serviciabilidad (PSI).*
10. *Norma ASTM D-6433 - Índice de condición del pavimento PCI).*
11. Haykin, (1999). “*Las RNAs han sido consideradas como herramientas computacionales*”

12. McCarthy, (1956), *Se asocia con el desarrollo de máquinas y programas de cómputo “inteligentes”*
13. Churchland, Sejnowski y Abdallah, (2000) *Las redes más utilizadas son las multicapas y las recurrentes*
14. Zadeh (1984). *El razonamiento humano involucra procesos lógicos formales e informales ha seleccionado una variable asociada con el tema de investigación*
15. Romo (1990) y Orozco (2005) *Las capas de subrasante y terracerías de la condición estructural de los pavimentos*
16. Yella, (2006) *Se asocia con el desarrollo de máquinas y programas de cómputo “inteligentes”*
17. Rojas E. (2005) *Define la topología o configuración general de las conexiones entre neuronas*
18. En el año (2004), el programa “*National Cooperative Highway Research Program – NCHRP*” de Estados **Unidos**, amplió el panorama de evaluación global del pavimento
19. *REVISTA SENCICO por LJ Cortez Gutiérrez - 2019*
20. <http://www.sencico.gob.pe/pdf/Revista38.pdf>
21. *CAPECO 19 de febrero del 2017*
22. <http://www.capeco.edu.pe/>

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA DE LA TESIS

Título: “Incidencia de redes neuronales para la evaluación estructural y funcional de la carpeta asfáltica”

I. PROBLEMA	II. OBJETIVO	III. HIPÓTESIS	IV: VARIABLES Y DIMENSIONES	V. METODOLOGÍA
<p style="text-align: center;">PROBLEMA PRINCIPAL</p> <p>¿Cuál es la incidencia de la aplicación de un modelo de redes neuronales en la evaluación estructural y funcional de la carpeta asfáltica?</p> <p style="text-align: center;">PROBLEMAS ESPECÍFICOS</p> <p>A. ¿existen diferencias cuantitativas entre los indicadores estructurales y funcionales de la carpeta asfáltica?</p> <p>B. ¿Cuál es la correlación entre los indicadores estructurales y funcionales de la carpeta asfáltica?</p>	<p style="text-align: center;">OBJETIVO PRINCIPAL</p> <p>Establecer la incidencia de la aplicación de un modelo de redes neuronales en la evaluación estructural y funcional de la carpeta asfáltica.</p> <p style="text-align: center;">OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>A. Estimar las diferencias cuantitativas entre los indicadores estructurales y funcionales de la carpeta asfáltica.</p> <p>B. Analizar la correlación entre los indicadores estructurales y funcionales de la carpeta asfáltica.</p>	<p style="text-align: center;">HIPÓTESIS GENERAL</p> <p>Existe relación entre la aplicación de un modelo de redes neuronales con los indicadores estructurales y funcionales de la carpeta asfáltica.</p> <p style="text-align: center;">HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</p> <p>No existe diferencias cuantitativas significativas entre los indicadores estructurales y funcionales de la carpeta asfáltica .</p> <p>No existe correlación significativa entre los indicadores estructurales y funcionales de la carpeta asfáltica</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE:</p> <p>Modelo de Red neuronales.</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE:</p> <p>Indicador estructural y funcional de la carpeta asfáltica.</p> <p>DIMENSIONES:</p> <p>Independiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Red neuronal <ul style="list-style-type: none"> ✓ Guía de observación por software <p>Dependiente:</p> <p>Evaluación estructural y funcional de la carpeta asfáltica</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Evaluación estructural: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Deflexión Máxima (10⁻² mm) ✓ Radio de Curvatura (m) ✓ Estabilidad corregida (kg) ✓ Flujo (mm) ✓ Espesor (cm) ▪ Evaluación funcional: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Índice de condición del pavimento – PCI (%) ✓ Índice de regularidad del pavimento – IRI (m/km) ✓ Índice de Serviciabilidad del pavimento – PSI (Adim) 	<p style="text-align: center;">MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> • método: científico. <p style="text-align: center;">TIPO DE INVESTIGACIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplicada. <p style="text-align: center;">NIVEL DE INVESTIGACIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nivel: Descriptiva – Correlacional. <p style="text-align: center;">DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ex post facto/ No Experimental <p style="text-align: center;">POBLACIÓN:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La vía urbana Manuel Prado, tramo con una extensión de 1km; ubicado en el distrito Nueve de Julio, provincia de Concepción – Junín. <p style="text-align: center;">MUESTRA: es No probabilístico o intencional.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El muestreo se realizó en 20 puntos de investigación que son las progresivas identificadas en el tramo evaluado. <p style="text-align: center;">Técnicas e instrumentos de recolección de datos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las técnicas e instrumentos que se utilizó en la presente investigación fueron las fuentes documentales registros y los instrumentos fueron los diversos ensayos realizados; además de las fichas técnicas.

GRÁFICO DE PROCESO DE EVALUACIÓN DEL PAVIMENT CONDITION INDEX (PCI).

Gráfico N° 1 – Delimitación de áreas para la evaluación correspondiente a cada ensayo.



Gráfico N° 2 – medición de áreas de acuerdo a la evaluación del PCI



Gráfico N° 3 medición del hueco en una piel de cocodrilo desacuerdo a daños que se considera el PCI



Gráfico N° 4 – grietas en bloque de baja severidad de la carpeta asfáltica



Gráfico N° 5 - piel de cocodrilo encontrada en la mayoría de tramos evaluados.



ANEXO GRÁFICO DE PROCESO DE DIAMANTINA PARA PUNTOS DE EXTRACCIÓN (PROBETAS DE ASFALTO)

Gráfico N° 6 – muestra sacada con el extractor de probetas de diamantinas.



Gráfico N° 7 – punto de perforación para extracción de probeta



Gráfico N° 8 – en otro tramo para extraer probetas



Gráfico N° 9 – procedimiento donde se hace la perforación en el pavimento



Gráfico N° 10 - finalización de la extracción de diamantinas



ANEXO GRÁFICO DE PROCESO DE VIGA BENKELMAN (MEDICIÓN DE DEFLEXIONES DEL PAVIMENTO)

Gráfico N° 11 – pesaje de camión en la balanza con un peso de 2.8 ton.



Gráfico N° 12 – control de presión de aire con el manómetro



Gráfico N° 13 –puntos de aplicación de carga para la curva de deflexión (0, 25, 50, 100, 200, 300,500)



Gráfico N° 14 – alineamiento de ruedas con los puntos de evaluación de la viga Benkelman



Gráfico N° 15 – posición de la viga Benkelman detrás de la rueda de doble eje.



Gráfico N° 16 – temperatura del pavimento en cada punto evaluado.



Gráfico N° 17 – procedimiento de evaluación de deflexión lado derecho de la vía



Gráfico N° 18 – evaluación de deflexión del lado izquierdo de la vía.



ANEXO GRÁFICO DE PROCESO DEL ENSAYO DE ESTABILIDAD Y FLUJO
CON LA PRENSA MARSHALL.

Gráfico N° 19 – pesaje de probetas extraídas con anterioridad



Gráfico N° 20 – sumergidos en baño maría a temperatura de 80°C.



Gráfico N° 21 – pesaje de probeta saturado con agua.



Gráfico N° 22 – compresión por prensa Marshall para la resistencia de la probeta



Gráfico N° 23 – se muestra la probeta partida a la mitad por ser sometida a presión de la prensa Marshall



ANEXO DE GRÁFICOS DE PROCESO DEL ENSAYO DE MERLÍN PARA EL ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL DEL PAVIMENTO (IRI).

Gráfico N° 24 - medición de longitud total para la medición del IRI



Gráfico N° 25 – medición de la irregularidad de la carpeta asfáltica de ida.



Gráfico N° 26 - medición de la irregularidad de la carpeta asfáltica de vuelta.



Gráfico N° 27 - medición de la irregularidad de la carpeta asfáltica se realizaron cuatro veces dos de ida y dos de vuelta.

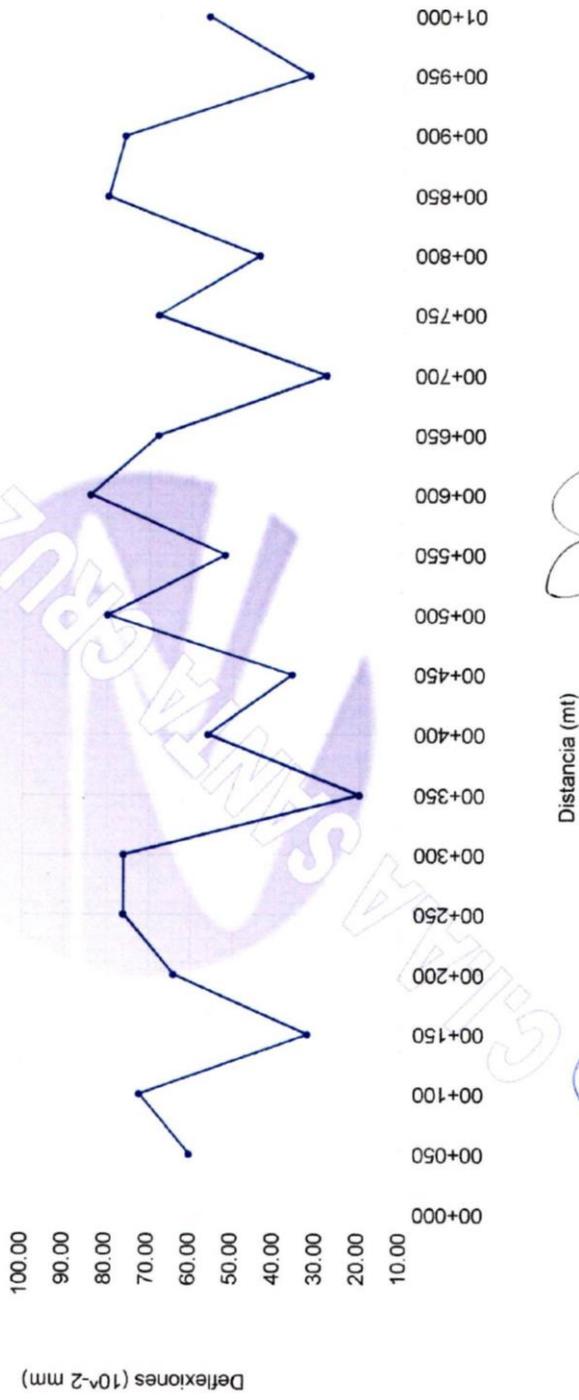




UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS PARA LA VARIABLE: EVALUACION ESTRUCTURAL

DEFLECTOGRAMA
CALLE MANUEL PRADO (DISTRITO DE NUEVE DE JULIO - CONCEPCION)



CIAA SANTA CRUZ SRL
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTADO

JAVIER SANTA CRUZ VELIZ
ING. CIVIL LABORATORISTA

José Manuel Perceval Araujo
INGENIERO CIVIL
REG. COLEGIO D INGENIEROS N° 18800

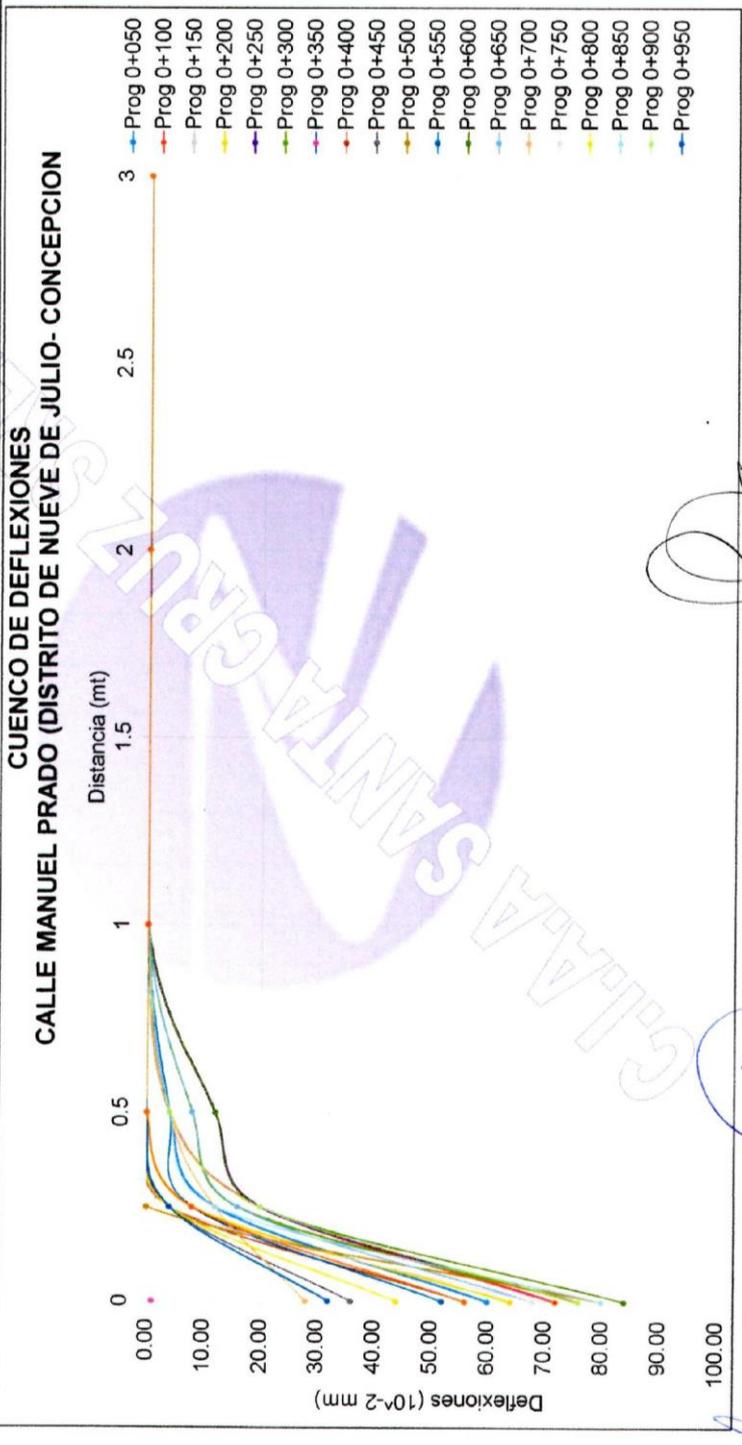
Av oriente N° 772-Concepcion Telef.-581-405 - Cel. Mov. 975151126 - 413854 - 963512425 - *165302 - 954431184 - claro 964328911
Email CIAA_SANTACRUZ@hotmail.com

MR. JESUS I BARRIOS CIPRIAN
INGENIERO CIVIL
CIP 178005



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS PARA LA VARIABLE: EVALUACION ESTRUCTURAL



CIAA SANTA CRUZ SRL
 LABORATORIO DE SUELOS
 CONCRETO Y ASFALTADO

JAVIER SANTA CRUZ VELIZ
 INGENIERO CIVIL

José Manuel Perceyra Araujo
 INGENIERO CIVIL
 REG. COLEGIADO INGENIEROS N° 18800

INGENIERO CIVIL
 INGENIERO CIVIL

Av. oriente N° 772-Concepcion Telef.-581405 - Cel. Mov. 975151726 - *413854-19804
 CIP 179804
 Email CIAA_SANTACRUZ@hotmail.com

CONTROL DE NÚCLEOS ASFÁLTICOS

SOLICITA / Peticionario : INGENIERO BACHILLER JULIO PEÑAL OZA BUSTAMANTE
PROYECTO / OBRA : APLICACIÓN DE REDES NEURONALES PARA LA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y FUNCIONAL DE LA CARPETA ASFÁLTICA EN LA VIA MANUEL PRADO - CONCEPCION - JUNIN, 2017
MUESTRA N° / UBICACIÓN : JR. MANUEL PRADO DISTRITO NUEVE DE JULIO
UBICACIÓN DE OBRA : **Distrito** NUEVE DE JULIO
Provincia CONCEPCION **TÉCNICO** : J. SANTA CRUZ V.
Región JUNÍN **FECHA** : dic-17

PESO ESPECÍFICO BULK DE MEZCLAS ASFÁLTICAS (ASTM D2726 / MTC E514)

IDENTIFICACIÓN	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6
PROGRESIVA (KM)	0+100	0+150	0+200	0+250	0+300	0+350
ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	4.32	5.30	4.30	4.60	5.00	4.50
PESO DE LA BRIQUETA SECA AL AIRE (g)	723.1	948.7	778.0	795.0	860.0	825.0
PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE (g)	724.2	950.0	779.3	796.4	861.2	826.3
PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA (g)	410.0	530.0	435.0	450.0	488.5	465.0
PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	1.1	1.3	1.3	1.4	1.2	1.3
VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (cm³)	314.2	420.0	344.3	346.4	372.7	361.3
PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2.301	2.259	2.260	2.295	2.307	2.283

ESTABILIDAD MARSHALL (ASTM D1559 / MTC E504)

	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6
FLUJO (mm)	3.81	3.56	3.56	4.06	3.30	4.06
ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	285.0	405.2	355.6	315.6	420.0	389.5
FACTOR DE ESTABILIDAD	2.78	1.47	2.08	2.08	1.79	1.92
ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	792.0	596.0	740.0	656.0	752.0	748.0

CIAA SANTA CRUZ SRL
 LABORATORIO DE SUELOS
 CONCRETO Y ASFALTADO

JAVIER SANTA CRUZ VELIZ
 TEC. LABORATORISTA



José Manuel Pereyra Aratijo
 INGENIERO CIVIL
 REG. COLECCIÓN INGENIEROS N° 16800



MSc. JOSÉ BUSTOS CÁRDENAS
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 179604

CONTROL DE NÚCLEOS ASFÁLTICOS

SOlicitante / Peticionario : INGENIERO BACHILLER JUII PEÑALOZA BUSTAMANTE
PROYECTO / OBRA : APLICACIÓN DE REDES NEURONALES PARA LA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y FUNCIONAL DE LA CARPETA ASFÁLTICA EN LA VIA MANUEL PRADO - CONCEPCION - JUNIN, 2017
MUESTRA Nº / UBICACIÓN : JR. MANUEL PRADO DISTRITO NUEVE DE JULIO
UBICACIÓN DE OBRA : **Distrito** NUEVE DE JULIO
Provincia CONCEPCION **TÉCNICO** : J. SANTA CRUZ V.
Región JUNÍN **FECHA** : dic-17

PESO ESPECÍFICO BULK DE MEZCLAS ASFÁLTICAS (ASTM D2726 / MTC E514)

IDENTIFICACIÓN	M-7	M-8	M-9	M-10	M-11	M-12
PROGRESIVA (KM)	0+400	0+450	0+500	0+550	0+600	0+650
ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	4.30	4.50	5.00	5.10	4.32	5.20
PESO DE LA BRIQUETA SECA AL AIRE (g)	756.0	785.0	815.5	835.5	755.6	884.0
PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE (g)	757.3	786.6	817.2	836.7	756.8	885.4
PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA (g)	425.5	435.9	455.0	465.5	425.0	488.5
PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	1.3	1.6	1.7	1.2	1.2	1.4
VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (cm³)	331.8	350.7	362.2	371.2	331.8	396.9
PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2.278	2.238	2.252	2.251	2.277	2.227

ESTABILIDAD MARSHALL (ASTM D1559 / MTC E504)

FLUJO (mm)	3.05	3.30	4.32	3.81	4.32	3.81
ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	285.0	298.5	285.0	305.0	289.8	325.0
FACTOR DE ESTABILIDAD	2.27	2.08	1.92	1.79	2.27	1.56
ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	647.0	621.0	547.0	546.0	658.0	507.0

CIAA SANTA CRUZ SRL
 LABORATORIO DE SUELOS
 CONCRETO Y ASFALTADO
 JAVIER SANTA CRUZ VELIZ
 TÉCNICO LABORATORISTA



José Manuel Pereyra Araujo
 INGENIERO CIVIL
 REG. COLEGIO D'INGENIEROS N° 16800



Mg. Jesús Cárdenas Capcha
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 179604

CONTROL DE NÚCLEOS ASFÁLTICOS

SOlicitante / Peticionario : INGENIERO BACHILLER JULIO PEÑALIZA BUJAMANTE
PROYECTO / OBRA : APLICACIÓN DE REDES NEURONALES PARA LA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y FUNCIONAL DE LA CARPETA ASFÁLTICA EN LA VÍA MANUEL PRADO - CONCEPCION - JUNIN, 2017
MUESTRA Nº / UBICACIÓN : JR. MANUEL PRADO DISTRITO NUEVE DE JULIO
UBICACIÓN DE OBRA : **Distrito** NUEVE DE JULIO
Provincia CONCEPCION **TÉCNICO** : J. SANTA CRUZ V.
Región JUNÍN **FECHA** : dic-17

PESO ESPECÍFICO BULK DE MEZCLAS ASFÁLTICAS (ASTM D2726 / MTC E514)

IDENTIFICACIÓN	M-13	M-14	M-15	M-16	M-17	M-18
PROGRESIVA (KM)	0+700	0+750	0+800	0+850	0+900	0+950
ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	4.32	4.10	4.20	4.40	4.80	4.90
PESO DE LA BRIQUETA SECA AL AIRE (g)	756.2	655.5	685.9	758.9	778.0	789.2
PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE (g)	757.5	656.5	687.0	760.0	779.2	790.5
PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA (g)	415.5	365.2	378.5	418.9	436.9	435.9
PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	1.3	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3
VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (cm ³)	342.0	291.3	308.5	341.1	342.3	354.6
PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm ³)	2.211	2.250	2.223	2.225	2.273	2.226

ESTABILIDAD MARSHALL (ASTM D1559 / MTC E504)

FLUJO (mm)	4.06	4.57	4.82	3.81	4.31	5.08
ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	300.0	220.0	210.5	275.5	325.5	275.6
FACTOR DE ESTABILIDAD	2.08	3.03	2.78	2.08	2.08	1.92
ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	624.0	667.0	585.0	573.0	677.0	529.0

CIAA SANTA CRUZ SRL
 LABORATORIO DE SUELOS
 CONCRETO Y ASFALTADO
 JAVIER SANTA CRUZ VELLIZ
 TÉCNICO LABORATORISTA



José Manyel Pereyra Araujo
 INGENIERO CIVIL
 REG. COLEGIO D INGENIEROS N° 16800



MG. JESÚS BARRERAS CAPCHA
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 179604

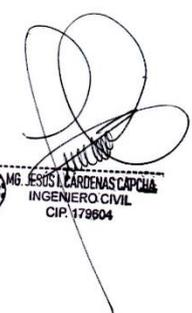
SOLICITA / PETICIONARIO : INGENIERO BACHILLER JUL PEÑALOZA BUSTAMANTE
 PROYECTO / OBRA : APLICACIÓN DE REDES NEURONALES PARA LA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y FUNCIONAL DE LA CARPETA ASFÁLTICA EN LA VÍA MANUEL PRADO - CONCEPCION - JUNIN, 2017
 MUESTRA Nº / UBICACION : JR. MANUEL PRADO DISTRITO NUEVE DE JULIO
 UBICACION DE OBRA : Distrito NUEVE DE JULIO
 Provincia CONCEPCION
 Región JUNIN
 TÉCNICO : J. SANTA CRUZ V
 FECHA : feb-18

Indice de regularidad internacional (IRI)

ITEM	FECHA	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	SECCION DE MUESTREO	IRI (m/km)	Calificación del IRI	PSI	Calificación del PSI
1	26/02/2018	0+050	0+085	A - 01	3.2	BUENO	3.5	BUENA
2	26/02/2018	0+100	0+135	A - 02	3.5	BUENO	3.3	BUENA
3	26/02/2018	0+150	0+185	A - 03	2.7	BUENO	3.8	BUENA
4	26/02/2018	0+200	0+235	A - 04	2.8	BUENO	3.7	BUENA
5	26/02/2018	0+250	0+285	A - 05	4.1	REGULAR	2.9	ACEPTABLE
6	26/02/2018	0+300	0+335	A - 06	2.6	BUENO	3.9	BUENA
7	26/02/2018	0+350	0+385	A - 07	3.5	BUENO	3.3	BUENA
8	26/02/2018	0+400	0+435	A - 08	4.5	REGULAR	2.7	ACEPTABLE
9	26/02/2018	0+450	0+485	A - 09	3.1	BUENO	3.5	BUENA
10	26/02/2018	0+500	0+535	A - 10	2.8	BUENO	3.7	BUENA
11	26/02/2018	0+550	0+585	A - 11	2.5	BUENO	3.9	BUENA
12	26/02/2018	0+600	0+635	A - 12	3.6	BUENO	3.2	BUENA
13	26/02/2018	0+650	0+685	A - 13	4.1	REGULAR	2.9	ACEPTABLE
14	26/02/2018	0+700	0+735	A - 14	4.5	REGULAR	2.7	ACEPTABLE
15	26/02/2018	0+750	0+785	A - 15	2.6	BUENO	3.9	BUENA
16	26/02/2018	0+800	0+835	A - 16	2.9	BUENO	3.7	BUENA
17	26/02/2018	0+850	0+885	A - 17	2.7	BUENO	3.8	BUENA
18	26/02/2018	0+900	0+935	A - 18	3.6	BUENO	3.2	BUENA
19	26/02/2018	0+950	0+985	A - 19	3.4	BUENO	3.3	BUENA
20	26/02/2018	1+000	1+035	A - 20	4.4	REGULAR	2.7	ACEPTABLE

CIAA SANTA CRUZ SRL
 LABORATORIO DE SUELOS
 CONCRETO Y ASFALTADO
 JAVIER SANTA CRUZ VELIZ
 TECN. LABORATORISTA


 José Manuel Pereyra Araujo
 INGENIERO CIVIL
 REG. COLEGIO D INGENIEROS Nº 18600


 MG. JESÚS L. CARDENAS CAPCHA
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 178604

